

**Modelle, komplexe Systeme und Möglichkeiten von Zeitreihenanalysen zur sportlichen Leistungsoptimierung – theoretische und empirische Untersuchungen**

**Verfasser: Harald Schmidt**

**Gutachter: Prof. Dr. S. Starischka, Prof. Dr. Dr. M. Grosser**

**Tag der mündlichen Prüfung: 12.05. 2005**

Georg Wiedmann gewidmet

## Danksagung

Ich verdanke vielen Personen wesentliche Hilfe und Unterstützung bei der Erhebung und Bearbeitung der Daten. Insgesamt mussten ca. eine Million Daten bewältigt werden.

Ganz besonders hervorzuheben sind die Sportlerinnen und Sportler, die mit bewundernswerter Ausdauer und mit größter Zuverlässigkeit monatelang mehrmals täglich ihre Trainingsdokumentation erstellten sowie ihre Untersuchungsdaten erfassten.

Einen ganz wichtigen institutionellen Rückhalt für meine Arbeit fand ich bei meinem Doktorvater Herrn Prof. Stephan Starischka, der über mehrere Jahre mit großer Geduld die vorliegende Dissertation immer sehr konstruktiv betreute.

Eine ergiebige Gedankenquelle bot in den vergangenen Jahren die Symposienreihe „Herbstakademie“, die u.a. von Prof. Tschacher organisiert wurde. Aus Diskussionen mit ihm und zahlreichen methodischen Fragestellungen an ihn resultierten wichtige Anregungen. Besonderer Dank gebührt ihm für die kostenlose und unbürokratische Bereitstellung der Software von Christian Scheier. Letzterer hat mich beim Handling des Programms entscheidend unterstützt, ebenso wie Herr Dr. Kanz bei seinem Programm zur Berechnung der Lyapunovexponenten.

Herr Bill Lattyak von der Firma SCA kam mir bei der Lizenz für die Software sehr wohlwollend entgegen und stand mir in den Vereinigten Staaten trotz aller Sprachprobleme bei Fragen zu diesem sehr leistungsfähigen Programmpaket immer sehr hilfreich zur Verfügung.

Für die kritische Durchsicht des methodischen und des empirischen Teils sowie die konstruktiven Ratschläge danke ich Herrn Prof. Jürgen Perl, ebenso wie Herrn Prof. Manfred Grosser für sein Interesse an der Arbeit und seine Bereitschaft, das Zweitgutachten zu übernehmen.

Die Unterstützung meiner Familie und Umgebung war eine weitere entscheidende Voraussetzung für das Gelingen der Arbeit. Besonders hervorzuheben ist dabei mein Schwiegervater Georg Wiedmann. Ihm ist diese Arbeit gewidmet.

Harald Schmidt

Dortmund, im November 2004

## Gliederung

Danksagung	I
Gliederung	IV
Einleitung	
<b>A. Die sportliche Leistung und ihre Modelle</b>	<b>1</b>
1. Darstellung der Grundbegriffe	1
1.1 Die sportliche Leistung	1
1.2 Der Modellbegriff	2
2. Grundmodelle im Sport	3
2.1 Das Person-Umwelt-Modell	3
2.2 Das Kommunikationsmodell	4
2.3 Das kybernetische Modell	5
2.4 Handlungsmodelle	7
3. Modelle zur sportlichen Leistung und Leistungsfähigkeit	10
3.1 Modelle ohne Kriteriumsleistung	10
3.2 Modelle mit Kriteriumsleistung	12
4. Allgemeine Modelle zu Training und Trainingssteuerung	13
4.1 Leistungsveränderung durch Adaptation	15
4.2 Leistungsveränderung durch Informationsorganisation	17
4.3 Trainingssteuerung als pädagogisch-didaktische Maßnahme	18
4.4 Trainingssteuerung aus kybernetischer Sicht	20
4.5 Psychologische Modelle zu Belastung und Beanspruchung	25
4.6 Modelle zum Trainerwissen	26
5. Spezielle Modelle zur Belastungsgestaltung	28
5.1 Modellvorstellungen zur Trainingsstruktur	29
5.2 Modellvorstellungen zu Anpassungsprozessen	34
5.3. Belastungsgestaltung in ausgewählten Sportarten	37
5.3.1 Leichtathletik	37
5.3.1.1 Sprint	37
5.3.1.2. Mittel - und Langstreckenlauf	40
5.3.1.3. Ultra-Lauf	41
5.3.2 Boxen	42
5.3.3 Basketball	43
6. Vorläufiges Fazit	48
<b>B. Komplexe dynamische Systeme im Sport</b>	<b>52</b>
1. Eigenschaften komplexer dynamischer Systeme	52
1.1 Historische Gedanken	53
1.1.1 Erste Ansätze	53
1.1.2 Moderne Selbstorganisationstheorien	56
1.1.2.1 Thermodynamik und Entropie	56
1.1.2.2 Autopoiese	57
1.1.2.3 Chaostheorie und Theorie der Fraktale	58
1.2 Die Synergetik – eine Disziplin der Selbstorganisationsforschung	61
1.2.1 Ursprünge	61
1.2.2 Ziele und grundlegendes Konzept der Synergetik	62
1.2.3 Prozessgestalten	64
1.2.4 Endosysteme	67
1.2.5 Zusammenfassung	69

2.	Die Anwendung der Synergetik in biopsychosozialen Systemen mit sportlichem Training	70
2.1	Forschungsstand	70
2.2	Grundmodell	72
3.	Fragen und Hypothesen	74
<b>C.</b>	<b>Grundlagen der Zeitreihenanalyse</b>	<b>78</b>
1.	Forschungszugang	78
2.	Die Einzelfallanalyse als Untersuchungsform	79
2.1	Forschungspraxis bei trainingswissenschaftlichen Untersuchungen	79
2.2	Definition Einzelfallanalyse	82
2.3	Praktische Beispiele von Einzelfallanalysen	84
3.	Dateninduktion	85
3.1	Erlebensparameter	85
3.2	Physische Parameter	88
3.3	Verhaltensparameter	90
4.	Methodisches Instrumentarium	94
4.1	Verlaufsforschung – Zeitreihenanalyse	94
4.2	Induktive lineare Modellierung	96
4.2.1	Einfache Instrumente der Zeitreihenanalyse	96
4.2.2	ARIMA – Modellierung	100
4.2.3	Stationaritätsbegriff	101
4.2.4	Multivariate lineare Modellierung	103
4.2.5	Kritische Analyse linearer induktiver Modellierung	106
4.3	Nichtlineare induktive Modellierung	110
4.3.1	Das Linearitätsproblem und nichtlineare Modelle	110
4.3.2	Einbettung einer Zeitreihe	110
4.3.3	Typische Eigenschaften eines Systems im Phasenraum	113
4.3.3.1	Empirische Maße im Überblick	113
4.3.3.2	Lyapunov - Exponenten	115
4.3.3.3	Forecasting	116
4.3.3.4	Surrogatdatenmethode	117
4.3.4	Nichtlineare induktive Modellierung aus anwendungsorientierter Sicht	118
<b>D.</b>	<b>Empirische Zeitreihenanalysen in ausgewählten Sportarten</b>	<b>121</b>
1.	Untersuchungsablauf und Datenauswertung	121
1.1	Vorbemerkungen	121
1.2	Allgemeine Ausführungen zum Untersuchungsablauf	121
1.3	Allgemeine Ausführungen zur Datenauswertung	124
1.3.1	Software	124
1.3.2	Missing Values	124
1.3.3	Ausreißer	124
1.3.4	Analyseebenen	125
2.	Die Sportler	125
2.1	Sprint	126
2.2	Mittel – und Langstreckenlauf	127
2.3	Ultra – Lauf	129
2.4	Boxen	129
2.5	Basketball	130
3.	Darstellung und Diskussion der Ergebnisse	131
3.1	Mittel- und Langstreckenlauf	131
3.1.1	Eckpunkte des Trainingsjahres	132
3.1.2	Die Komplexität/Dynamik der Systeme	134
3.1.3	Relationale Prozesscharakteristika	143

3.1.4	Prozessanalyse mit Gleitmittelwerten	152
3.1.5	Makroebene	160
3.1.6	Regelmäßigkeiten	163
3.1.7	Wirkungsgefüge	173
3.1.8	Modellcharakter	187
3.1.9	Zusammenfassung und Vergleich Mittel- und Langstreckenlauf	192
3.2	Sprint	195
3.2.1	Eckpunkte des Trainingsjahres	195
3.2.2	Die Komplexität/Dynamik der Systeme	196
3.2.3	Relationale Prozesscharakteristika	201
3.2.4	Prozessanalyse mit Gleitmittelwerten	208
3.2.5	Makroebene	211
3.2.6	Regelmäßigkeiten	213
3.2.7	Wirkungsgefüge	218
3.2.8	Modellcharakter	228
3.2.9	Zusammenfassung und Vergleich Sprint	230
3.3	Ultra-Lauf	232
3.3.1	Eckpunkte des Trainingsjahres	232
3.3.2	Die Komplexität/Dynamik der Systeme	232
3.3.3	Relationale Prozesscharakteristika	233
3.3.4	Prozessanalyse mit Gleitmittelwerten	235
3.3.5	Makroebene	236
3.3.6	Regelmäßigkeiten	237
3.3.7	Wirkungsgefüge	238
3.3.8	Modellcharakter	239
3.3.9	Zusammenfassung und Vergleich Ultra-Lauf	240
3.4	Boxen	241
3.4.1	Eckpunkte des Trainingsjahres	241
3.4.2	Die Komplexität/Dynamik der Systeme	241
3.4.3	Relationale Prozesscharakteristika	243
3.4.4	Prozessanalyse mit Gleitmittelwerten	244
3.4.5	Makroebene	247
3.4.6	Regelmäßigkeiten	248
3.4.7	Wirkungsgefüge	249
3.4.8	Modellcharakter	254
3.4.9	Zusammenfassung und Vergleich Boxen	256
3.5	Basketball	257
3.5.1	Eckpunkte des Trainingsjahres	257
3.5.2	Die Komplexität/Dynamik der Systeme	257
3.5.3	Relationale Prozesscharakteristika	260
3.5.4	Prozessanalyse mit Gleitmittelwerten	260
3.5.5	Makroebene	262
3.5.6	Regelmäßigkeiten	263
3.5.7	Wirkungsgefüge	265
3.5.8	Modellcharakter	266
3.5.9	Zusammenfassung und Vergleich Basketball	268
4.	Das Softwaresystem TISSY	270
5.	Zusammenfassung und Perspektiven	279
5.1	Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse	279
5.2	Perspektiven	285
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>289</b>
	<b>Anhang</b>	<b>303</b>

## Einleitung

Die Auseinandersetzung mit der Entwicklung der individuellen Leistungsfähigkeit und der damit verbundenen Belastungsgestaltung eines Athleten nimmt eine zentrale Stellung bei der Erreichung sportlicher Ziele ein.

Um das Trainings- bzw. Wettkampfergebnis nicht vom Zufall abhängig zu machen, gibt es in der sportwissenschaftlichen Literatur eine Vielzahl von ganz unterschiedlichen Betrachtungsweisen, Modellen und Handlungsanweisungen zur Optimierung der sportlichen Leistung.

In einem ersten Schritt sichten wir im Rahmen einer umfassenden Literaturrecherche den Forschungsstand zu modelltheoretischen Ansätzen zu diesem Problemkreis und sammeln Aussagen zur Leistungssteuerung im Sport. Wir ergänzen diese Ergebnisse um spezielle Ausführungen zu Sportarten, die im Mittelpunkt unseres späteren empirischen Interesses stehen werden.

Die Analyse zeigt auf, dass die betrachteten Modellvorstellungen die biologischen Mechanismen und menschlichen Verhaltensweisen im (Hoch-)Leistungssport nicht umfassend abbilden oder zum Teil noch ungelöste methodische Probleme bei der Operationalisierung zu bewältigen haben. Häufig liegen den Erkenntnissen Querschnittsuntersuchungen zugrunde, deren Übertragbarkeit auf den Hochleistungssportler als trainierendes Individuum wissenschaftlich nicht abgesichert ist. Bisweilen ist auch zu vermuten, dass eine Umsetzung der Theorie des Trainings in die Trainingspraxis nicht konsequent erfolgt.

In den letzten Jahren beschäftigt man sich verstärkt in den Natur- und Sozialwissenschaften mit komplexen, dynamischen Systemen, deren Erklärung eine Hinwendung von linearen zu nichtlinearen mathematischen Modellen erfordert. Wir diskutieren im nächsten großen Abschnitt der Arbeit ausführlich diese Thematik, insbesondere unter der Übernahme dieses Paradigmenwechsels auf den Bereich der sportlichen Leistung.

In diesem Zusammenhang werden die bedeutendsten Ansätze vorgestellt, um neben den Ursprüngen dieser Denkweise einen gemeinsamen Theoriekern zu erkennen, aber auch um Unterschiede aufzuzeigen. Außerdem soll dargestellt und begründet werden, inwieweit die modernen Selbstorganisationstheorien - speziell die Synergetik - als zentrale Hintergrundtheorie zur Klärung einer Vielzahl von Fragestellungen zur Entwicklung der sportlichen Leistungsfähigkeit geeignet sind.

Schließlich stellen wir ausführlich die Methoden und Instrumente für einen Forschungszugang zu Fragestellungen der sportlichen Leistung auf der Basis dieser modernen Theorien vor.

Im empirischen Teil werden wir versuchen, diese bei konkreten Anwendungen in leistungsorientierten Sportarten (Leichtathletik, Basketball, Boxen) in der Form von Einzelfallanalysen einzusetzen.



## **A. Die sportliche Leistung und ihre Modelle**

### **1. Darstellung der Grundbegriffe**

#### **1.1 Die sportliche Leistung**

Der sporttreibende, trainierende Mensch verfolgt nach HOHMANN, LAMES & LETZELTER (2002) zwei Hauptzielrichtungen:

1. Zielerreichung durch Sport (z.B. gesundheitliche Ziele, wie Gewichtsabnahme durch Sport).
2. Zielerreichung im Sport (z.B. Erfolge im sportlichen Wettkampf).

Das Erreichen einer individuellen Höchstleistung im Wettkampf nimmt dabei für den (Hoch-)Leistungssportler eine zentrale Stellung ein.

Der Begriff der sportlichen Leistung kann nach GROSSER, BRÜGGEMANN & ZINTL (1986) dabei von vier Perspektiven aus definitorisch angegangen werden:

**Trainingspädagogisch** als Einheit und Vollzug einer sportlichen Handlung, gemessen und bewertet an einer bestimmten gesellschaftlichen Norm. Sportliche Leistung ist somit ein zielgerichtetes Handeln, basierend auf unterschiedlichen Bezugsrahmen und gemessen an objektiven oder subjektiven Werten (Vgl. auch SCHNABEL, 1994).

**Physikalisch** als Quotient aus Arbeit und der dafür benötigten Zeit.

**Physiologisch** als Energieumsatz pro Zeiteinheit.

**Psychologisch** als Bewältigen von standardisierten Testaufgaben bzw. als Erlangen bestimmter kognitiver, affektiver und psychomotorischer Fähigkeiten.

Die Herausbildung der optimalen individuellen Höchstleistung stellt sich als ein langwieriger jahrelanger Prozess dar.

Der Weg hierzu führt unter Berücksichtigung aller leistungsbestimmenden Faktoren über konsequentes Training „als Sammelbegriff aller Maßnahmen des Prozesses zur sportlichen Leistungssteigerung und –erhaltung“ (GROSSER, BRÜGGEMANN & ZINTL, 1986 ,12).

Training wird dabei in Abhängigkeit von der wissenschaftlichen Disziplin unterschiedlich ausgelegt. Während etwa die Sportmedizin mehr biologische Anpassungsprozesse in den Mittelpunkt der Betrachtung rückt, sehen Sportpsychologen und Sportpädagogen Training mehr als pädagogischen bzw. psychischen Vorgang an, und Sportsoziologen beschäftigen sich mehr mit soziokulturellen Kontexten des Trainings.

All diesen Betrachtungsweisen liegt jedoch das Bedürfnis zugrunde, Erkenntnisse und Zusammenhänge zur gezielten Ansteuerung sportlicher Höchstleistungen wissenschaftlich fundiert, aber auch mit Erfahrungswissen zu beschreiben, zu erklären und damit sie nicht zum Selbstzweck werden, letztlich zu optimieren.

Dabei spielen Meisterlehren nach dem Muster erfolgreicher Sportler und Athleten nach wie vor in der Sportpraxis eine nicht unerhebliche Rolle. NETT (1964), SUMSER, ADAM sind bedeutende Namen, die in diesem Kontext Generationen von Sportlern begleitet haben. Dieses Praxiswissen wurde im Laufe der dynamischen Entwicklung der Sportwissenschaft angereichert mit wissenschaftlich geprüfem Wissen. Aus beiden Komponenten gingen letztlich die speziellen Trainingslehren hervor, welche wiederum durch die praktischen Erfahrungen der Athleten und Heimtrainer ergänzt, variiert und individualisiert werden.

Um das Trainings- bzw. Wettkampfergebnis, also die sportliche Leistung, nicht zu einem Produkt des Zufalls, sondern zum Resultat eines geplanten, systematischen Prozesses werden zu lassen, muss die Sportwissenschaft Modellvorstellungen zur sportlichen Leistung und deren Steuerung sowie klare, überprüfte Handlungsanweisungen, z.B. in Form von Trainingsprinzipien und sonstigen, die sportliche Leistung beeinflussende Gestaltungsmaßnahmen vorgeben.

## **1.2 Der Modellbegriff**

Als Basis für die Gewinnung neuer Erkenntnisse und Einsichten in die komplexen Zusammenhänge des sportlichen Handlungsfeldes sowie zur Lösung der konkreten Probleme der Person-Umwelt-Beziehung auf dem Gebiet des Sports, der sportlichen Anforderung und Leistung, sowie des sportlichen Handelns und Kommunizierens dienen wissenschaftliche Modelle (HAGEDORN, 1990). Sie sind in der Sportwissenschaft unverzichtbar, um komplexe Originale auf einige ausgewählte Aspekte reduzieren und damit erforschen zu können.

PERL (1997, 43) sieht im Modell ein „... abstraktes Abbild des Systems...“, wobei als „System“ „ein reales Konstrukt aus interagierenden Partnern bzw. Komponenten“ verstanden wird, „das seinerseits mit seiner Umwelt interagiert.“

Nach STACHOWIAK (1973) sind drei Hauptmerkmale des Modellbegriffs festzuhalten:

1. das Abbildungsmerkmal (= Modelle sind Abbildungen des Originals)
2. das Verkürzungsmerkmal (= Modelle reduzieren Information auf der Basis einer Auswahl von relevanten Attributen)
3. das pragmatische Merkmal (= Modelle sollen einen praktischen Nutzen haben).

HAGEDORN (1990) unterscheidet Modelle der Sportpraxis, d.h. Prognosemodelle, die Ungewissheit in Sicherheit verwandeln und Experimentalmodelle, welche mit der sportlichen Realität experimentieren und letztlich operative Modelle, zum risikolosen Durchspielen (Simulieren) von Entscheidungsprozessen.

Daneben gibt es die theoretischen Modelle, die allgemeine Einsichten und Erkenntnisse in überzeugender Weise darstellen.

Folgende Grundmodelle sind nach Hagedorn möglich:

- Person-Umwelt-Modell
- Kommunikationsmodell
- kybernetisches Modell
- Handlungsmodelle.

## **2. Grundmodelle im Sport**

### **2.1 Das Person-Umwelt-Modell**

Dieses Modell dient im sportlichen Bereich zur Klärung der Elementarbeziehung zwischen Sportler und seiner Umwelt.

Das Grundschema der Person-Umwelt-Beziehung besteht aus den Elementen Person (P) (= einzelner Sportler oder Gruppe) und Umwelt (U) als jegliche Form der belebten oder unbelebten Natur, mit der sich der Sportler auseinandersetzen muss. Dabei bestehen zwischen P und U Wechselbeziehungen. Außerdem kommt es zur Verarbeitung äußerer und innerer Reize in Form von innerem und äußerem Feedback.

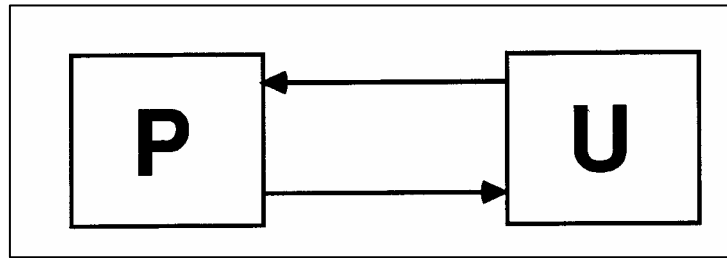


Abb. 1: Grundmodell der Wechselbeziehung zwischen Person und Umwelt (aus HAGEDORN, 1990)

Im Einzelnen gehorcht das Person-Umwelt-Modell folgenden Teilschritten :

1. Nach Aufnahme von Umweltreizen baut sich das System Mensch in Verbindung mit inneren Reizen modellhafte Grundmuster auf.
2. Durch äußere und innere Reize wird das System Mensch zu einer Handlung veranlasst und entwirft eine vorläufige Antwort.
3. Nach Vergleich dieser Antwort mit dem Grundmustermodell wird das System bei Übereinstimmung aktiv und beendet bei positivem Handlungsergebnis sein Handeln (HAGEDORN, 1990).

Das Person-Umwelt-Modell kann ein Grundverständnis erzeugen für den Aufbau und den Ablauf einer sportlichen Bewegungshandlung. Für langfristige Steuerungs- und Regelungsvorgänge zur Herausbildung der sportlichen Höchstleistung erscheint dieser Modelltyp nicht geeignet. Zwar sieht er bereits den Informationen verarbeitenden Sportler vor. Welche Beziehungen zwischen höheren regelnden Instanzen (Trainer) und niederen zu regelnden Größen (Sportler) exakt zusammenwirken bzw. welche Mechanismen insgesamt zum Tragen kommen, wenn ein Trainingsziel erreicht werden soll, werden bei diesem Modelltyp nicht hinreichend berücksichtigt. Insbesondere muss die Auseinandersetzung mit kognitiven Prozessen, die im nicht direkt beobachtbaren Hintergrundbereich ablaufen, als defizitär betrachtet werden.

## 2.2 Das Kommunikationsmodell

Eine wissenschaftliche Fundierung des Problembereichs Interaktionismus, Information und Kommunikation erfolgt auf der Basis von Kommunikationsmodellen.

Das technische Grundmodell der Kommunikation besteht aus den Elementen Sender, Nachricht/Kanal und Empfänger. Bei MILLER, GALANTER & PRIBAM (1973) findet eine Ergänzung um die Elemente Quelle und Ziel statt.

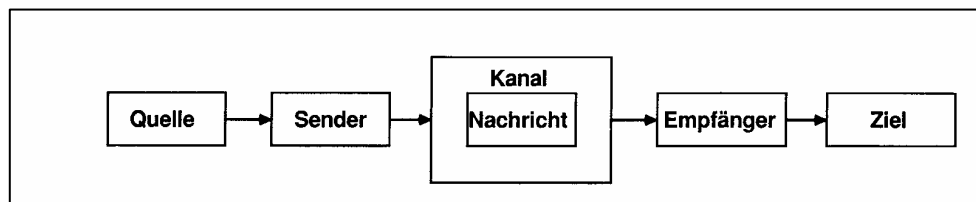


Abb. 2: Grundmodell der technischen Kommunikation, ergänzt durch die Elemente Quelle und Ziel (aus HAGEDORN, 1990)

Jede Information hat eine Ursprungsquelle und einen Sender, der die Information derart transferiert, dass sie gesendet werden kann. Die Übertragung der veränderten Information erfolgt über einen Kanal. Auf der Empfängerseite erfolgt eine Dechiffrierung in die ursprüngliche Form. Erst dann hat die Nachricht ihr Ziel erreicht und kann verstanden werden.

In der zwischenmenschlichen Kommunikation entspricht dem Sender der Kommunikator. Er ist in der Regel Quelle und Sender der Nachricht zugleich. Der Empfänger der Nachricht wird als Kommunikant bezeichnet und umfasst sowohl die Empfangs- als auch die Zieleinheit. Da sein Verhalten Rückwirkungen auf den Kommunikator hat, der nun zum Kommunikant wird, spricht man in diesem Fall von einer Kommunikationssequenz.

Die Kommunikationsmodelle geben den komplexen Vorgängen der Kommunikation eine übersichtliche Struktur und erlauben es, die an Kommunikationsprozessen beteiligten Elemente auf ihre Wirkungsweise hin zu überprüfen. Modellvorstellungen, die den Problembereich Kommunikation zwischen Sportlern bzw. zwischen Sportler und Trainer hinterfragen, decken einen sehr wichtigen speziellen Teilbereich sportwissenschaftlichen Interesses ab. Als Basis für einen Modellansatz zur Abbildung der komplexen sportlichen Leistungsfähigkeit von Sportlern als handelndes Gesamtsystem sind jedoch auch die Kommunikationsmodelle nicht geeignet.

### 2.3 Das kybernetische Modell

Das Modell der Kybernetik (ASHBY, 1956, BERTALANFFY, 1968) gilt nach dem heutigen Stand der Wissenschaft als das umfangreichste, da es fachübergreifend

versucht, verschiedene Wissenschaften miteinander zu verbinden, oder anders gesagt, „als Brücke zwischen den Wissenschaften“ (RUPPRECHT, BECKMANN, CUBE & SCHULZ, 1975, 132) zu fungieren.

Wichtige Disziplinen der Kybernetik sind die Systemtheorie, Regelungstheorie, Informationstheorie und Spieltheorie, die trotz unterschiedlicher Ansätze alle die gemeinsame Struktur des Regelkreises aufweisen.

Auf den Sport übertragen gilt es, die Zielerreichung als Sollwert (z.B. Erfolgswunsch in einer bestimmten Sportart) mit Hilfe eines Reglers (im Wesentlichen das Bewusstsein) als Sammelstelle für Informationen über die Zielerreichung in einem offenen System anzustreben. Dieser Regler stellt die günstigste Position für die Erreichung des Ziels (= Stellgröße, z.B. taktische Maßnahmen, Trainingsbelastung) mit Hilfe des Stellgliedes (z.B. optische Information über die momentane Situation) ein. Über dieses Stellglied wird nun der eigentliche bzw. günstigste Weg der Zielerreichung geregelt (= Regelgröße). Die Regelgröße erhält ständig Informationen über den momentanen Istwert der Ausführung durch die Messfühler (z.B. Blickkontrolle) und nimmt dabei Soll-Istwert-Vergleiche vor.

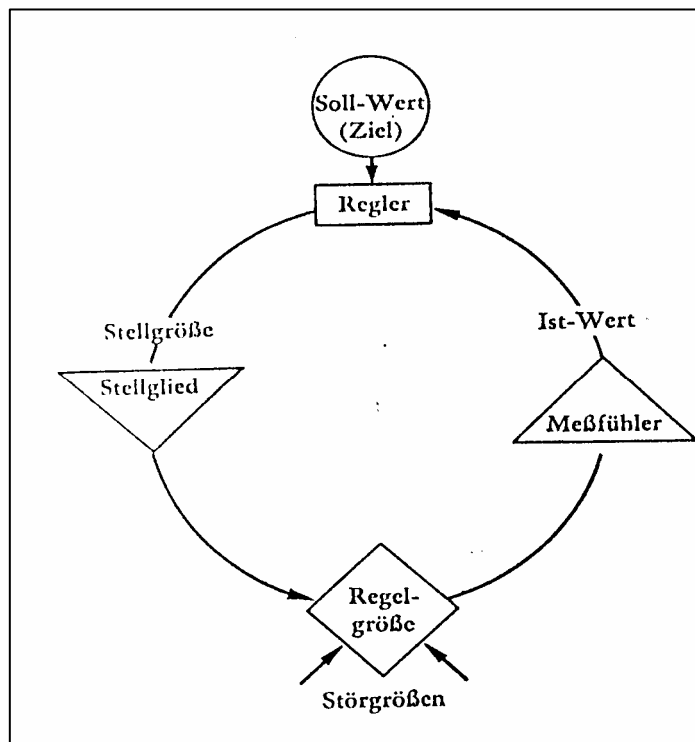


Abb. 3: Vereinfachtes kybernetisches Regelkreismodell (aus RUPPRECHT, BECKMANN, CUBE & SCHULZ, 1975)

Regelungen werden dabei immer dann nötig, wenn unberechenbare Störgrößen auftreten oder wenn sich die Auswirkungen einer Steuerung nicht exakt vorhersagen lassen.

Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass bei kybernetischen Modellen durch Störgrößen bedingte Abweichungen vom Sollwert (Ziel) durch das geregelte System ausgeglichen werden. Das System wird nach vorübergehender Instabilität wieder stabil. In Regelkreismodellen ist es somit möglich, Erkenntnisse und Einsichten zu berücksichtigen. Diese bilden eine Voraussetzung für zielgeleitetes Handeln und machen in der Sportpraxis den Trainer bzw. Athleten unabhängiger vom Verfahren des Versuch-und-Irrtum. Modelle der Kybernetik erlauben somit eine systematische Planung und Steuerung z.B. der sportlichen Höchstleistung, weshalb dieser Modelltypus in der Vergangenheit häufig als Basis für weitergehende Betrachtungen zur sportlichen Leistung und zum sportlichen Training Anwendung fand (vgl. S. 20ff.). Die kybernetischen Modelle geben äußeren Einwirkungen den Vorrang und vernachlässigen die Innenperspektiven.

## 2.4 Handlungsmodelle

Den ältesten (ca. um 1900) und einfachsten, als klassisch zu bezeichnenden Vertreter dieses Modelltypus stellt das Handlungsmodell des Behaviorismus<sup>1</sup>, auch Reiz-Reaktions-Modell (S-R-Modell) genannt, dar.

Die Grundstruktur besteht aus zwei Elementen:

- dem Reiz bzw. Stimulus als Eingang (Input)
- der Reaktion bzw. Response als Ausgang (Output).

Dazwischen liegt die Black-Box, die das Innere des Handelnden bzw. die Verarbeitung der Handlung darstellt, jedoch nicht Gegenstand des Interesses dieses Modells ist. Unterschiedliche Behavioristen wie PAWLOW, SKINNER, THORNDIKE, GUTHRIE & HULL (VON CUBE, 1965) setzen zwar verschiedene Schwerpunkte in ihren Modellen und variieren ihre Theorien, jedoch ist allen ein bestimmtes behaviorales Grundmodell gemeinsam, welches nachfolgend dargestellt ist:

---

<sup>1</sup> Von engl. behavior: Verhalten, Betragen

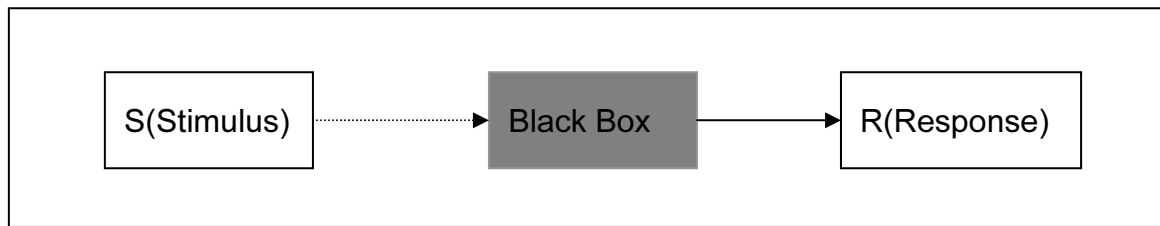


Abb. 4: Behaviorales Grundmodell (nach HAGEDORN, 1990)

Erklärt wird dabei lediglich der Zusammenhang zwischen den Umweltreizen S und der daraufhin ausgelösten Reaktion R, d.h. es können grundsätzlich nur wahrnehmbare Ereignisse berücksichtigt werden. Somit entfallen alle kognitiven und emotionalen Prozesse. Zusätzlich entfallen alle an einer Reaktion maßgeblich beteiligten Steuerungs- und Regelungsprozesse. Eine Rückmeldung (Feedback) wird somit unmöglich (HAGEDORN, 1990).

Die Stärke des Reiz-Reaktions-Modells ist die objektiv beobachtbare und somit durch Messungen überprüfbare Beziehung zwischen den gesetzten Umweltreizen und der daraus resultierenden Reaktion einer Person. Ursache-Wirkungs-Mechanismen werden aufgedeckt und das komplexe System „Mensch“ wird dadurch vereinfacht.

Hieraus ergeben sich jedoch auch wesentliche Punkte der Modellkritik. Handeln bleibt in diesem Modell immer nur objektiv wahrnehmbares Reagieren auf ein äußeres Reizarrangement. Der Mensch erkennt sich nicht, sondern passt sich in passiver Reaktivität seiner Umwelt an. Auf die Sportpraxis angewandt heißt dies, dass Trainer bei ausschließlicher Anwendung der Input-Output-Methode Gefahr laufen, Rückschlüsse auf innere Prozesse (z.B. Befindlichkeit, Motivation, Emotionen etc.) des Athleten zu ziehen, die jedoch durch die Zwischenschaltung der Black-Box nicht aufdeckbar sind.

Die Schwächen des Modells lassen es daher notwendig erscheinen, sich aussagefähigeren Handlungsmodellen zuzuwenden.

Solche handlungstheoretischen Modelle gehen zurück auf das Grundmodell des subjektiven Behaviorismus von MILLER, GALANTER & PRIBAM (1973). Sie wenden sich kognitiven Prozessen zu und bemühen sich im Gegensatz zum Behaviorismus, um die Aufhellung des nicht direkt beobachtbaren Hintergrundbereiches menschlicher Handlung. In der Handlungstheorie geht es also darum, „wie der Mensch in zielgerichteter, denkender und planender Auseinandersetzung mit seiner Umwelt



handelnd seine Umgebungsbedingungen verändert“ (WEIDENMANN & KRAPP, 1986, 558). Sie betont die aktive Eigenorganisation menschlichen Verhaltens. Es geht nicht nur darum, menschliches Verhalten darzustellen, sondern vielmehr dieses zu ergründen und zu begreifen.

Um dies zu erreichen, wendet man sich den Vorgängen in der Black-Box zu, also jenen Zusammenhängen, die zwischen Reiz und Reaktion von einer organisierten Darstellung der Umwelt, von einem System von Konzepten und Beziehungen, in welchem sich der Organismus befindet, vermittelt werden.

Konkret heißt dies: Der Mensch stellt sich Aufgaben, setzt sich Ziele, plant deren Realisierung und informiert sich über Möglichkeiten, Mittel und Wege, um das Ziel zu erreichen, wägt Aufwand und Nutzen verschiedener Reaktionsalternativen ab, wählt aus und entscheidet, bevor er schließlich handelt.

Der Mensch (Athlet) wird bei allem, was er tut, als handelndes Gesamtsystem innerhalb einer komplexen Aufgaben-Person-Umwelt-Beziehung betrachtet. Diese ganzheitliche Sichtweise versucht, die wesentlichen fortschrittlichen Merkmale anderer Modelle zu verbinden, also die Außen-Innen-Beziehung, interne und externe Rückmeldung, die Bewertung von Informationen und die hierarchisch-sequentielle Steuerung durch Handlungspläne (HAGEDORN, 1990).

Diese umfassende Betrachtungsweise führt aber zu erheblichen Problemen beim praktischen Zugang zu diesen Modellen:

Das Gesamtsystem ist in seiner Ganzheit zu komplex, um vollständig abgebildet zu werden. In der Handlungspsychologie versuchte man, Phänomene auf verschiedenen Ebenen zu beschreiben. Der methodische Zugang erfolgte über das subjektive Erleben, das objektivierbare Verhalten und die physiologischen Funktionen (BAUMANN, 1984). Es ist das Dilemma solcher multimethodalen Diagnostik und Mehrebenen-Mehrpunkte-Analysen, dass sich oft statt konvergenter Aussagen und Prognosemöglichkeiten individueller Unterschiede ein fundamentales Kovariationsproblem ergibt, das dazu führt, dass es bei unimethodaler Strategie leicht zu Übergeneralisierungen und falschen Schlussfolgerungen bzw. bei multimethodaler Strategie zu Konfusion durch widersprüchliche Information kommen kann.

Im ersten Fall liegt die relative Beliebigkeit in der primären Auswahl der speziellen Methode zur Erfassung des gemeinten Konstrukts, im zweiten Fall zusätzlich noch in der sekundären Gewichtung oder im Ausklammern von Befunden. Eine befriedigen-

de formale Entscheidungsbasis, ob ein Untersuchungskonstrukt adäquat operationalisiert ist, gibt es nicht (BAUMANN, 1984).

### **3. Modelle zur sportlichen Leistung und zur sportlichen Leistungsfähigkeit**

Die oben dargestellten sehr allgemeinen Grundmodelle wurden in außersportlichen Bereichen entwickelt und von HAGEDORN in analoger bzw. abgewandelter Form auf den Sport übertragen. Eine sportliche Leistung betrifft die gesamte Sportlerpersönlichkeit und kommt durch eine Vielzahl von Fähigkeiten und Bedingungen zustande. Für wissenschaftlich begründete Handlungsempfehlungen zur Erzielung sportlicher Höchstleistungen sind spezielle Modelle notwendig, die all diese Komponenten in einer Struktur der sportlichen Leistung umfassend abbilden. Die Kenntnis solcher Modelle ist Grundvoraussetzung für eine systematische Entwicklung der sportlichen Leistung (GROSSER, BRÜGGEMANN & ZINTL, 1986).

#### **3.1 Modelle ohne Kriteriumsleistung**

Diese erste Modellgruppe ist dadurch charakterisiert, dass die Elemente im System „sportliche Leistung“ genannt und unter Verwendung von Beziehungspfeilen abgebildet werden.

So stellen BAUERSFELD & SCHRÖTER (1979) die sportliche Höchstleistung durch die Komponenten mathematisch-technische Bedingungen, psychische Eigenschaften, Wettkampfbedingungen, Konstitution, Taktik, Koordination/Technik und Kondition grafisch dar, wobei nur die letzten drei Elemente Verbindungen untereinander aufweisen.

Bei MARTIN (1980) dagegen sind die Psyche, Kondition, Sportlerpersönlichkeit, Leistungszustand, Intelligenz und Koordination Bestandteile der Leistung.

Bei dem Modell von GROSSER, STARISCHKA & ZIMMERMANN (2004) kommt es zu einer weiteren begrifflichen Verschiebung bei gleichzeitiger Unterscheidung eines inneren Kreises, in dem das Leistungsvollzugszentrum liegt, und eines äußeren Kreises, welcher die sportwissenschaftlich-praktisch orientierten Leistungskomponenten beinhaltet.

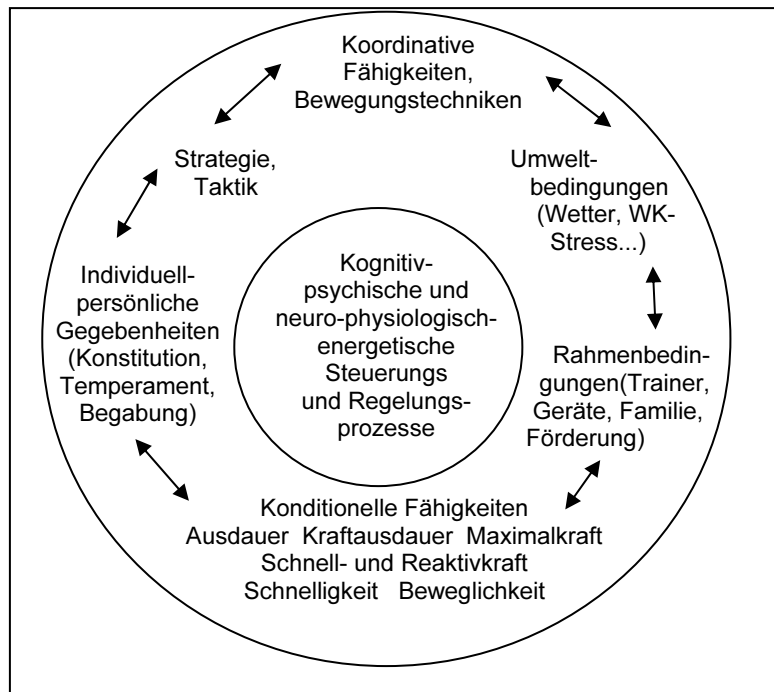


Abb. 5: Die sportliche Leistung und ihre Komponenten  
(aus GROSSER, STARISCHKA & ZIMMERMANN, 2004)

Die Autoren betonen, dass die genannten Teilbereiche (Technik, Kondition usw.) als unterscheidbare Merkmale, aber nicht als eindeutig abgrenzbare Bereiche sportlicher Leistung zu sehen sind. Außerdem weisen sie auf die starke gegenseitige Beeinflussung der Komponenten untereinander hin, was in Verbindungspfeilen zum Ausdruck kommt.

Weitere Modellansätze finden sich bei GUNDLACH (1980) & MESSING & LAMES (1991), sowie bei NITSCH & MUNZERT (1985).

Nahezu alle obigen Modelle müssen sich bisweilen mit dem Vorwurf der boxology auseinandersetzen, da ihnen eine gewisse Beliebigkeit in der Auswahl der aufgeführten Modellelemente unterstellt wird. Außerdem werden keine Aussagen über die Natur der eingezeichneten Beziehungen/Verbindungspfeile gemacht. Es bleibt unklar, ob es sich beispielsweise um Ursache-/Wirkungsverhältnisse, Wechselbeziehungen oder Voraussetzungen handelt. LAMES (1991) und ähnlich NITSCH & MUNZERT (1985) versuchen zwar einen Schritt weiterzugehen, indem sie die Gesamtheit des Bedingungsgefüges abbilden und auch etwaige Wechselwirkungen berücksichtigen. Dies gelingt ihnen aber nur auf einem sehr abstrakten Niveau. Ihre Modelle haben nicht den Charakter konkreter Arbeitsmodelle, sondern vielmehr die Funktion einer Rahmenkonzeption als Ausgangspunkt für Ausdifferenzierungen und die Entwicklung von Teilmodellen (HOHMANN, LAMES & LETZELTER, 2002).

### 3.2 Modelle mit Kriteriumsleistung

Dieser Modellgruppe können das „Pyramidenmodell“ und das „Modell der Deduktionsketten“ zugeordnet werden, da diese explizit den Zusammenhang zwischen Einflussgrößen und Kriterium berücksichtigen.

Bei den Deduktionsmodellen werden für eine sportliche Zielgröße Einflussgrößen festgelegt, die in einem deterministischen oder aber auch probabilistischen Zusammenhang zu ihr stehen. Diese Einflussfaktoren nehmen dann auf tieferen Modellstufen den Charakter von Zielgrößen an, für die weitere deterministische oder statistische Einflussgrößen festgelegt werden. So wird in Abb. 6 die Zielgröße Weitsprungleistung in Teilleistungen zerlegt, welche auf der nächsten Stufe als Zielgröße fungieren.

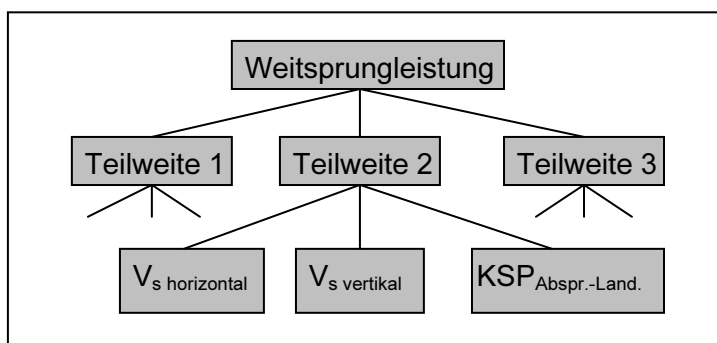


Abb 6: Deduktionskettenmodell am Beispiel Weitsprung  
(aus HOHMANN, 2002)

Als Haupteinwand gegen diese Modelle ist vorzubringen, dass der Zusammenhang zwischen Einfluss- und Zielgröße korrelationsstatistisch beschrieben wird. Zugrunde liegt dem Modell die Annahme, man könne jeden beliebigen funktionalen Zusammenhang durch eine Polynomregression abbilden. Tatsächlich unterliegen jedoch die einzelnen Einflussfaktoren gegenseitigen Abhängigkeiten und komplexen Wechselwirkungen, die nicht unbedingt linearer Natur sind. Somit kann dieser Modelltyp zwar für eine Beschreibung der Kovariationen zwischen Ziel- und Einflussgrößen, aber nicht etwa für Zwecke der Leistungsoptimierung angewendet werden.

Bei den Pyramidenmodellen werden einzelne Ebenen der sportlichen Leistung unterschieden. Dabei wirken die Merkmale der unteren Ebenen über die oberen, und der Komplexitätsgrad der Merkmale nimmt nach unten ab. Ein umfassendes Strukturmodell der individuellen Sportspilleistung haben HOHMANN & BRACK (1983) entwickelt (Abb. 7).

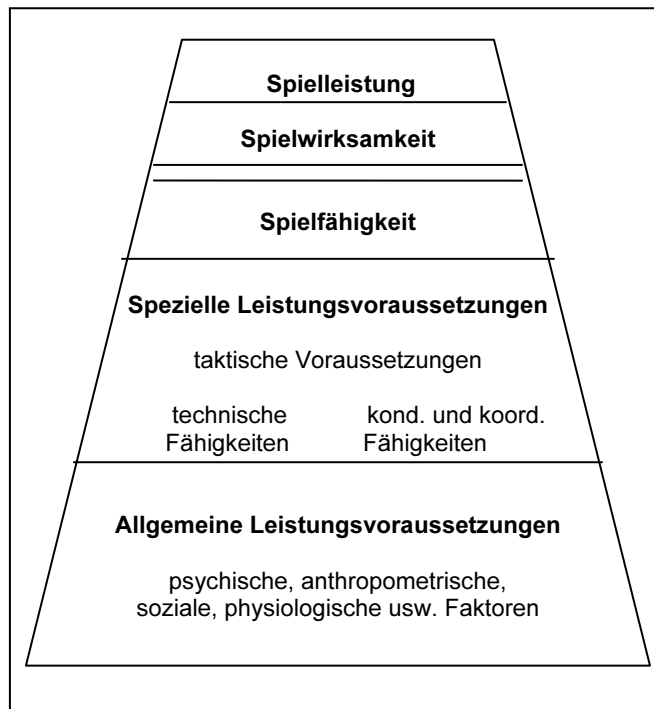


Abb. 7: Pyramiden-Strukturmodell der individuellen Sport-spielleistung (aus HOHMANN, 2002)

Beziehungen innerhalb und zwischen den Ebenen werden mit linearen statistischen Verfahren bestimmt. Der Zusammenhang zwischen den Ebenen wird dabei korrelativ erfasst, wobei sich aus der Enge der Beziehung Rückschlüsse auf die Bedeutsamkeit einer Leistungsvoraussetzung für die Wettkampfleistung ergeben.

Als Modellkritik bringen HOHMANN, LAMES & LETZELTER (2002) selbst zum Ausdruck, dass das Modell die Leistungsstruktur in ihrer Komplexität, ihren Wechselwirkungen und ihrer zeitlichen Dynamik noch nicht hinreichend genug abbildet.

#### 4. Allgemeine Modelle zu Training und Trainingssteuerung

Die sportliche Leistungsfähigkeit ist das Ergebnis zahlreicher individueller leistungsbestimmender Fähigkeiten und Fertigkeiten, die in einem langwierigen Trainingsprozess über Jahre hinweg ausgebildet werden müssen. Dabei muss der aktuelle Trainings- bzw. Leistungszustand kontinuierlich überprüft und angesteuert werden (GROSSER, BRÜGGEMANN & ZINTL, 1986).

In der sportwissenschaftlichen Literatur wird allgemein zwischen Modellen zum Training und zur Trainings- bzw. Leistungssteuerung unterschieden. Nach HOHMANN, LAMES & LETZELTER (2002) bietet sich eine solche Differenzierung aber nicht an,

da eine systematische Modellbildung beide Modellarten integriert betrachten muss. Umfassende Modelle zum Training kommen ohne Trainingsverfahren bzw. Methoden, welche eine Beziehung zwischen dem Trainingsziel (z.B. Verbesserung der Schnelligkeitsausdauerleistung) und einem bestimmten Trainingsvorgang (z.B. Intervalltraining) herstellen, nicht aus. Auf der anderen Seite müssen Modelle zur Trainingssteuerung neben Trainingsmethoden und -inhalten das Zusammenwirken aller Mechanismen abbilden, damit ein gestecktes Ziel verwirklicht werden kann. Wie unten aufgezeigt wird, kommt dieser Sachverhalt in den Ansätzen zur Trainingssteuerung durch Formulierungen wie „Störgrößen“ oder „äußere Einflussfaktoren“ sehr wohl zum Ausdruck. Während HAGEDORN (1990) sich mit der Modellbildung im Sport allgemein auseinandersetzt und andere Wissenschaftler die komplexe sportliche Leistung abzubilden versuchen, unterscheiden HOHMANN, LAMES & LETZELTER (2002) bezogen auf das Training, als wichtiges Kernelement der Leistungsentwicklung, folgende Modelle:

- Leistungsveränderung durch Adaptation
- Leistungsveränderung durch Informationsorganisation
- Trainingssteuerung als pädagogisch-didaktische Maßnahme
- Trainingssteuerung aus kybernetischer Sicht
- Das Belastungs-Beanspruchungskonzept des Trainings
- Die synergetische Betrachtungsweise des Trainings.

Die unterschiedlichen Sichtweisen sind nicht völlig voneinander getrennt zu sehen. Vielmehr kommt es zu gegenseitigen Überschneidungen. So finden sich z.B. allgemeine kybernetische Ansätze häufig in Modellen der Trainingssteuerung wieder (vgl. S. 20ff.)

Wie in den Medien nahezu täglich zu verfolgen ist, wird insbesondere in den Mannschaftssportarten, aber auch in Sportarten mit starker Individualitätsbetonung, der Trainer für den sportlichen Erfolg bzw. Misserfolg verantwortlich gemacht, da er offensichtlich in entscheidender Weise auf das Training von Sportlern bzw. Mannschaften Einfluss nimmt.

Die meisten Modelle zum Training stellen jedoch die Trainingsmethoden, -inhalte und -wirkungen in den Mittelpunkt der Betrachtung. Wir wollen deshalb die Sichtweise

von HOHMANN, LAMES & LETZELTER (2002) um die Auseinandersetzung mit Modellen zum Trainerwissen erweitern (vgl. auch BRACK, 2002).

#### **4.1 Leistungsveränderung durch Adaptation**

Bei diesem als klassisch zu bezeichnenden Modell steht die sportbiologische und leistungsphysiologische Sichtweise im Vordergrund.

Es geht zurück auf das von ROUX (1895) bereits 1895 beschriebene Homöostaseprinzip, d.h. „jedes biologische System befindet sich - vorausgesetzt, seine Funktionsfähigkeit ist gewährleistet - im Zustand der Anpassung in einem charakteristischen dynamischen Gleichgewicht“ (GROSSER, BRÜGGEMANN & ZINTL, 1986, 19).

Trainingsreize stören die Homöostase. Der Organismus versucht, diese Störungen wieder auszugleichen und sich an die Belastung anzupassen. In Abhängigkeit von der Reizsetzung werden charakteristische Adaptationswirkungen im neuromuskulären bzw. energetischen Fähigkeitenbereich ausgelöst.

Dabei kommt es nach einem entsprechenden Belastungsreiz nicht nur zur Wiederherstellung des Ausgangsniveaus, sondern zu einer darüber hinausgehenden Kompensation der beanspruchten Energiespeicher (GROSSER, STARISCHKA & ZIMMERMANN, 2004).

Dieser von JAKOWLEW (1977) beschriebene Zustand erhöhter energetischer Leistungsfähigkeit wird als überschießende Wiederherstellung oder Superkompensation bezeichnet.

Abb. 8 stellt dieses wohl geläufigste Phänomen der Trainingswissenschaft grafisch für die Glykogendepotvergrößerung dar.

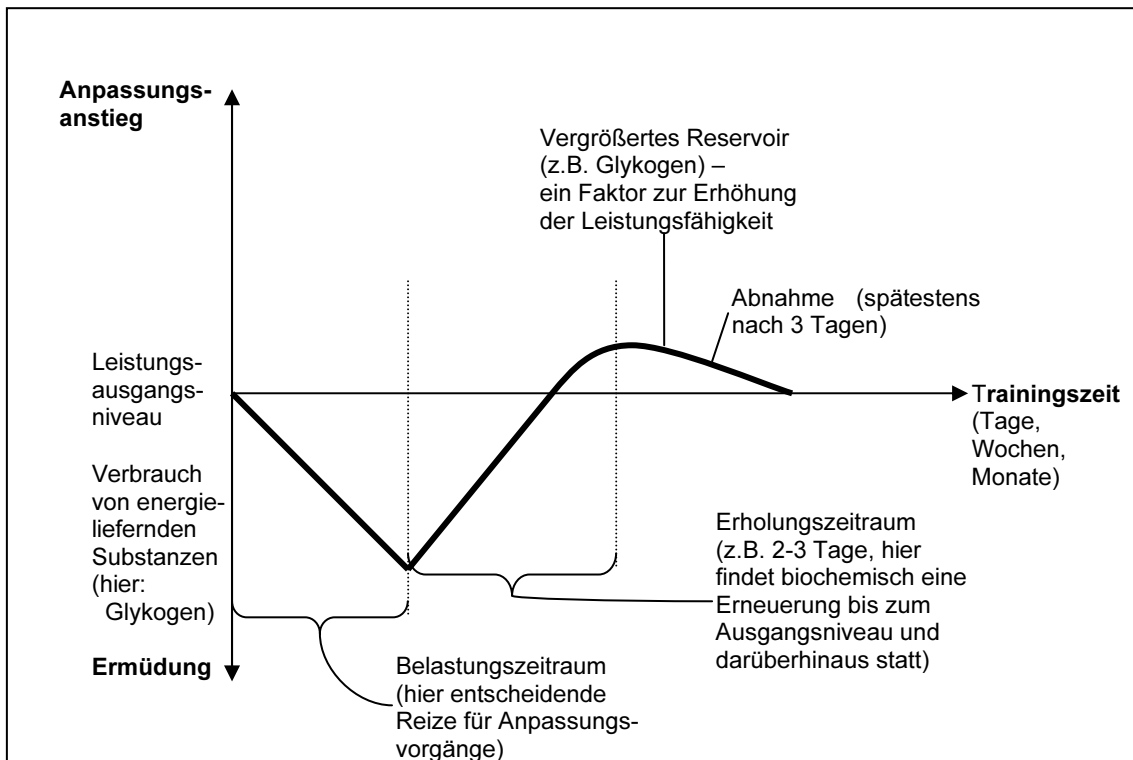


Abb. 8: Modell der Superkompensation modifiziert nach JAKOWLEW, 1977 (aus GROSSER, BRÜGGEMANN & ZINTL, 1986)

Die Adaptation führt somit zur Steigerung der Funktionsfähigkeit, Leistungsfähigkeit und der Bewegungstoleranz (ISRAEL, 1995), jedoch bleibt die physiologische Anpassungsreaktion nicht stabil, sondern schwingt sich bei Ausbleiben weiterer Belastungsreize wieder auf das Ausgangsniveau ein.

Dieses biologisch-medizinische Modell, das sportliches Training auf die nachhaltige physiologische Funktionssteigerung von Organen in Folge von reizinduzierten strukturellen Formveränderungen reduziert (MELLEROWICZ & MELLER, 1972, u.a.) wurde in den vergangenen Jahren immer wieder verbessert.

Insbesondere beschrieb die Sportmedizin verschiedene Zeitverläufe bei der Trainingsanpassung in Abhängigkeit von den beanspruchten Funktionssystemen (z.B. COSTILL (1971); VIRU & VIRU (1993); STEINMANN (1988); CLUSEN, VAN DE LINDEN, WELBERGEN & BOER (1988)). Die Praxisrelevanz dieser Laborbefunde unter dem Gesichtspunkt der Reizoptimierung ist jedoch eingeschränkt, da sie die unterschiedlichen Auslenkungen, Ausgangsniveaus und sich zum Teil überlagernden Trainingseinflüsse nicht hinreichend berücksichtigen. (WERCHOSCHANSKI (1988); SCHLICHT (1992); MARTIN (1991); CARL (1983); SCHNABEL, HARRE & BORDE (1994)). Außerdem weisen GROSSER, STARISCHKA & ZIMMERMANN (2004) aus-



drücklich darauf hin, dass sich diese Modellvorstellung nur auf die Entleerung der muskulären Glykogenspeicher und möglicherweise auf das Kreatinphosphat bezieht. Diese Forschungsdefizite in Verbindung mit weiteren weißen Flecken im Bereich der strukturellen und funktionellen Adaptationen auf zellulärer Ebene (z.B. erhöhter Proteinverschleiß) erfordern möglicherweise in der Trainingspraxis ein umfassendes Wissen über das Trainings- und Lebensgesamte eines Athleten sowie ein sehr individuell ausgerichtetes Belastungsszenario vom sportlichen Hochleistungsbereich bis hin zum Gesundheitssport, um Effekte des overreaching zu optimieren und das overtraining bzw. Gesundheitsschädigungen zu vermeiden. Dieses liegt in der Regel nicht vor.

Nach GROSSER, STARISCHKA & ZIMMERMANN (2004) hat dieses Modell in der Praxis im Anfängerbereich aus didaktischer Sicht seine Bedeutung. Bei Leistungssportlern wirkt der Superkompensationseffekt teilweise gar nicht mehr, da die Anpassungsfähigkeit des Organismus genetisch bedingt begrenzt ist.

Abgesehen davon ist die Erklärungskraft des biologisch-medizinischen Ansatzes bei koordinativen und insbesondere technischen und taktischen Leistungen sehr begrenzt (HOHMANN, LAMES & LETZELTER, 2002).

Somit sind die meisten Betrachtungen auf der Grundlage dieses Ansatzes, wenn es um die reine Homöostasestörung geht, in der Nähe der einfachen S-R-Modelle anzusiedeln. Einfache Ursache-Wirkungs-Mechanismen wurden dabei aufgedeckt und das komplexe System „Mensch“ wird dadurch vereinfacht. Dabei wird der Mensch zu passiver Reaktivität degradiert. Unter Einbeziehung von Anpassungsvorgängen kann dieser Modelltyp auch als Schnittstelle zu den kybernetischen Modellen (vgl. S. 5) betrachtet werden. Über innere Vorgänge, die in der Black-Box ablaufen (kognitive und emotionale Prozesse) können dabei letztlich bis heute nur unzureichende bzw. spekulative Aussagen gemacht werden.

#### **4.2 Leistungsveränderung durch Informationsorganisation**

Das Adaptationsmodell gibt den äußeren Einwirkungen den Vorrang. Der Sportler wird den Umweltreizen passiv ausgesetzt, statt diese selbst aufzusuchen und auszuwählen.

Mit den Modellen der Informationsorganisation wurde dieser Modellansatz erheblich erweitert.

„Psychische Prozesse und insbesondere die Informationsorganisation..., werden nicht durch ermüdungsbedingte Auslenkung und Anpassung, sondern durch prospektive Erwartungen initiiert. Die subjektiven Erwartungen gehen in antizipierte Handlungsergebnisse über. Treten die antizipierten Handlungsergebnisse bei der Handlungsrealisation ein, dann werden die Erwartungen gefestigt. Divergieren erwartete und eingetretene Handlungsergebnisse hingegen, dann differenzieren sich die Handlungserwartungen aus. Diese Ausdifferenzierung ist umso komplexer, je mehr antizipativ gesteuerte Teilprozesse in einem Handlungsprozess miteinander verknüpft werden“ (HOHMANN, LAMES & LETZELTER, 2002, 157).

Das handlungstheoretische Modell der antizipativen Verhaltenskontrolle kann die Vorgänge bei der Optimierung, insbesondere technisch taktischen und strategischen Verhaltens sehr viel besser erklären, als dies mit dem Prinzip der Superkompensation möglich ist.

Dennoch ist auch dieses Modell zu einseitig, um das komplexe sportliche Training sowie den Gesamtzusammenhang seiner Elemente (Struktur) bzw. deren abhängige Wirkungen (= Dynamik) vollständig abzubilden, da es nur eine bestimmte Seite seines betrachteten Gegenstandes betont.

### **4.3 Trainingssteuerung als pädagogisch-didaktische Maßnahme**

In Anlehnung an die Terminologie der Didaktik führten HARRE (1974) und in Erweiterung LETZELTER (1978) das pädagogisch-didaktische Modell der Trainingssteuerung ein. Elementare Bausteine des Modells zwischen denen ein Implikationszusammenhang besteht (Trainingsinhalt und Trainingsmethode (einschließlich der Trainingsmittel und -organisation)) wurden ergänzt um den Begriff der Trainingsprinzipien als allgemeine Handlungsorientierungen und Kernstück der Trainingslehre. In der Literatur finden sich, im Bemühen das Trainingsszenario abzubilden, eine große Anzahl von Trainingsprinzipien. Sie erfahren bei den einzelnen Autoren sowohl namentlich als auch zahlenmäßig eine recht unterschiedliche Nennung (vgl. HARRE, 1986; GROSSER, BRÜGGEMANN & ZINTL, 1986; MARTIN, CARL & LEHNERTZ, 1991 und 1999; HARTMANN, 2002; FREY & HILDENBRANDT, 2002). Dabei verfolgen alle Prinzipien das Ziel, die Superkompensationseffekte zu optimieren, um so die größtmögliche Anpassung des Organismus zu erreichen.

Ord nende Klassifizierungsvorschläge für die Vielzahl von Trainingsprinzipien finden sich bezüglich ihrer Bedeutung für die Trainingsanpassung bzw. ihrer Zugehörigkeit zu biologischen Gesetzmäßigkeiten bei GROSSER, STARISCHKA & ZIMMERMANN, 2004 und GROSSER, BRÜGGEMANN & ZINTL, 1986 sowie weitere Einteilungen bei MARTIN (1999). In der Praxis hat es sich dabei besonders bewährt, nach Belastungs-, Zyklisierungs- und Spezialisierungsprinzipien zu differenzieren (Abb. 9).

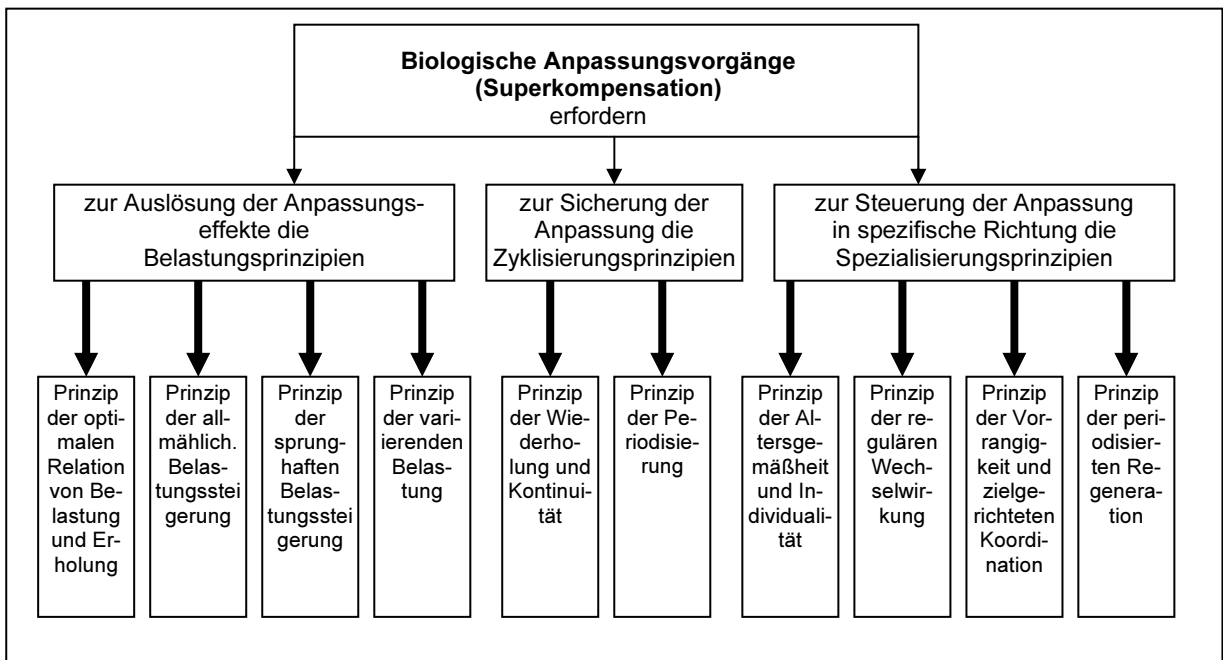


Abb 9: Trainingsprinzipien in Abhängigkeit von Anpassungsvorgängen im Organismus (nach GROSSER, BRÜGGEMANN & ZINTL, 1986)

Eine umfassende Auseinandersetzung mit dem Begriff des „Prinzips“ allgemein und den Trainingsprinzipien im Speziellen findet sich bei STARISCHKA (1996).

Der inflationäre Umgang mit den Prinzipien führte bisweilen dazu, dass bei Trainern und Sportlehrern „anfängliches Interesse bald von Verwirrung und spontane Zustimmung bald von Relativierung abgelöst werden“ (STARISCHKA, 1996, 101).

Ein operationalisierbares Systematisierungsmodell (z.B. SCHNABEL, 1994) und dessen Einbindung in komplexe Modelle der Trainings- und Leistungssteuerung (z.B. das Kompartimenten-Facetten-System-Modell von STARISCHKA, FRIEDHOFF & STORK, 1993) sieht STARISCHKA (1996) als ersten Schritt aus diesem Dilemma.

Kritisch anzumerken ist weiterhin, dass die Trainingsprinzipien **allgemeine Handlungsorientierungen zur Gestaltung des Trainings darstellen, bei denen es sich**

nicht um wissenschaftlich verifizierte Gesetze handelt, sondern lediglich um hoch verallgemeinerte Handlungsgrundsätze bzw. Lehrmeinungen ohne wissenschaftliche Bewährungsprobe, „die aus (weitgehend übereinstimmenden) wissenschaftlich-technologischen Handlungsregeln zu einem einheitlichen und grundlegenden Handlungsproblem herausgefiltert wurden. In der Mehrzahl jedoch wurden die Trainingsprinzipien lediglich normativ als Planungs- oder Handlungsgrundsätze für das Training formuliert, die beachtet werden sollen, wenn es um eine konkrete Trainingsplanung oder -durchführung geht“ (HOHMANN, LAMES & LETZELTER, 2002, 23).

Keinesfalls entsprechen die Trainingsprinzipien einem Wissenstypus nach PERREZ (1991). „Ein alleine auf die Trainingsprinzipien aufbauendes Training kann somit nicht als wissenschaftlich fundiert gelten“(LAMES, 1996, 48).

#### **4.4 Trainingssteuerung aus kybernetischer Sicht**

Wie an anderer Stelle bereits dargelegt wird der Weg zum höchstmöglichen Anpassungsniveau in ständig sich wiederholenden planmäßigen und methodisch zwingenden Schritten begangen, welche sich an der Trainingspraxis orientieren.

GROSSER, STARISCHKA & ZIMMERMANN definieren diese Trainings- oder Leistungssteuerung als „gezielte, wissenschaftlich unterstützte, kurz- und langfristige Abstimmung aller für die Planung, Durchführung, die Kontrollen, Auswertung und Korrekturen notwendigen Maßnahmen zum Zwecke der Leistungsoptimierung“ (GROSSER, STARISCHKA und ZIMMERMANN, 2004, 37). Ähnliche Definitionen finden sich bei EHLENZ, GROSSER & ZIMMERMANN (1985) und JONATH (1986). Die Trainingssteuerung ist somit gekennzeichnet durch eine systematische Art der Trainingsorganisation. Sie wurde von ZACIORSKY (1971) in die Trainingswissenschaft eingebracht. ZACIORSKY (1966a/b/c, 1971) orientiert sich dabei an der Kybernetik von WIENER (1948).

Als weitere Arbeiten, in denen Training als kybernetisch geregelter und gesteuerter Prozess beschrieben wird, sind die Arbeiten von DJATSCHKOW, 1974; TSCHIENE, 1976, 1980; EBERSPÄCHER, 1981; MARTIN, 1980; GROSSER, BRÜGGEMANN & ZINTL, 1986, 2004; CARL, 1983; LETZELTER, 1984; BRACK & HOHMANN, 1986; zu nennen. Streng genommen müsste man daher den Begriff Trainings- bzw. Leis-

tungssteuerung durch die Begriffe der Steuerung und Regelung des Trainings bzw. der sportlichen Leistung ersetzen.

CARL (1983) hat sich mit der terminologischen Differenzierung der beiden Begriffe intensiv auseinandergesetzt.

Die Steuerung beinhaltet den Input (z.B. Trainingsreiz), durch den ein dynamisches System zu einem vorher bestimmten Output (z.B. Trainingsergebnis) veranlasst wird. Im Trainingsbereich bedeutet dies, dass Entscheidungen der Trainingsplanung mit den Erscheinungsformen des realen Trainingsvollzugs und den daraus resultierenden Trainingswirkungen verknüpft werden, wobei der Wirkungsweg einer Trainingsintervention geradlinig verläuft (Trainingssteuerung im engeren Sinn).

Der Begriff der Regelung dagegen bezeichnet den Rückkopplungsprozess zwischen Output und Input. Die Regelung dient der „Aufrechterhaltung der Stabilität eines dynamischen Systems“ (KLAUS 1969, 523) und zwar immer dann, wenn im Trainingsprozess unvorhergesehene Störgrößen wirken, die eine vorgeplante Trainingswirkung gefährden.

Diese Unterscheidung hat sich in Anlehnung an den allgemeinen Sprachgebrauch in der Fachsprache nicht durchgesetzt (man steuert ein Auto und regelt es nicht), so dass man unter Trainingssteuerung im weiteren Sinne alle prozessualen Interventionen durch Planungs-, Kontroll- und Lenkungsmaßnahmen versteht, also sowohl Steuerungs- als auch Regelungsvorgänge (HOHMANN, LAMES & LETZELTER, 2002, GROSSER, BRÜGGEMANN & ZINTL, 1986).

GROSSER, BRÜGGEMANN & ZINTL (1986) haben ein Regelkreismodell der Leistungssteuerung entwickelt, das sich an wissenschaftlich praktischen Erfordernissen orientiert (Abb.10).

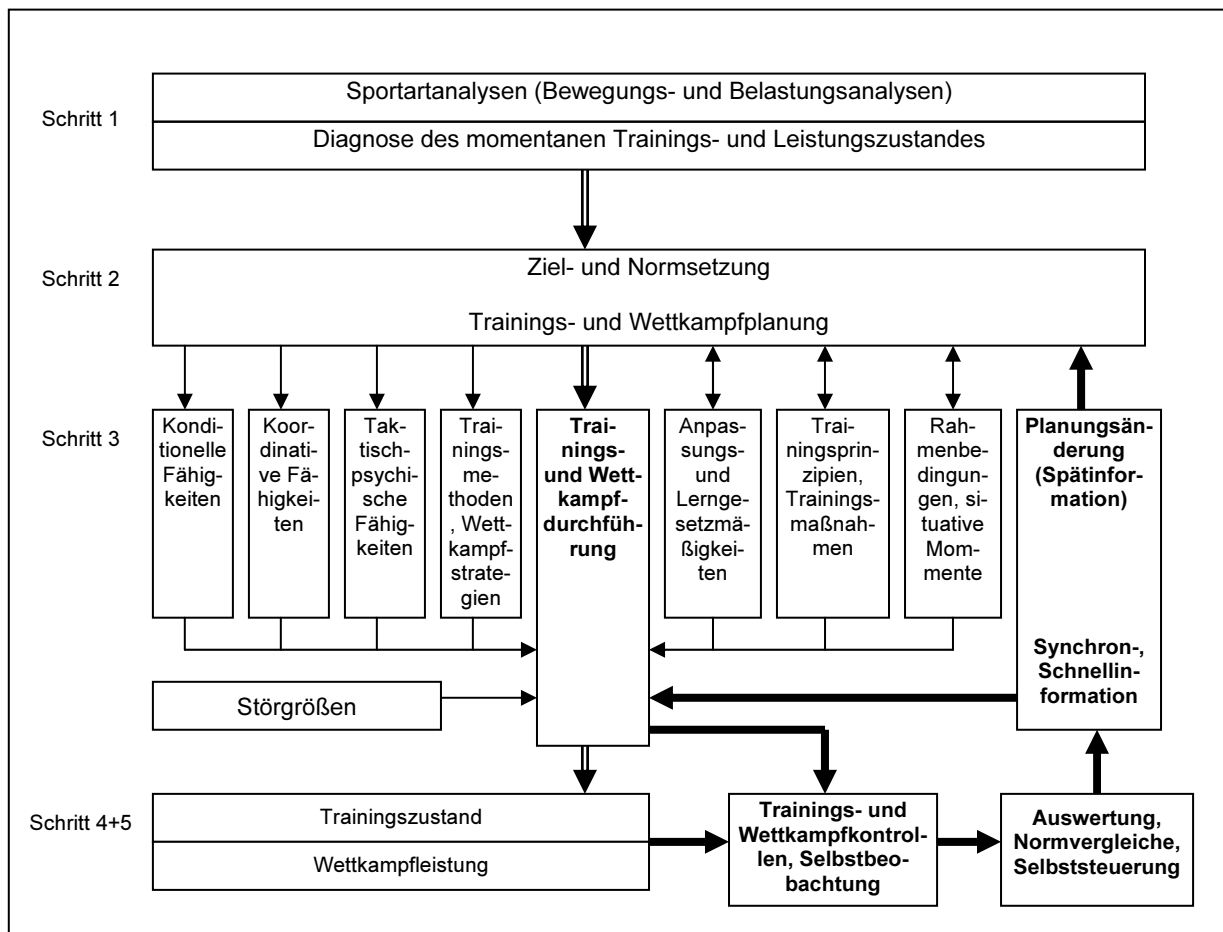


Abb. 10: Modell der Steuerung und Regelung der sportlichen Leistung in Training und Wettkampf (nach GROSSER, BRÜGGEMANN & ZINTL, 1986)

Seine wissenschaftlich basierte Trainingssteuerung basiert auf einem Durchlaufen von fünf Einzelschritten. Vorgeschaltet ist eine Sportartanalyse bezüglich des konditionellen und kognitiven Anforderungsprofils sowie der biomechanischen, physiologischen und funktionell-anatomischen Bedingungen.

Der erste Schritt beinhaltet die Diagnose des aktuellen Leistungs- und Trainingszustandes, ehe im zweiten Schritt die bis dahin gemachten Erkenntnisse in Form einer Trainings- und Wettkampfplanung, die auf einer Zielsetzung für den Athleten beruht, verwertet werden. In Schritt drei findet die praktische Durchführung des Trainings und der Wettkämpfe statt, welche zu einem Trainingsergebnis bzw. einer Wettkampfleistung führt. Der in Schritt vier einsetzende Regelungsvorgang kontrolliert die Ergebnisse. Mit der Auswertung der gewonnenen Daten in Schritt fünf schließt sich schließlich der Kreislauf der Leistungssteuerung. Im Bedarfsfall werden hier neue Vorgaben für die Zielsetzung, Trainingsplanung und Trainingsdurchführung erstellt.

Die kontinuierliche Verbesserung der sportlichen Leistungsfähigkeit stellt sich infolge eines kumulativen Trainingseffekts ein. Dieser Effekt resultiert aus den wiederholten unmittelbaren Trainingswirkungen.

Die gesetzmäßigen Reaktionen dieses komplexen Systems sind im Wesentlichen unbekannt. Die gleiche Trainingsbelastung kann bei unterschiedlichen Individuen durchaus unterschiedliche Trainingseffekte hervorrufen. Deshalb ist die Frage der Rückkopplung durch den Regelkreis von aktueller Bedeutung (ZACIORSKY, 1966a).

WERCHOSCHANSKI (1988) unterscheidet bei seinem Ansatz im System des sportlichen Trainings drei Steuerobjekte: den Komplex der Wechselwirkung des Sportlers mit äußeren Einflussfaktoren, den Zustand des Sportlers und die Trainingsbelastung. Letztere beeinflusst und verändert den Zustand des Sportlers und bewirkt eine Wechselwirkung zwischen Sportler und äußeren Faktoren.

HOHMANN, LAMES & LETZELTER (2002) verstehen unter Trainingssteuerung die „gewichtete kurz-, mittel- und langfristige Abstimmung und Ausführung aller Planungs-, Trainings-, Kontroll- und Lenkungsmaßnahmen eines Trainingsprozesses zur Erreichung der Trainingsziele“ (HOHMANN, LAMES & LETZELTER, 2002, 159). In seinem allgemeinen Modell der Trainingssteuerung fungiert die Trainingsdurchführung als Stellglied, die Trainingskontrolle als Messfühler und die Leistungsfähigkeit als Regelgröße. Es kommt im Rahmen der Trainingsauswertung (Soll-Ist-Vergleich) zu einem ständigen Abstimmungsprozess mit dem Sollwert der Trainingsplanung.

An einem kybernetischen Steuerungs-begriff orientiert sich auch STARISCHKA (1988). Er unterscheidet die Konstruktionsphase (Analyse des Istzustandes, Formulierung der Trainingsziele, Festlegung und Gestaltung der Trainingsstruktur) und die Realisierungsphase des Trainings. Die Umsetzung des Trainings liefert auf der Basis von Soll-Ist-Vergleichen wichtige Rückinformationen, die ggf. wiederholte Planüberarbeitungen und –korrekturen nach sich ziehen.

In der wissenschaftlichen Literatur gibt es verschiedene Ansätze einer wissenschaftlichen Leistungssteuerung.

Bei den metabolisch orientierten Trainingssteuerungen dient häufig der Blutlaktat Spiegel als Steuergröße. So fand LIESEN (1985) heraus, dass in Ausdauersportarten, in denen die aerobe Energiebereitstellung leistungsbegrenzend ist, mit einer

Intensität entsprechend 3mmol/Blutlaktat trainiert werden sollte. Bei einer höheren Trainingsbelastung wird die Leistung auf mittlerem Niveau stehenbleiben.

FÖHRENBACH (1986) leitet aus den individuellen Blutlaktatwerten von Sprintern Empfehlungen für die Belastungsintensitäten zur Verbesserung der allgemeinen Ausdauer, sowie der Schnelligkeits- und Sprintschnelligkeitsausdauer ab. Ähnlich verfährt HELLWIG (1988) bei der indirekten Beurteilung der anaerob-alaktaziden Leistungsfähigkeit.

BRÜGGEMANN (1987) wählt bei zyklischen Bewegungen synchrone Informationen und bei azyklischen Bewegungen die Schnellinformation zur Steuerung technischer Fertigkeiten, während beispielsweise WEBER, BOCHOW & FERRAUTI (1987) mit Mitteln der Spätinformation in Form von Erfolgsquotient und relativer Erfolgsdifferenz verschiedener Schlagkategorien im Tennis auf Sand- und Rasenplätzen Steuerungshilfen für die Trainingsgestaltung geben. BÜHRLE (1979, 1981, 1983, 1985) verwendet für die Kraftdiagnostik den Parameter des Kraftdefizits als Differenz zwischen dem exzentrisch und isometrisch bestimmten Kraftmaximum und RITZDORF (1987) benutzt beim Hochsprung die reaktive Krafftähigkeit als Steuergröße für die Trainingssteuerung.

Bei Anwendung der Regelkreise im Sport sollten diese sich nicht auf die Regelung von Trainingsverfahren bzw. -methoden im Hinblick auf die Erreichung eines bestimmten sportlichen Ziels beschränken. Vielmehr sollte der Regelkreis die Mechanismen beschreiben, die insgesamt zusammenwirken, damit ein gestecktes Ziel erreicht wird, vor allem sollten die Trainingsinterventionen einzelfallorientiert unter Berücksichtigung der individuellen Randbedingungen angewendet werden.

Es wird in vielen Lehrbüchern eine analog zu technischen Vorgängen präzise Steuerbarkeit eines Trainingsprozesses - auch grafisch - „vorgegaukelt“, die durch die Vernetztheit von Teilprozessen beim Training sowie von Wechselwirkungen mit Umweltparametern sowie möglicherweise nichtlinear rückgekoppelter Entscheidungs- und Wirkungsmechanismen nicht haltbar ist.

Gerade darin liegt aber eine Gefahr beim Einsatz dieser Modelle. Zwar stehen hier - im Gegensatz zu behavioralen Modellvorstellungen - Steuerungs- und Regelungsprozesse im Vordergrund. Der Mensch mit seinen emotionalen und kognitiven Prozessen wird jedoch nicht in dem Maße berücksichtigt und die Steuerung erfolgt noch weitgehend durch die Umwelt, im konkreten Fall meist durch den Trainer.



Nicht bedacht wird außerdem, dass Störgrößen nicht nur an der Regelstrecke selbst, sondern auch am Regler (z.B. falsche Vorstellungen des Lehrers/Trainers) oder an dessen Stellglied (z.B. dessen Sprache/Gestik) ansetzen können, was wiederum beim Athleten zu Missverständnissen und einem falschen Sollwert-Istwert-Vergleich führt. Zudem wird zu wenig die Eigenverantwortlichkeit der Athleten mitbedacht, welche nicht nur Regelstrecke sein wollen, die einen Sollwert umsetzt, sondern die selbst Sollwerte entwickeln. Der Trainer als Regler - mag er seinen Schüler auch noch so gut kennen - wird nie in der Lage sein, in das tatsächlich Innere, welches oft auch im Unterbewusstsein nicht einmal dem Sportler selbst zugänglich ist, zu sehen. Die Steuerung ist folglich immer von äußeren Umweltreizen und inneren Verarbeitungsmechanismen dominierend geprägt.

#### **4.5. Psychologische Modelle zu Belastung und Beanspruchung**

Auf der Basis arbeitswissenschaftlicher Auffassungen zur Belastungs- und Beanspruchungsproblematik wurden verschiedene Modellvorstellungen zum Training entwickelt (LETZELTER (1981), HARRE (1971), SCHLICHT (1992)). Bei diesen Ansätzen kommt es durch die Trainings- oder Wettkampfbelastung unter Inanspruchnahme der individuellen Leistungsvoraussetzungen zu einer unterschiedlichen Beanspruchung mit nachfolgenden Beanspruchungsfolgen (z.B. Ermüdung).

In der psychologischen Analyse von Belastung, Beanspruchung und Stress kann man belastungsorientierte, beanspruchungsorientierte und relationale Konzepte unterscheiden (SCHLICHT, 1989). Während die belastungsorientierten Konzepte die Belastungsbedingungen in der Umgebung der Person analysieren, erörtern die beanspruchungsorientierten Konzepte die vielfältigen Belastungswirkungen und überwiegend das psychophysische Stresssyndrom. Während diese beiden Konzepte jeweils nur eine einzige Seite eines Stressereignisses erfassen (entweder die Belastung oder die Beanspruchung), berücksichtigen relationale Konzepte die enge Beziehung von auslösenden Belastungsbedingungen und Beanspruchungsreaktionen. Relationale Ansätze haben sowohl die Forschungsgruppe um LAZARUS mit dem transaktionalen Stressmodell (LAZARUS & LAUNIER, (1981), LAZARUS & FOLKMAN, (1984) als auch SCHÖNPFLUG (1983, 1986a, 1986b) mit dem verhaltensökonomischen Ansatz entwickelt.

Das transaktionale Stressmodell geht von einer flexiblen Beziehung einer Person und ihrer Umgebung mit wechselseitig gerichteten Einflüssen aus. Für die Stressauslösung ist weder die Person, noch die Situation eindeutig verantwortlich. Das Ergebnis eines vorangegangenen Stressereignisses kann zum Ausgangspunkt eines weiteren Ereignisses werden. Damit entsteht aktuelles Verhalten aus einem fortlaufenden Prozess einer vielfach gerichteten Interaktion zwischen der Person und der Situation. In diesem Wirkungsgefüge tritt die Person aktiv auf, die sowohl handelt als auch leidet.

Der verhaltensökonomische Ansatz von SCHÖNPFLUG der Jahre 1983 bis 1993 (SCHÖNPFLUG, 1983, 1984, 1986a, 1986b, 1987, 1991, 1993) geht von einer Theorie effizienten Verhaltens aus (SCHÖNPFLUG, 1979). Im Unterschied zur transaktionalen Auffassung von Belastung und Beanspruchung befasst sich der verhaltensökonomische Ansatz von Schönpflug vertieft mit der Verhaltensregulation in Belastungssituationen. Die Interpretation und die Regulation des Belastungs- und Beanspruchungsgeschehens erfolgt auf der Grundlage von Effizienzerwägungen, die sich auf die personellen Ressourcen sowie auf die Kosten und den Nutzen des Verhaltens richten. Als Ursache von Stress gilt hier die ineffektive Selbstregulation.

**Nach SCHÖNPFLUG (1983) sind die Aussagen der relationalen Sichtweise nur bedingt zu bestätigen, da die bisher verwendeten Methoden die Komplexität der Zusammenhänge nicht angemessen erfassen können. Geeigneter wären u.U. Methoden der multivariaten Datenanalyse auf der Basis komplexerer theoretischer Modelle zur Beziehung von Belastung und Beanspruchung. Zudem setzt dieser Ansatz ein exaktes Wissen über Trainingswirkungen von bestimmten Beanspruchungsformen voraus.**

#### **4.6 Modelle zum Trainerwissen**

Sportliche Erfolge sind das Resultat vieler Einflussgrößen. Die Trainer-Athlet-Interaktion und vor allem das Trainerwissen hat dabei eine zentrale Position. Fehler im Abbildsystem des Trainers können fatale Folgen für die sportliche Entwicklung eines Athleten haben.

Angesichts der großen Bedeutung der Trainingssteuerung erscheint es gerechtfertigt und notwendig, sich bei einer Abhandlung zum sportlichen Training bzw. der sportli-

chen Leistung mit der Wissensbasis von Trainern bzw. deren Bewältigungsmechanismen bei der Lösung von Trainingsaufgaben auseinanderzusetzen.

Das Konglomerat des bereichsspezifischen Fachwissens wird in den einschlägigen Ausbildungen der Fachverbände gelehrt. Auch fehlt es nicht an Handreichungen zum erfolgreichen Trainer. **Jedoch handelt es sich dabei nur um Teil- bzw. Detailspekte der Athletenbetreuung (EBERSPÄCHER, 1990) bzw. nicht um wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse, sondern um Expertenwissen auf der Basis von Erfahrungswerten von Ex-post-Ereignissen ehemals erfolgreicher Athleten oder Trainer.**

Eine Auseinandersetzung auf der Grundlage einer handlungstheoretischen Betrachtungsweise findet sich bei EBERSPÄCHER (1990) oder NITSCH (1986).

Ausgehend von der Didaktik (BROMME, 1985) nahm auch in der Sportwissenschaft in jüngerer Zeit das Interesse an der Erforschung des Expertenwissens (HANKE & WOERMANN, 1993, BRACK, 2002) im Zusammenhang mit der Hinwendung zur Künstlichen Intelligenz erheblich zu. Für die Entwicklung von Expertensystemen war es notwendig geworden, das Problemlöseverhalten aber auch die Wissensbasis von Experten zu erforschen und zu modellieren, um die Programme analog deren Wahrnehmungs-, Selektions- und Strukturierungskognitionen gestalten zu können. Für eine modellhafte Strukturierung dieses Wissens greift man in der Wissenschaft immer mehr auf das in der Psychologie entwickelte Forschungsprogramm Subjektive Theorien (vgl. GROEBEN, WAHL, SCHLEE & SCHEELE, 1988) zurück. Im sportlichen Bereich setzte sich BRACK (2002) mit subjektiven Erfolgstheorien von Sportspieltrainern mit anschließender explanativer Modellvalidierung auseinander. ROTH (1996) hinterfragte die Subjektiven Theorien von Erfolgs- und Bundestrainern, während JONES (1990) eine Untersuchung durchführte, die den Unterschied von Experten- und Novizen-Trainern im Basketball zum Gegenstand hatte.

Subjektive Theorien sind nach GROEBEN, WAHL, SCHLEE & SCHEELE (1988) gekennzeichnet durch Kognitionen der Selbst- und Weltsicht, die im Dialog-Konsens aktualisier- und rekonstruierbar sind. Sie stellen ein komplexes Aggregat mit (zumindest impliziter) Argumentationsstruktur dar, das auch die zu objektiven (wissenschaftlichen) Theorien parallelen Funktionen der Erklärung, Prognose und Technologie erfüllt, und deren Akzeptierbarkeit als objektive Erkenntnis zu prüfen ist. Als Zugang

zur Rekonstruktion Subjektiver Theorien werden allgemein und speziell auch in der Sportwissenschaft (HAHN, 1994, BRACK, 2002) immer häufiger Struktur-Lege-Verfahren wie zum Beispiel die Heidelberger-Struktur-Lege-Technik angewendet. Dabei handelt es sich um Kartenlegetechniken, bei denen dialoggesteuert zwischen Versuchsperson und Versuchsleiter individuelle Strukturen veranschaulicht, präzisiert und korrigiert werden (DANN, 1992).

Kritisch angemerkt werden muss bei den Zugangsweisen von Innen, ob und unter welchen Bedingungen Personen überhaupt in der Lage sind, über die subjektiv-theoretischen Gründe ihres Handelns umfassend Auskunft geben zu können (NISBETT & WILSON (1977)). Es besteht immer die Gefahr, dass ein Teil der Theoriebestände für den Handelnden implizit bleibt und vom Untersucher mit den heute bekannten Methoden nicht erschlossen werden kann. Die erschlossenen Teile ihrerseits können evtl. wiederum nur teilweise handlungsleitend sein und es besteht grundsätzlich die Möglichkeit der fehlerhaften Erschließung und Explikation zum Beispiel im Sinne einer nachträglichen Handlungsrechtfertigung. Auch bei Automatismen und Routinen und Intransparenz-Situationen (z.B. Stressbedingungen, Panik) ist der Einsatz dieser Verfahren sehr begrenzt.

## **5. Spezielle Modelle zur Belastungsgestaltung**

Vorstellungen zum Training konkretisieren sich in der geplanten und schließlich realisierten Trainingsbelastung im Sinne aller auf den Organismus einwirkenden Belastungsreize (GROSSER, STARISCHKA, ZIMMERMANN, 2004). Hierzu existieren in der sportwissenschaftlichen Literatur differenzierte und umfangreiche Vorschläge, deren Gesamtanalyse den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde. Sie betreffen vor allem die praktische Gestaltung der sog. Trainingseinheiten, d.h. die Inhalte des Trainings, seine Methoden sowie die Belastungscharakteristik von Umfang und Intensität. Dazu kommen die Annahmen zur Belastungscharakteristik. Sie entsprechen einer Strukturplanung der kurz-, mittel- und langfristigen Trainingszeiträume oder Zyklen des Trainingsjahres. Allen Ansätzen gemeinsam ist, dass sie Teil der im Planmodell eines Sportlers begründeten Trainingsinterventionen darstellen, welche zur Realisierung von sportlichen Leistungen führen. Zugrunde liegen dabei sehr komplexe Anpassungsprozesse, deren Kenntnis und Berücksichtigung von aus-

schlaggebender Bedeutung für das Erreichen angestrebter Leistungsziele sein können.

Im Folgenden werden wir uns auf die Vorstellungen einiger wichtiger Sportwissenschaftler zur Periodisierung bzw. Trainingsstruktur und Zyklisierung sowie zu Adaptationsprozessen nach Trainingsbelastungen beschränken.

### **5.1 Modellvorstellungen zur Trainingsstruktur**

Der Hochleistungssport erfordert Belastungen im individuellen Grenzbereich, die eine ganzjährige Hochform unmöglich machen. Der Athlet muss deshalb aus biologischen Gründen mit Belastungswechseln trainieren und zu ganz bestimmten Saisonhöhepunkten seine sportliche Höchstform finden. Ansonsten würde er Gefahr laufen, dass seine aufbauende (anabole) Gesamtsituation in eine leistungsschädliche abbauende (katabole) übergeht (GROSSER, STARISCHKA & ZIMMERMANN, 2004).

Ein besonders wichtiges Mittel dieser Gestaltung der Trainingsstruktur über Belastungsvariationen stellt die Periodisierung und Zyklisierung dar. Man versteht darunter wellenförmige Belastungen durch mehr oder weniger stark ausgeprägte qualitative oder quantitative Belastungswechsel, welche durch die Belastungsparameter Trainingshäufigkeit, Belastungsumfang und –intensität gesteuert werden (FLOCK, 1993).

Ein Hochleistungstraining muss deshalb über die Jahre hinweg im Jahresverlauf in aufbauende, stabilisierende und reduzierende Phasen unterteilt werden, welche den Vorbereitungs-, Wettkampf- und Übergangsperioden entsprechen. Je nach individueller Wettkampfplanung wird dieses Urmodell in der Praxis in Periodisierungsmodelle mit eingipfliger und zweigipfliger Periodisierung ausdifferenziert. Eine umfassende Übersicht findet sich bei STARISCHKA (1988).

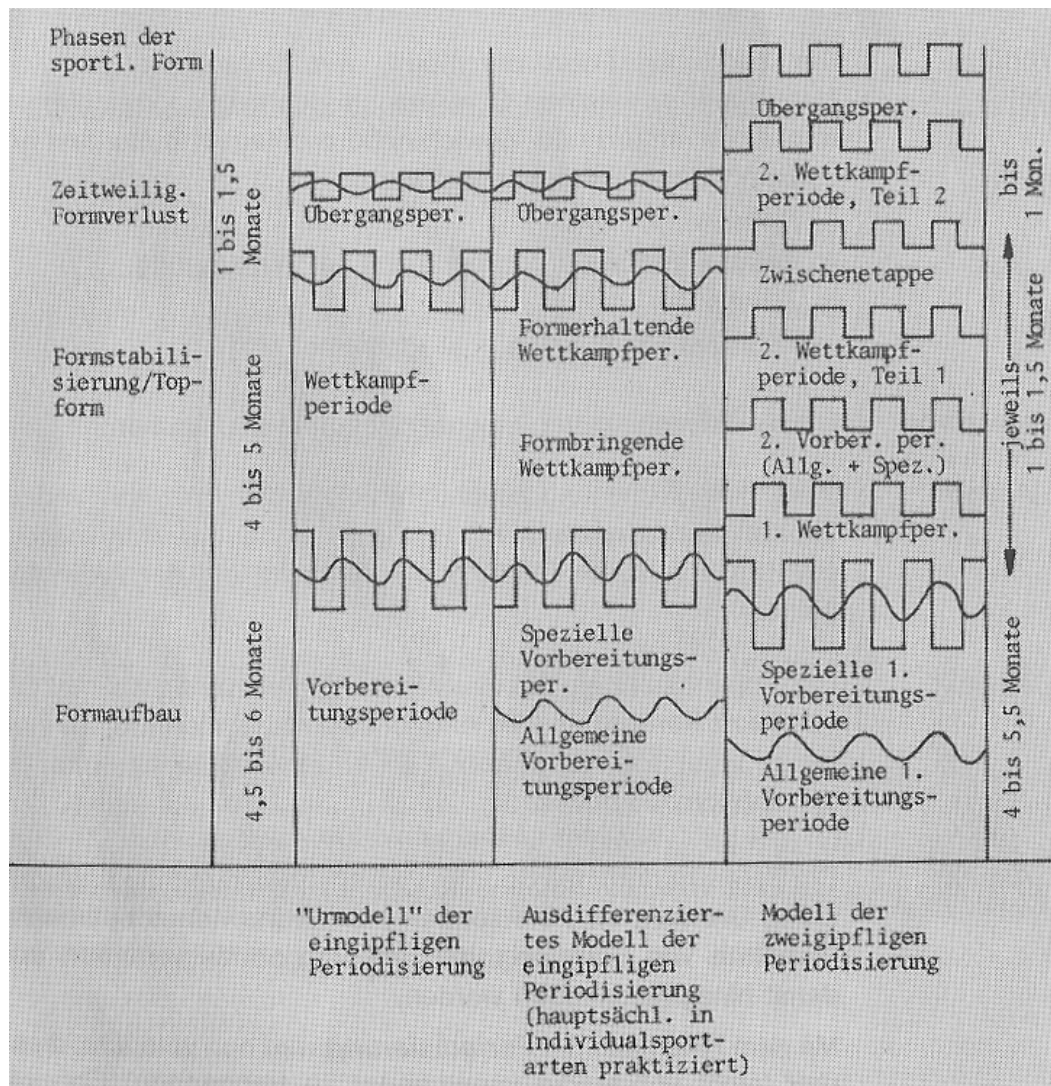


Abb. 11: Periodisierungsmodelle (aus STARISCHKA, 1988)

Jede dieser Teilperioden ist in mehrere Makrozyklen einteilbar, die im Normalfall einen Zeitraum von 1-4 Monaten umfassen. Daneben unterscheidet man Mesozyklen, bei denen längere Abschnitte mit höherer und kürzere mit reduzierter Belastung wechseln. Sie erstrecken sich in der Vorbereitungsperiode über 4-6 und in der Wettkampfperiode über 2-4 Wochen. Jeder Makro- bzw. Mesozyklus wiederum enthält Mikrozyklen (7-10 Tage), die ihrerseits in die einzelnen Tageszyklen (1-4 Trainingseinheiten) unterteilt sind, wobei eine Trainingseinheit in der Regel einen zeitlichen Rahmen von 1-4 Stunden umfasst.

Jede Periode bis hin zur einzelnen Trainingseinheit hat dabei im Rahmen eines systematischen Leistungsaufbaus eine ganz bestimmte Zielstellung.

Eine Zusammenstellung sechs charakteristischer Typen von Makrozyklen zur Zyklisierung von Trainingsprozessen mit entsprechender Beschreibung der jeweiligen

Aufgaben sowie dazu passenden Belastungen und Inhalten findet sich bei HOHMANN, LAMES & LETZELTER (2002).

Obige grundlegenden Klassifizierungen und Verlaufsformen sind seit MATWEJEW (1972) bekannt und werden ständig revidiert und weiter ausdifferenziert (GROSSER, BRÜGGEMANN & ZINTL, 1986).

So haben PECHTL, OSTROWSKI & KLOSE (1993) im langfristigen Bereich ein Systematisierungsmodell entwickelt, das versucht, Trainingsalter, Ausbildungsetappen und Kaderstufen bzw. Förderinstanzen zu verbinden.

WERCHOSCHANSKI (1988) geht von einer Blockstruktur des Trainings aus. Die leistungsbestimmenden konditionellen Merkmale und die spezifischen Bewegungsfertigkeiten sind schwerpunktartig in Blöcken getrennt und kumulativ zu trainieren. Dabei ist bei der Belastungsgestaltung insbesondere die langfristig verzögerte Wirkung des speziellen Krafttrainings zu berücksichtigen.

Im Gegensatz dazu gehen BONDARCUK & VOZNIAK (1984) davon aus, dass im Sinne einer ganzheitlichen Reaktionsweise des Menschen auf Trainingsbelastungen die spezielle konditionelle Vorbereitung und das Techniktraining parallel durchgeführt werden sollen (vgl. auch TSCHIENE 1985, SATORI & TSCHIENE, 1987). Der Individualisierung der Belastungsgestaltung wird bei ihnen große Bedeutung beigemessen, da die Adaptation bei den einzelnen Sportlern unterschiedlich verläuft. Einige erreichen bereits nach zwei Monaten eine Leistungssteigerung. Bei anderen Athleten folgt der Leistungszuwachs bis zu sieben Monate verzögert.

Als grundlegend für die mittelfristige Trainingsplanung gilt in der Vorbereitungsperiode das Periodisierungsschema von MATWEJEW (1972) über einen Zeitraum von 15-27 Wochen. Dabei wird z.B. im Makrozyklus (3-6 Wochen, bei konzentrierter Belastung 3-4 Wochen, bei mäßiger Belastung 5-6 Wochen (NEUMANN, PFÜTZNER & BERBALK, 1999)) die allgemeine konditionelle Vorbereitung mit hohen Belastungsumfängen durchgeführt. Den hohen Belastungsumfängen folgen zeitlich verzögert hohe Belastungsintensitäten. Die konditionelle und die technisch-taktische Vorbereitung werden getrennt. Im Verlauf eines solchen Blocktrainings können unter Einbeziehung eines Regenerationsintervalls von 7-10 Tagen nur drei bis vier solcher Blöcke verkraftet werden. Das Schema von MATWEJEW (1972) mit seinem großwelligen Periodisierungsverlauf gilt eher für den Bereich der mittleren Leistungskategorie sowie für das Anfänger- und Jugendtraining, da hier der Aufbau der sportlichen Form nach dem Prinzip der allmählichen Leistungssteigerung durch relativ große Umfänge

unter Vermeidung zu intensiver Trainingsbelastungen angestrebt wird (FLOCK, 1994).

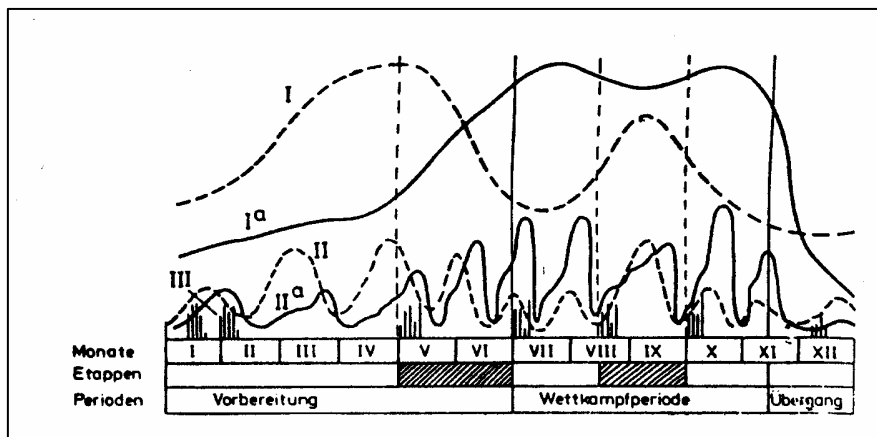


Abb. 12: Strukturschema des Nachwuchstrainings (nach Matwejew, 1972)  
I=Belastungsumfang, I<sup>a</sup>=Belastungsintensität

Dieses umfangbetonte Training führt nach TSCHIENE (1977) beim Hochleistungssportler und insbesondere in den Schnellkraftsportarten nicht mehr zu den gewünschten Adaptationsprozessen. Durch das langjährige, vorangegangene Aufbau-training besteht durch das sehr hohe konditionelle Niveau eines Sportlers nur dann die Möglichkeit einer weiteren Steigerung, wenn die Belastung einen überwiegend speziellen Charakter einnimmt. Deshalb ist bei diesem Modell eine kleinamplitudige Wellenführung mit sehr hoher wettkampfspezifischer Belastungsintensität in relativ kurzen Trainingseinheiten charakteristisch.

Zwischen Vorbereitungs- und Wettkampfperiode besteht nur eine geringe Differenz (20%) des Belastungsumfangs. Sämtliche spezifischen Belastungen werden mit einer Belastungsintensität von über 80% ausgeführt. Ausgeprägte Ermüdungszustände sollen vermieden und Superkompensationseffekte optimiert werden. Dazu werden die einzelnen Belastungszyklen verkürzt und die Erholungspausen erhöht.



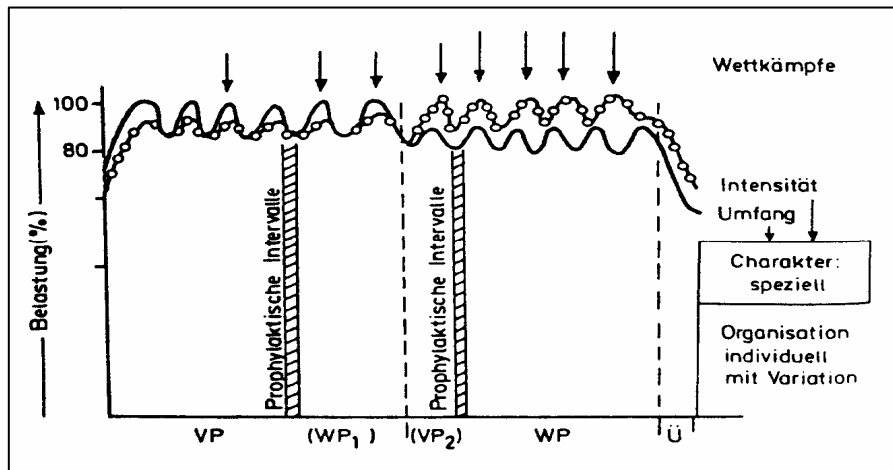


Abb.13: Strukturschema des Hochleistungstrainings (nach TSCHIENE, 1977)

Die Struktur des Pendelprinzips von AROSJEV (zitiert nach TSCHIENE, 1985) empfiehlt einen kurzfristigen Wechsel von allgemein- und speziell vorbereitenden Inhalten. Die Wirksamkeit dieser kontrastierenden Trainingswirkung zeigten NIKIFOROW & VIKTOROW (1973) in der direkten Wettkampfvorbereitung von Boxern auf.

WOROBJEWA UND WOROBJEW (1978) gehen davon aus, dass kein lebendes System lange Zeit ein stationäres Gleichgewicht seiner Funktionen erhalten kann. Wichtige Strukturmerkmale der Trainingsgestaltung bei ihnen sind kurzweilige und sprunghafte Belastungswechsel. Dabei nimmt die spezifische Belastung eine führende Rolle ein.

Abschließend gilt mit (MARTIN, 1980, zitiert nach STARISCHKA, 1988, 39) festzuhalten: "Periodisierung ist nur sportartspezifisch, leistungsniveauspezifisch und entwicklungsstufenspezifisch zu konzipieren, wobei in jedem Falle individuelle Variationen möglich sein müssen".

Die Periodisierungsmodelle entsprechen lediglich wichtigen (idealtypischen) Teilmodellen innerhalb des Gesamtsystems der sportlichen Leistung. Die einzelnen Belastungscharakteristika orientieren sich allein an Intensität und Umfang und nicht an individuellen Belastungsmustern. Unklar bleibt auch die Methode der Skalierung (z.B. Interpolation an freien Tagen?, Intensitäten als Prozentangaben?, Gleitmittelwerte?, Trendkurven?, etc.) Außerdem sind Rückschlüsse auf die Belastung nur indirekt über Intensitäten und Umfänge möglich.

In der Literatur gibt es neben den harten Parametern wie Laktat immer wieder Ansätze, die den Zusammenhang zwischen subjektivem Zustand und Trainingsbelastung thematisieren. Sie finden aber bisher keinen Eingang in Periodisierungsmodelle.

So fordert HARRE (1979) im Rahmen der Belastungssteuerung und -regelung psychische Zustände als ergänzende Steuergröße einzusetzen.

WOLKOW (1974) betrachtet Aspekte der psychischen Erholung als Steuergröße.

OSOLIN (1970) empfiehlt die elementare tägliche Selbstkontrolle des Sportlers. Sie beinhaltet die Pulsfrequenz, die Handdynamometrie, das Körpergewicht, das subjektive Befinden und die subjektive Einschätzung der Leistungsfähigkeit in der Spezialdisziplin. Die grafische Darstellung der Werte veranschaulicht die Veränderungen im Zustand und in der Leistungsfähigkeit des Sportlers. Ausgehend von den Normalwerten ohne den Einfluss hoher Trainingsbelastungen lässt sich der Effekt summarischer Belastungen aufzeigen. OSOLIN (1970) geht davon aus, dass mit der Analyse des trainingsbedingten Zustandes die Belastungen auf die Möglichkeiten des Athleten abgestimmt werden können.

Den Nutzen und die Bedeutung der subjektiven Zustandseinschätzung zur Bewertung von Belastungssituationen des Trainings haben insbesondere MATHESIUS (1972) mit seinem Polaritätenprofil und NITSCH & UDRIS (1976) mit ihrer Eigenzustandsskala hervorgehoben. Ihnen folgten zahlreiche Wissenschaftler, die unterschiedliche psychische Zustandsmerkmale zum Gegenstand der Betrachtung machten ( SCHÖNER-KOLB, SCHLATTMANN, LIESEN & HACKFORT, 1989; GÜNZ, 1981; BORG ,1970; KUNATH, MATHESIUS & MÜLLER, 1988).

## **5.2 Modellvorstellungen zu Anpassungsprozessen**

Durch Trainingsinterventionen kommt es zu Homöostasestörungen, die mit einem zeitlichen lag zurückgeführt werden und Anpassungsleistungen, verbunden mit einem höheren Leistungsniveau, nach sich ziehen. Eine falsche Einschätzung im zeitlichen Ablauf dieser komplexen Vorgänge kann zu ungeplanten, längerfristigen Ungleichgewichtszuständen mit ungewünschten Trainingswirkungen (z.B. Übertraining!) und entsprechend negativen Konsequenzen für die sportliche Leistungsfähigkeit führen.

In der Trainingspraxis ist es sehr schwierig, den optimalen Zeitpunkt für erneute Belastungen zu finden. Zum einen zeigt die Wiederherstellung der verschiedenen be-

anspruchten Energiespeicher einen unterschiedlichen Zeitverlauf (Heterochronismus) (vgl. Tab. 1).

Tab. 1: Regenerationsprozesse, -zeiten und Trainingsbelastungen für Leistungssportler (aus GROSSER STARISCHKA & ZIMMERMANN, 2004)

Regenerationsprozesse	Trainingsbelastungen		
	mit aerober Energiebereitstellung	mit anaerob-alaktazider und -laktazider Energiebereitstellung	mit anaerob-alaktazider Energiebereitstellung und neuromuskulärer Beanspruchung
Laufende Regeneration	Bei 60–70 %iger Intensität möglich		Bei Belastungen unter 6 Sek. nach 60–90 Sek. Pause möglich
90–95 %ige Regeneration	Nach 6–8 Stunden (Intensität 75–90 %)	Nach 6–10 Stunden	Nach ca. 10 Stunden
Vollständige Regeneration	Nach 12–24 Stunden (bei 75–90 %iger Intensität)	Nach 24–36 Stunden	Nach 36–48 Stunden

Zum anderen nehmen außer der vorangegangenen Belastung auch die individuelle Anpassungsfähigkeit, die Ernährung und sonstige trainingsbegleitende Maßnahmen Einfluss auf die Belastungswirkung (GROSSER, STARISCHKA & ZIMMERMANN, 2004). Dazu kommt, dass im Trainingsprozess verschiedene Trainingsziele zu sehr unterschiedlichen Zeiträumen neben- oder nacheinander angesteuert werden müssen.

Man unterscheidet die sofortigen von den zeitlich verzögerten Trainingseffekten. Ersterer rücken bei isoliert einwirkenden Trainingseinheiten mit nicht aufstockender Belastungsgestaltung, wie sie im mittleren Belastungsbereich üblich sind, in den Vordergrund. Ihre Wirkungen sind im direkten zeitlichen Zusammenhang mit der Trainingsbelastung zu erkennen und wachsen ständig an. Die zeitlich verzögerten Anpassungsreaktionen beruhen darauf, dass nach konzentrierten Belastungen die Veränderungen in den angesteuerten Leistungsfaktoren den Veränderungen in den Belastungsfaktoren erst mit einem gewissen time-lag folgen (HOHMANN, 1994).

Die Trainingswissenschaft unterscheidet drei zeitlich verzögerte Trainingseffekte, welche in Abb. 14 modellhaft dargestellt sind.

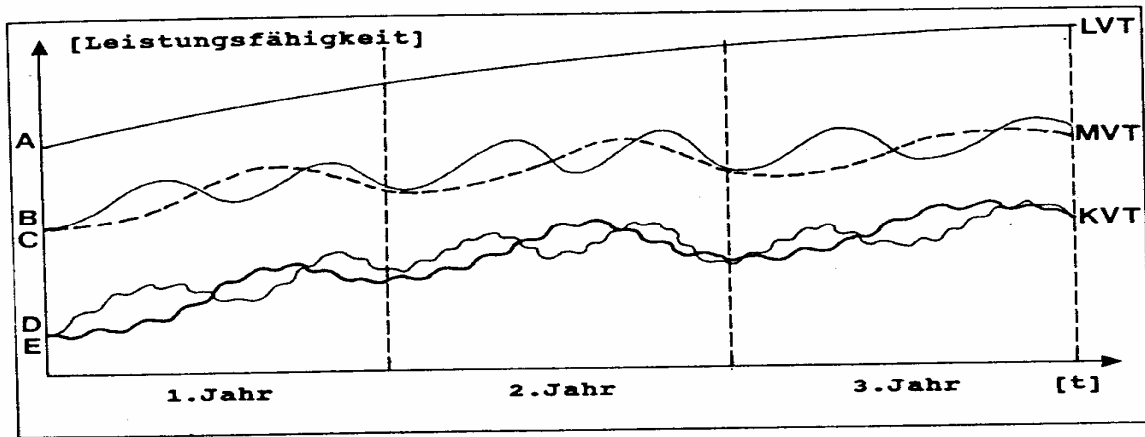


Abb.14: Dynamik des lang- (A), mittel- (B,C) und kurzfristig (D,E) verzögerten Trainingseffekts im Verlauf eines dreijährigen Trainingsprozesses modifiziert nach WERCHOSHANSKIJ, 1988 (aus HOHMANN, 1994)

Während der langfristig verzögerte Trainingseffekt durch eine mehrjährig stabile und kontinuierliche Erhöhung der speziellen Leistungsfähigkeit gekennzeichnet ist, ist für den mittelfristig verzögerten Trainingseffekt die wenig stabile, nur im Trendverlauf gleichförmig ansteigende Leistungsentwicklung zu erkennen. So treten etwa in der Übergangsperiode auch negative Tendenzen der Leistungsentwicklung auf.

Die kurzfristig verzögerten Trainingseffekte weisen eine im mehrtägigen Verlauf wechselweise an- und absteigende Dynamik auf. Bei den Mikrozyklen als Zyklen der kurzfristigen Planung werden die kumulativen Trainingswirkungen „im Verlauf der typischen Wochenzyklen mit zwei 1-2-tägigen oder einer 3-4-tägigen stimulierenden Belastungsaufstockung erreicht und führen zu einem 2-3-tägigen Formanstieg. Eine einzelne Stimulations- und Wiederherstellungsphase umfasst somit einen Zeitraum von etwa 3-5 Tagen. Daher wird bei der kurzfristigen Trainingsplanung dem „klassischen“ Superkompensationsmodell JAKOWLEWS (1977; vgl. Abb. 8) mit seinen typischen Erholungsrythmen von etwa 12-96 Stunden Nachlaufdauer (MARTIN, 1980) am ehesten entsprochen“ (HOHMANN, LAMES & LETZELTER, 2002, 175). Ein Wettkampf kann dabei als eigene Stimulation betrachtet werden. Die einzelnen Mikrozyklen nehmen dabei einen ausgeprägt individuellen Verlauf der Trainingsadaptation auch bei identischer Trainingsstruktur (HOHMANN, LAMES & LETZELTER, 2002). Es sind deshalb innerhalb dieser speziellen Fragestellung Verfahren zu entwickeln, mit denen man zuverlässige Rückschlüsse auf verschiedenen zeitlichen Betrachtungsebenen erhält.

## **5.3 Belastungsgestaltung in ausgewählten Sportarten**

### **5.3.1 Leichtathletik**

Für die Leichtathletik gelten zunächst die Grundsätze der allgemeinen Trainingslehre.

In der Leichtathletik wird das Trainingsjahr in Perioden/Makrozyklen gegliedert. Dabei kann sowohl mit einer eingipfligen, häufiger mit einer zweigipfligen und unter Umständen auch mit einer mehrgipfligen Periodisierung geplant werden.

Ein typischer eingipfliger Makrozyklus hat seinen Höhepunkt in den Sommermonaten, während es unterschiedliche zweigipflige Periodisierungen gibt. Einmal kann der erste sportliche Höhepunkt im Winter bei den Hallenwettkämpfen liegen, zum anderen ist es im Mittel- und Langstreckenbereich üblich bei Crossläufen im Winter bzw. außerhalb der heißen Sommermonate in den Frühjahrs- und Herbstläufen maximale Wettkampfergebnisse zu erzielen (KESSEL, 1998).

Für den Aufbau einer sportlichen Leistung gelten Hallenwettkämpfe mittlerweile als unverzichtbar. Deshalb geht man bei der Jahresplanung meist von zwei Wettkampfperioden (Hallen- und Freiluftsaison) und zwei Trainingsabschnitten (Vorbereitungsperioden) aus. Bei der Strukturierung des Trainings liegt die Annahme zugrunde, dass Trainingsanpassungen vier bis sechs Wochen benötigen. Außerdem orientiert man sich bei der Periodisierung auch häufig an den Hallenbedingungen, d.h. Schulferien, den klimatischen Voraussetzungen oder an Periodisierungsmodellen des Hochleistungssports (TSCHIENE, 1977).

#### **5.3.1.1 Sprint**

Der Leistung im Sprint liegt ein komplexes Training zugrunde. Im Aufbautraining aber auch im Spitzenbereich gilt der Grundsatz des wechselseitigen Zusammenhangs der grundlegenden (Krafftfähigkeiten, gesamtmuskuläre Ausbildung und Belastbarkeit, allgemeine Ausdauer) und speziellen (Reaktions-, Beschleunigungs-, spezielle Ausdauerfähigkeiten) Leistungsvoraussetzungen (JOCH, 1992).

Im Sprint unterteilt man die einzelnen Perioden im Jahresverlauf in Mesozyklen zwischen 3 und 6 Wochen mit spezifischen Trainingszielen (Normvorgaben). Diesen Phasen liegen höhere aber auch geringere, insgesamt aber steigende Belastungen zugrunde. Sie zeigen somit einen typischen Verlauf.

Die Periodisierung im Sprint im Jahresüberblick unter Berücksichtigung von Ausbildungsschwerpunkten in den einzelnen Trainingsphasen lässt sich exemplarisch aus den Tab. 2 und 3 ableiten.

Die Vorbereitungsperiode I dient in erster Linie der Schaffung von Voraussetzungen im Sinne des Basistrainings, während die Vorbereitungsperiode II der eigentlichen Herausbildung der Form mit wettkampfnahem Training dient (KESSEL, 1998). In der Literatur findet sich sowohl bei SCHMOLINSKY (1980) und HOTTENROTT (1993) als auch bei BAUERSFELD & SCHRÖTER (1980) sogar eine Dreiteilung der Vorbereitungsperiode. In diesem Falle würde die Vorbereitungsperiode I die allgemeine, die Vorbereitungsperiode II die dominierende und die Vorbereitungsperiode III die spezielle Grundlage bilden (KESSEL, 1998). Die unmittelbare Wettkampfvorbereitung dient zur Vorbereitung eines Jahreshöhepunktes.

Während im allgemein grundlegenden Trainingsabschnitt die Grundlagen der Leistung im Sprint aufgebaut und geformt werden bei relativ hohen aeroben und allgemein athletischen Anteilen, wird beim disziplinspezifisch grundlegenden Trainingsaufbau die Leistung vorbereitet und beim speziellen Trainingsaufbau entwickelt, um diese in den Wettkampfserien darzustellen (JOCH, 1992).

Tab.2: Exemplarisches Modell des Sprinttrainings im Jahresaufbau für 1991/92 (aus Joch, 1992)

	Kalender- Woche	Zeitraum	Ab- schnitt	Wo. Anzahl	Abschnittsinhalt/ Trainingsaufbau (TA)
1. VP	39-44	23.9.-3.11.91	1.	6	Allgemein grundlegende TA
	45-50	04.11.-15.12.	2.	6	Disziplinspezifisch grundlegender TA
	51-04	16.12.-26.1.	3.	6	Spezieller Trainingsaufbau
HWS	05-10	27.1.-8.3.92	4.	4 + 2	Hallenwettkampfserie
2. VP	11-16	9.3.-19.4.	5.	6	Disziplinspezifisch grundlegender TA
	17-22	20.4.-31.5.	6.	6	Spezieller Trainingsaufbau
WP	23-30	1.6.-26.7.	7.	8	1. Wettkampfserie
UWV	31-35	27.7.-30.8.	8.	5	(Trainingszwischenetappe)
	36-38	31. 8.- 20.9.	9.	3	2. Wettkampfserie
ÜP	39-40	21.9.-4.10.		2	Aktive Regeneration

Legende:

1. VP = Vorbereitungsperiode 1, HWS = Hallenwettkampfserie, 2. VP = Vorbereitungsperiode 2, WP = Wettkampfperiode, UWV = unmittelbare Wettkampfvorbereitung, ÜP = Übergangsperiode

Tab.3: Trainingsmodell für 200-m-Sprinter nationaler Spitzenklasse

TRAININGSART	Koordinati- on	Schnellig- keit	TI	hoch			
		Aus- dauer	TIN	Drippings, Skippings, Koordinationsläufe, Bergabsprints			
			TI	mittel			
		TIN	Skippingserien auf längere Distanzen				
	Schnelligkeit	TI	niedrig	mittel	hoch	mittel	
		TIN	Starts, Antritte, fliegende Sprints, Staffelwechsel, kurze Tempoläufe				
	Aus- dauer	aerob	TI	hoch	mittel	niedrig	mittel
			TIN	Dauerlauf konstant, mit Gymnastik, schneller Endphase, Fahrtspiel			
		an- aerob	TI	niedrig	mittel/hoch	hoch	mittel
			TIN	Tempol. (-wechsel) b. 1000m Tempol. (-wechsel) b. 300m, Hügel. b. 300m Tempol. 200-500m			
	Kraft	max. Kraft	TI	niedrig	mittel	niedrig	
			TIN	tiefe, halbtiefe Kniebeuge mit Scheibenhantel			
		Schnell- kraft	TI	mittel	hoch	mittel	
			TIN	Sprünge aller Art (mit und ohne Zusatzgewicht), Schnelltrainer			
OKT NOV DEZ JAN FEB MÄR APR MAI JUN JUL AUG SEP							
TRAININGSABSCHNITT							

Legende: TI = Trainingsintensität, TIN = Trainingsinhalte (aus GROSSER, 1991).

Bei den Mikrozyklen ist zu beachten, dass Trainingseinheiten mit verschiedenen Trainingsinhalten unterschiedliche Nachwirkungen haben, die in der Aufeinanderfolge der Trainingseinheiten zu berücksichtigen sind. Ihre Reihenfolge ist nicht beliebig auszutauschen. In der Praxis setzen sich dabei Standardtrainingseinheiten und Standardwochenprogramme durch (vgl. Tab. 4).

Tab 4: Standardwochenmodell für den Allgemeinen Trainingsaufbau (nach JOCH, 1992)

Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
Kraft/Ath- etik	ABC	Athletik, re- gen. Dauer- lauf	ABC	Kraft/Ath- letik	ABC	ABC
	BK+SK auch Hürden		Dauerlauf entw. (N.I.)		BK+SK auch Hürden	SKA Int. 3
					Sprünge	Dauerlauf entw.

Legende: BS+SK: Beschleunigung und Schnelligkeit, SKA: Schnelligkeitsausdauer

### 5.3.1.2 Mittel- und Langstreckenlauf

In den Laufdisziplinen sind folgende Leistungsvoraussetzungen für optimale Wettkampfergebnisse entscheidend: athletisches Grundpotential, Grundlagenausdauer, Schnelligkeit, Kraft und Kraftausdauer, Technik und Willensqualitäten (JOCH, 1992).

Man unterscheidet wie in den Sprintdisziplinen eine Einfach- und Doppelperiodisierung. Eine vereinfachte Darstellung einer Einfach- und Doppelperiodisierung findet sich in Tab. 5 und Tab. 6.

Tab. 5: Vereinfachte Darstellung der eingipfligen Periodisierung im Jahreszyklus (aus KESSEL, 1998)

Über- gangs- periode	allgemeine Vor- bereitung- periode	spezielle Vorbe- reitung- periode	Wettkampf- periode (formbringend)	Wettkampf- periode (formerhaltend)
----------------------------	--	---	---	--

Tab. 6: Vereinfachte Darstellung der zweigipfligen Periodisierung im Jahreszyklus (aus KESSEL, 1998)

Über- gangs- pe- riode	1.Vorbe- reitung- periode (allge- mein)	1.Vorbe- reitung- periode (speziell)	1. Wett- kampf- periode	2.Vorbe- reitung- periode (allge- mein und speziell)	2. Wett- kampf- periode	Zwischen- etappe	2. Wett- kampf- periode
---------------------------------	---	---	-------------------------------	---	-------------------------------	---------------------	-------------------------------

Die Doppelperiodisierung ist prinzipiell durch ein doppeltes Schema der Einfachperiodisierung charakterisiert. Allerdings überlappen sich die Übergangs- und Vorbereitungsperiode nach dem ersten sportlichen Höhepunkt und die zweite Wettkampfperiode wird manchmal durch eine Zwischenetappe getrennt. Insgesamt ist die zweigipflige Periodisierung durch kürzere Perioden gekennzeichnet.

Hinsichtlich der Belastungsgestaltung gibt es - ebenso wie in den Sprintdisziplinen - Beschreibungsansätze die trainingsumfangsorientiert oder nach einzelnen Trainingsarten differenziert sind.



Exemplarisch für eine Einfachperiodisierung im Lauf zeigt Abb.15 die Grundstruktur der Belastungsgestaltung über die ersten 8 Mesozyklen im Aufbautraining aufgesplittet nach unterschiedlichen Belastungsarten. Konkrete Hinweise in Form von Belastungsdiagrammen über die auf den Organismus einwirkende kumulierte Gesamtbelastung über alle Trainingsarten im Jahresverlauf konnten weder im Sprint- noch im Mittel- und Langstreckenbereich recherchiert werden.

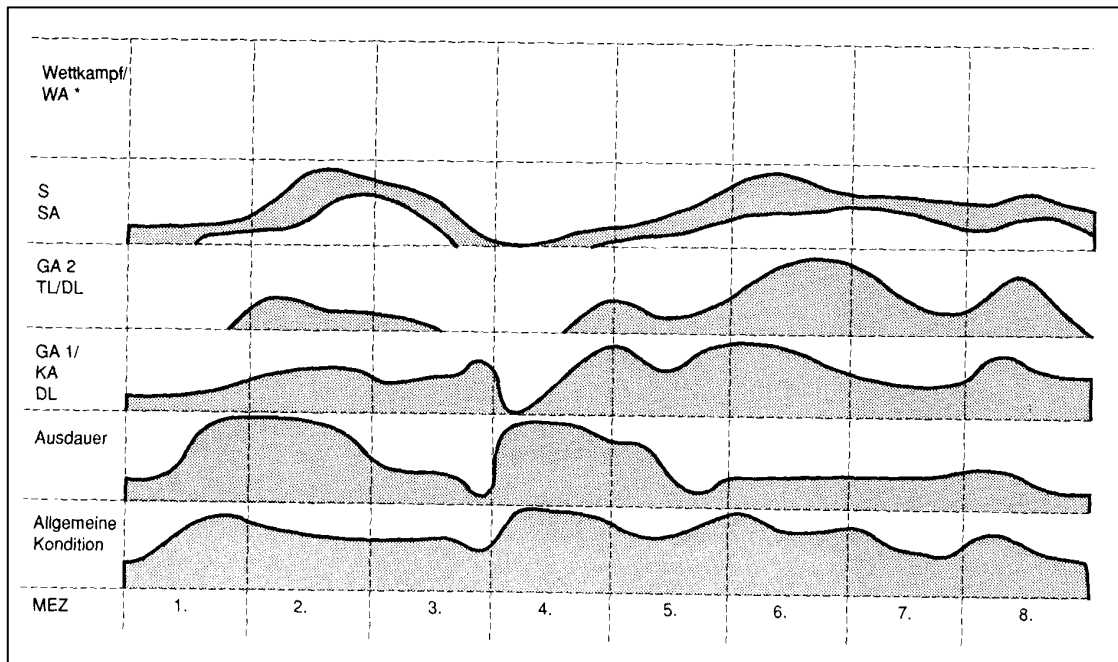


Abb. 15: Belastungsgestaltung in der 1. Phase (8 Mesozyklen) des Aufbautrainings der Langstrecke  
 Legende:

MEZ=Mesozyklus, WA=wettkampfspez.Ausdauer, S=Schnelligkeit, SA=Schnelligkeitsausdauer, GA1/2=Grundlagenausdauer im aeroben bzw. anaeroben Bereich, TL=Tempoläufe, DL=Dauerläufe, KA=Kraftausdauer (aus Joch, 1992)

### 5.3.1.3 Ultra-Lauf

Das Training im Ultrabereich ist ein Langstreckentraining. Als Besonderheit gilt, dass das Training sehr zeitaufwändig ist. Die Trainingsläufe werden gegenüber den kürzeren Disziplinen in langsamerem Tempo, aber dafür mit deutlich höherem Umfang durchgeführt. Ultraläufer legen bis zu 300 km pro Woche bei lediglich 65% bis 75% der maximalen Pulsfrequenz zurück. Weiterhin beherrschen ruhige Läufe um die 50 km sowie Halbmarathons als Schnelligkeitstraining und nicht voll gelaufene Marathonläufe als Aufbaurennen das Trainingsgeschehen. In den letzten Wochen und insbesondere in den letzten 10 Tagen vor einem Ultrarennen muss der Laufumfang

erheblich zurückgefahren werden. Dabei sollen durchaus auch Ruhetage vorkommen (STEFFNY, 1998).

### 5.3.2 Boxen

Die Struktur des Trainings im Boxen orientiert sich an der Theorie von MATWEJEW (1972) (vgl S. 31f.). Man unterscheidet auch in dieser Sportart eine Einfach- und eine Doppelperiodisierung. Für das Boxen gilt dabei, dass die Vorbereitungsperiode inkl. der vorhergehenden Regenerationsphase ca. 70% der jährlichen Trainingszeit beanspruchen sollte. Die restliche Zeit (30 %) entfällt somit auf die Wettkampfperiode.

Für eine Doppelperiodisierung gelten folgende prozentualen Anteile am gesamten jährlichen Trainingsprozess :

40% Vorbereitungsperiode I, 15% Wettkampfperiode I,  
30% Vorbereitungsperiode II, 15% Wettkampfperiode II.

Die Vorteile einer solchen Doppelperiodisierung beim Boxen liegen in einer schnelleren Erlangung eines Leistungszuwachses sowie in der gezielteren Vorbereitung von zwei Wettkampfhöhepunkten im Trainingsjahr, wenn diese mindestens 4-5 Monate auseinanderliegen. Es besteht jedoch bei der Doppelperiodisierung die Gefahr, dass die Trainingsergebnisse weniger stabil sind. Eine Gegenüberstellung der trainingsgestaltenden Maßnahmen in der Vorbereitungs- und Wettkampfperiode zeigt die Tab. 7.

Tab. 7: Gegenüberstellung der Trainings- und Belastungsgestaltung in der Vorbereitungs- und Wettkampfperiode (nach Fiedler, 1983)

<b>Vorbereitungsperiode</b>	<b>Wettkampfperiode</b>
Relative großer Belastungsumfang	Geringerer Belastungsumfang als in der Vorbereitungsperiode
Relativ niedrige Belastungsintensität im Verhältnis zur Wettkampfperiode	Relative hohe Belastungsintensität
Hoher Anteil allg. Trainingsmittel	Niedriger Anteil allg. Trainingsmittel
Niedriger Anteil spez. Trainingsmittel	Hoher Anteil spez. Trainingsmittel

In terminologischer Abweichung von MATWEJEW (1972) unterscheidet FIEDLER (1983)

- grundlegende (3-6 Wochen Dauer)
- leistungsaufbauende (3-6 Wochen Dauer)
- stabilisierende Mesozyklen (3 Wochen Dauer),

welche in ihrer Gesamtheit die Vorbereitungsperiode ergeben.

In Abhängigkeit von individuellen situativen Gegebenheiten und Leistungsvoraussetzungen kann ein Boxer bestimmte Zyklen mehrfach hintereinander oder in Abwechslung wiederholen.

Die Wettkampfperiode erhält ihre Struktur durch leistungsausprägende und sehr individuell gestaltete Vorwettkampfmesozyklen.

Bei einer längeren Wettkampfperiode sollten Mesozyklen der Wettkampfperiode mit solchen der Vorbereitungsperiode gemischt werden.

In der Mikrostruktur des Trainings ist ebenso wie bei anderen Sportarten auf das richtige Verhältnis von Belastung und Erholung zu achten, um Überforderungszustände zu vermeiden. Quantifizierungen hinsichtlich der Belastungs-Beanspruchungsstruktur im Mikrozyklus konnten nicht recherchiert werden.

### **5.3.3 Basketball**

Auch für die Sportart Basketball gelten zunächst die Grundsätze der allgemeinen Trainingslehre analog.

Der Trainer in den Sportspielen muss bei der Trainingsgestaltung allerdings einige Besonderheiten berücksichtigen:

- Alle leistungsbestimmenden Merkmale müssen wegen der in der Regel geringen Vorbereitungszeit parallel und kombiniert trainiert werden (GROSSER, BRÜGGEMANN & ZINTL ,1986).
- Die sportliche Höchstform muss über einen vergleichsweise langen Zeitraum erhalten bleiben. Die Saison dauert ca. 8 Monate.
- Der Spielplan erfordert einen unsystematischen Wechsel hinsichtlich der Schwere der Aufgabenbewältigung. Ein kontinuierliches Hinarbeiten auf einen Saisonhöhepunkt ist unmöglich.

- Trainingsmaßnahmen sind in der Regel auf die gesamte Mannschaft zugeschnitten, es wird jedoch vermutet, dass die Spieler einen individuellen Verlauf bei den Trainingsadaptationen zeigen (NEUMANN, 1982, GROSSER, BRÜGGEMANN & ZINTL, 1986 ).

In einer auf die Sportspiele vorgenommenen Abwandlung der Trainingsperiodisierung ergeben sich unter dem Gesichtspunkt einer ganzjährigen Belastung folgende Zeitabschnitte:

Vorbereitungsperiode I und II

Wettkampfperiode I und II

Übergangsperiode

Eine knappe Übersicht über Ziele und Inhalte dieser Phasen sowie über das Belastungsverhältnis von Kondition und Technik im Jahresverlauf geben Tab. 8 bzw. Abb.16.

Tab. 8: Ziele und Inhalte des Konditionstrainings im Basketball (aus WEINECK, 1999)

	Vorbereitungsperiode		Wettkampfperiode	Übergangsperiode
	1. Etappe	2. Etappe		
Ziele	Entwicklung physischer und psychischer Leistungsvoraussetzungen (allgemeine Kondition)	Entwicklung und Verbesserung spielspezifischer Fähigkeiten (spezielle Kondition)	Stabilisierung der konditionellen Leistungsfähigkeit	Regeneration und aktive Erholung (vor allem des Zentralnervensystems)
Inhalte	vielseitige allgemeine athletische Ausbildung Übungsformen und Trainingsformen Leistungskontrollen Konditionstests	spezielle athletische Ausbildung Trainingsformen und spielnahe Übungen in Verbindung mit dem Spieltraining Test und Kontrollmaßnahmen	Imitationsübungen in Verbindung mit dem Spieltraining (Technik und Taktik) Spezialübungen Wettspiele	physische und psychische Erholung Jahresurlaub, Ferien »basketballose« Spiel- und Übungsformen
Belastung	ansteigender mittlerer bis hoher Umfang mittlere Intensität	sehr großer bis mittlerer Umfang sehr hohe Intensität	geringerer Umfang sehr hohe Intensität (Beanspruchung durch Wettspiele)	geringer Umfang geringe Intensität

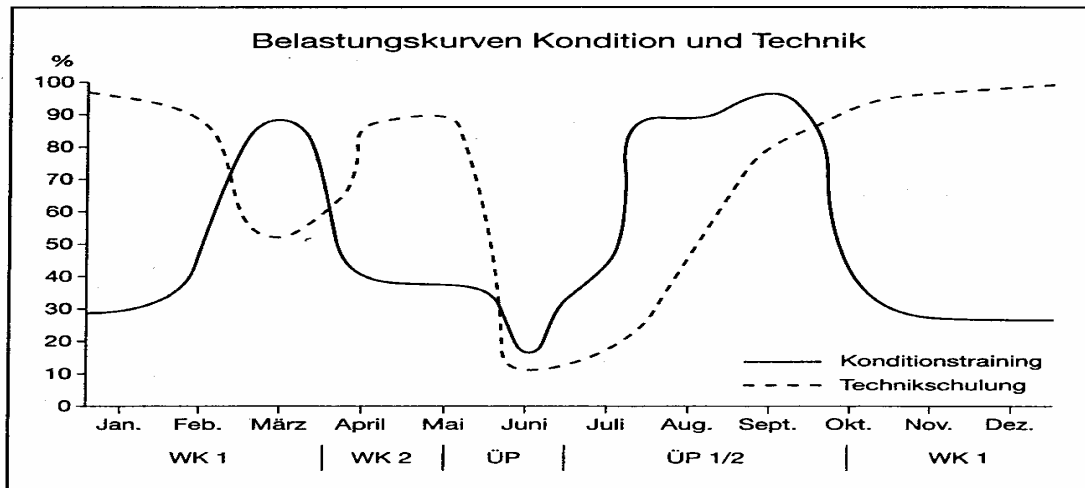


Abb. 16: Belastungskurven Technik-Kondition im Basketball (aus JONATH/KREMPEL 1981)

Ein von BRACK (1985) erprobtes Zyklierungsmodell einer Basketball-Regionalligamannschaft auf der Basis der Grundaussagen zur Periodisierung findet sich in Abb. 17. Tab. 9 zeigt einen Mikrozyklus in der 3. - 8. Woche der Vorbereitungsperiode für Spielsportarten.

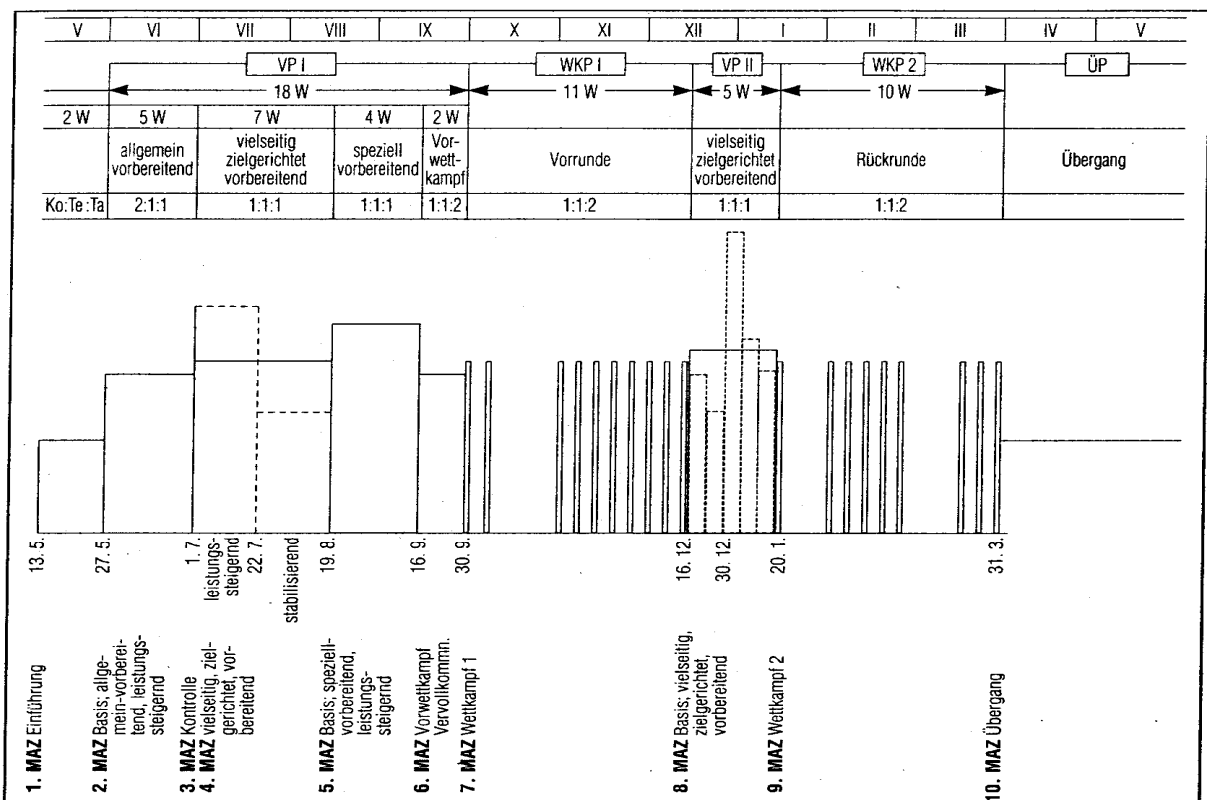


Abb. 17: Periodisierungsmodell einer Basketball-Regionalligamannschaft (aus BRACK, 1985)

Tab. 9: Mikrozyklus in der Vorbereitungsphase (3.-8. Woche) bei Sportarten (aus GROSSER, 1991)

Tabelle 31 Beispiel einer Mikrozyklusgestaltung in der Vorbereitungsphase (3.-8. Woche) zur Ansteuerung komplexer Spielleistungen

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag	Sonntag
morgens	Technik/Taktik, Schnelligkeit 80'	Kraft 60'	Aufwärmen/ Einspielen 40'	Regenerations- lauf 20-30' Gymnastik Taktik (Theorie)	Schnelligkeit, Kraft 70'	Aufwärmen/ Einspielen 40'	
nachmittags	Ausdauer 3x10'  Bad/Massage	Technik/Taktik 80'	Wettspiel 90'	Technik/Taktik 70'	Technik/Taktik 70'  Bad/Massage	Wettspiel 90'	Regenerations- lauf oder Ausdauer 30'

Anmerkung: In den ersten 2 Wochen kein Wettspiel, dafür Ausdauer-Einheiten.

Die Abb. 17 zeigt u.a., dass das oben angesprochene Problem, die sportliche Form über einen sehr langen Zeitraum zu erhalten, in der Praxis oft dadurch gelöst wird, dass Zwischentappen über Weihnachten als neue Vorbereitungsperioden VP II eingeschoben werden, in denen neben einer aktiven und psychischen Erholung die erneute Entwicklung allgemeiner konditioneller Grundlagen sowie die Einführung oder Stabilisierung technisch-taktischer Elemente im Vordergrund stehen. Mit einer Stoßbelastung in der Neujahrswoche geht es dann in die Rückrunde.

Alternativ, aber sehr problematisch ist die Steuerung der Wettkampfform durch verschieden lange Mesozyklen, welche auf der Basis der Evaluierung der Stärke der Gegenmannschaften geplant werden.

Für die Planung der Mikrozyklen bei dreimaligem Training pro Woche unter Berücksichtigung der Regenerationszeiten gibt die Tab. 10 konkrete Anhaltspunkte.

Tab. 10: Trainingsziele, -inhalte und Regenerationszeiten für ausgewählte konditionelle Teilbereiche im Basketball (aus BRACK, 1985)

Trainingsbereich	Trainingsziel	Überwiegender Trainingsinhalt	Trainingsmethode/-mittel	vorwiegende Trainingswirkung auf	vorwiegende energetische Beanspruchung	Wiederherstellungszeit in Stunden
<b>Kraft</b>	1 allgemeine Athletik	Anforderungen an die motorischen Grundfertigkeiten	Wiederholungsmethode (-intensive Intervallm. (Meth. der wiederh. Kontr.)	Maximalkraft und willkürliche Aktivierungsfähigkeit	alaktazid (+laktazid)	24-48
	2 Schnellkraft	Schlag- und Sprungbelastung mit und ohne Ball	Wiederholungsmethode (Methoden d. kurzzeitigen max. Kontrakt.)	willkürliche Aktivierungsfähigkeit und Explosivkraft	alaktazid	12-24
	3 Kraftausdauer	Belastungen des unteren Halteapparates (auch mit Ball)	(intensive) und extensive Intervallmethode	Ermüdungswiderstandsfähigkeit	laktazid	36-54
<b>Schnelligkeit</b>	4 Startschnelligkeit	Reaktionsübungen + Koordination + Beweglichkeit (auch mit Ball)	Wiederholungsmethode	willkürliche Aktivierungsfähigkeit, Schnellkraft und Reaktionsvermögen	alaktazid	12-24
	5 spezielle Ausdauer	Richtungs- und Geschwindigkeitsänderungen mit und ohne Ball	intensive Intervallmethode	Bewegungsautomation, Umschaltfähigkeit, Frustrationstoleranz	laktazid	24-48
	6 Spielausdauer	kontinuierliche wiederholte kurzzeitige ballgebundene Intervallbelastungen	Dauermethode (und extensive Intervallmethode)	organische und zentral-nervöse Leistungsfähigkeit (Energiebereitstellung und Aufmerksamkeit)	alaktazid (+laktazid) aerob	48-72

Einige der oben angeführten Untersuchungen stützen sich auf die eingangs dargestellten Modellvorstellungen, bei anderen scheint eine theoretisch fundierte Forschungskonzeption zu fehlen. Es werden einzelne Problemfelder untersucht. Die Resultate stellen Einzelaussagen dar, die nicht in Theorien einfließen. Oft fehlt selbst die Formulierung von Hypothesen. Die Vorgehensweise kann als vorwissenschaftlich bezeichnet werden (WILHELM, 1995).

**Diese Feststellung deckt sich mit der Aussage HOHMANN (2002). Er betont ausdrücklich, dass Planung, Kontrolle und Auswirkung, insbesondere die Trainingswirkung wissenschaftlich kaum fundiert sind, sondern sehr stark vom Erfahrungswissen der Trainer, Meisterlehren, tradierten Konventionen und individuellen Eigenheiten beeinflusst sind.**

Die Untersuchungszeiträume sind bisweilen relativ kurz (13 Tage bei KUNATH, MATHESIUS & MÜLLER, 1988), die Stichproben für den Leistungssport nicht unbedingt repräsentativ (Sportstudenten bei NITSCH & UDRIS, 1976). Gegenstand der Betrachtung sind zum Teil Prae - Post - Vergleiche (bei LIESEN, 1983).

Es besteht ein Defizit an prozessorientierten Ergebnissen und Handlungsvorgaben, welche kumulative und verzögerte Effekte von Trainingsbelastungen und die Wirkung von vorangegangenen Beanspruchungen quantitativ mit einbeziehen, da letztlich der

Zustand des Gesamtorganismus auf der Basis des Trainingsgesamtes leistungsentcheidend ist.

.

## 6. Vorläufiges Fazit

Die bisherigen Ausführungen erlauben ein differenziertes, zweigeteiltes Zwischenfazit hinsichtlich der Wertung der in der Literatur vorzufindenden Aussagen zur Leistungssteuerung sowie zu den diskutierten modelltheoretischen Ansätzen als Basis für weitergehende Betrachtungen.

In der sportwissenschaftlichen Literatur gibt es vielfältige Vorstellungen zur Entwicklung der sportlichen Leistung. Eine wichtige Rolle spielen dabei Ansätze zur systematischen Organisation der Belastung, insbesondere über Auffassungen zum verzögerten Trainingseffekt oder zur zeitlichen Anordnung der Trainingsarten bzw. über Training schlechthin.

**Klare wissenschaftliche aber auch trainingspraktische Erkenntnisse über sportlerspezifische Leistungssteuerung, Trainingsprinzipien oder Trainingswirkungen fehlen jedoch fast gänzlich. (Zaghafte Ansätze finden sich bei WILHELM, 1995).** Es handelt sich nahezu ausschließlich um Untersuchungen, die auf kurzfristigen Trainingsexperimenten basieren, bzw. im Rahmen von Querschnittsanalysen den Einfluss eines bestimmten Wettkampfs- bzw. Trainingsverhaltens von Gruppen unterschiedlichen Leistungsniveaus auf einzelne Leistungsbedingungen oder die komplexe Leistung zum Gegenstand der Betrachtung machen. Somit ergibt sich für eine wissenschaftlich fundierte Trainingsberatung einzelner (Hoch-) Leistungssportler das grundlegende Problem, dass die wissenschaftsorientierten Ratschläge in vielen Fällen nicht auf deterministischen, sondern allenfalls auf statistischen Gesetzmäßigkeiten beruhen und im Extremfall überhaupt nicht auf den Hochleistungssport übertragbar sind, da die Ergebnisse auf der Basis vollkommen anderer Stichproben zustande kamen. Dieser Vorwurf der mangelnden Praxisrelevanz und -daraus folgend - der fehlenden Praxisakzeptanz, der auf nicht genügend verfügbaren trainingswissenschaftlichem Problemlösungs- und Gestaltungswissen beruht, findet sich sehr umfassend als Theorie-Praxis-Problem der Trainingswissenschaft dargestellt und formuliert bei BRACK (2002).

Bisweilen ist auch zu vermuten, dass die Trainingspraxis nicht konform geht mit der Theorie des Trainings.



So fand z.B. WILHELM (1995) heraus, dass Sportler dem klassischen Prinzip der Periodisierung von MATWEJEW (1972) (vgl. S. 31f.) nicht folgten. Es ergab sich als Randergebnis (Zufallsergebnis) im Rahmen unserer Arbeit, dass Trainer individuelle Standardprogramme unterschiedlichster Art entwickeln. Hierbei werden Phasen wie Aufwärmen und Belasten, Inhalte wie Bewegungsgrundmuster und taktische Stereotype in standardisierter Form trainerindividuell wiederholt angewendet und stabilisiert. Dieses Phänomen müsste jedoch getrennt von unserer hier dargestellten Thematik ausführlich aufgearbeitet werden.

Akribisch vorgefertigte Trainingspläne, von der Wissenschaft gefordert und bei Trainerausbildungen gelehrt, mit Trainingseinheiten, die bereits Wochen und Monate im voraus festgelegt wurden und sich ausschließlich auf Belastungsvorgaben beschränken und dabei situative Gegebenheiten zu wenig beachten, legen im Prinzip ein Prognosemodell des Trainings zugrunde.

Dieses planmäßige Vorgehen soll dem Ganzen eine wiederholbare Ordnung geben. Es basiert auf der Annahme, dass sportlicher Erfolg machbar sei und generiert eine Scheinsicherheit für Trainingsentscheidungen ohne die Grenzen in den Erkenntnissen der Trainingswissenschaft hinreichend klar herauszustellen .

Weiterhin wurde in den Vorstellungen zur Trainings- bzw. Leistungssteuerung bisher zu wenig berücksichtigt, dass **die subjektive Beanspruchung des Sportlers wesentliche Steuerungsinformationen für das Training bzw. die sportliche Leistung liefern kann**. Ein solcher trainingswissenschaftlicher Zugang existiert nur in Ansätzen.

Eine Analyse der sportlichen Leistung erfordert aber letztlich einen komplexen theoretischen Ansatz, der die Belastung zu anderen relevanten Größen in Beziehung setzt und die prozessual und interindividuell unterschiedlichen Strukturen des (Trainings-)Verhaltens berücksichtigt (WILHELM 1995).

Als Basis für die Gewinnung neuer Erkenntnisse und Einsichten in die komplexen Zusammenhänge des sportlichen Handlungsfeldes sowie zur Lösung der konkreten Probleme der Person-Umwelt-Beziehung, der sportlichen Anforderung, des sportlichen Handelns und Kommunizierens dienen - auch im Bereich des Trainings bzw. der sportlichen Leistung - wissenschaftliche Modelle ( HAGEDORN, 1990).

Zwar verwenden Wissenschaftler übergreifende Grundmodelle, wie die Kybernetik, Informatik oder Kommunikationstheorie, oder spezielle Modelle zur sportlichen Leistung, die jedes für sich den Untersuchungsgegenstand möglichst vollständig darstel-

len sollen. Tatsächlich sind sie jedoch boxology oder einseitig, indem sie z.B. nur die (Teil-)Struktur des betrachteten Gegenstandes betonen. Der Athlet ist aber bei allem, was er tut, ein handelndes Gesamtsystem, dessen Teilsysteme niemals ganz ausgeschaltet, sondern lediglich zugunsten besonders beanspruchter Teilsysteme reduziert werden können. Dies geschieht in der Praxis, indem man unter vereinfachten Versuchsbedingungen wesentliche Einflussgrößen des Gesamtsystems kontrolliert und konstant hält.

Dieser klassische reduktionistische Ansatz kann sehr wohl wichtige Erkenntnisse - wenn auch nicht umfassend - über wesentliche Elemente der sportlichen Leistung liefern (HOHMANN, LAMES & LETZELTER, 2002).

Genauere Kenntnisse über diese Bausteine des Trainings- bzw. Leistungsprozesses können zu Handlungsweisen führen, die das Gesamtsystem Athlet entscheidend beeinflussen.

Zudem muss auch jeder Trainer bisweilen einseitig sein, wenn er bei einem Athleten eine besondere Schwäche gezielt beseitigen möchte. Dann wird er z.B. betont konditionelle Leistungsbereiche trainieren. Das vertiefte Wissen darüber optimiert seine Arbeit und dennoch wird er niemals den Athleten auf den Faktor Kondition reduzieren (HAGEDORN, 1990).

Mit dieser Methode des Reduktionismus nach DESCARTES lassen sich sportliche Leistungs- bzw. Trainingsprozesse jedoch aus folgenden Gründen nicht eindeutig beschreiben:

1. Sie weisen aufgrund von Vernetzung der Teilprozesse einen hohen Grad an Komplexität auf.
2. Sie stehen in ständiger Wechselwirkung mit der Umwelt, d.h. dabei wird ständig Materie (Substrat), Energie und Information aufgenommen und abgegeben.
3. Sie zeichnen sich explizit durch rückgekoppelte Entscheidungs- und Wirkungsmechanismen aus (HOHMANN, 2001).

Das legt die Vermutung nahe, dass zum einen die bisher in der Trainingswissenschaft zur Anwendung gekommenen Modelle die biologischen Mechanismen und menschlichen Verhaltensweisen nicht hinreichend abbilden, zum anderen hatten Betrachtungsweisen, wie die Handlungsmodelle, die dieser menschlichen Wirklichkeit Rechnung tragen, ungelöste methodische Probleme nach sich gezogen, die sich -

wie auf Seite 9 dargestellt - zum Teil in widersprüchlichen Ergebnissen (bei multi-methodaler Vorgehensweise) bzw. in Fehlinterpretationen oder Übergeneralisierungen (bei unimethodaler Vorgehensweise) widerspiegeln.

Ein Paradigmenwechsel in der Forschungspraxis, wie er sich in neuerer Zeit in vielen Natur- und Sozialwissenschaften vollzieht, dürfte deshalb grundsätzlich auch für den Bereich des Trainings interessant sein.

Man geht davon aus, es mit komplexen dynamischen Systemen zu tun zu haben, deren Erklärung eine Hinwendung von linearen zu nichtlinearen mathematischen Modellen erfordert.

Die Änderung, die sich durch den Perspektivenwechsel von einem trivialen zu einem nicht-trivialen Modell ergibt, besteht darin, dass ein X nicht nur ein Y bewirkt, sondern gleichzeitig eine Veränderung des Zustandes Z der Maschine selbst. Dies hat zur Konsequenz, dass es bereits bei der Betrachtung elementarer Anpassungsvorgänge beim System Mensch praktisch unmöglich ist, „aus bestimmten Trainingsinput-Größen die Leistungsoutput-Größen, d.h. Anpassungswirkungen vorhersagen zu können“ (HOHMANN , 2001, 10).

## B. Komplexe dynamische Systeme im Sport

### 1. Eigenschaften komplexer dynamischer Systeme

Allgemein ist ein System „aufzufassen als ein strukturiertes Ganzes“ (AN DER HEIDEN, zitiert in SCHIEPEK & STRUNK, 1994, 9).

„Ein komplexes System kann allgemein als eine Menge von Elementen oder Komponenten bezeichnet werden, die wechselseitig in Beziehung zueinander stehen. Ein System hat eine Grenze (,die aus Komponenten bestehen kann,) und eine Umwelt und wird von einem (systemexternen) Beobachter aufgrund von Kriterien definiert. Die Komponenten eines komplexen Systems stellen die Mikroebene des Systems dar“ (www.comJacobsson, 5).

Ein dynamisches System ist ein „Sachverhalt, für den 1.) eine Regel (Rechenvorschrift, Gleichung) angegeben werden kann, die besagt, wie sich dieser Sachverhalt in der Zeit ändert; 2.) eine Angabe über den Zustand des Sachverhalts zu einem Zeitpunkt  $t_0$  vorliegt. Ein kontinuierliches dynamisches System kann mit einem Satz von  $m$  Differentialgleichungen erster Ordnung unter Angabe von Anfangswerten beschrieben werden. Ein diskretes dynamisches System ist durch eine Iterationsvorschrift gegeben. Beliebige weitere Formen von dynamischen Systemen sind möglich (z.B. Angabe eines Vektorfeldes im Phasenraum; Definition eines zellulären Automaten in einem Computer)“ (TSCHACHER, 1997, 258f.).

In Anlehnung an TSCHACHER (1997) und SCHIEPEK&STRUNK (1994) hat JACOBSSON (www.comJacobsson) ein komplexes dynamisches System durch folgende fünf Merkmale definiert:

„1. Autonomie: Die Dynamik und die Struktur des Systems basiert auf seinen internen, spezifischen Prozessen und ist zumindest nicht direkt durch externe, unspezifische Umgebungsbedingungen bestimmt. Die Unabhängigkeit erreicht ein komplexes System durch den hohen Grad an Vernetztheit und Rekursivität seiner Komponenten und internen Prozesse.

2. Selbstordnungstendenz und Selbstorganisation: In Reaktion auf die veränderten Umweltbedingungen reduziert das System seine Komplexität.

3. Gleichgewichtsverhalten: Hat sich eine selbstorganisierte Dynamik etabliert, ist diese robust gegenüber Störungen. Die Dynamik ist somit ein stabiler Endzustand des Systems.

4. Entwicklungsphasen, Phasenübergänge: Im Zusammenhang mit der Änderung einer oder mehrerer Umweltbedingungen, kann ein komplexes System von einem stabilen Zustand mehr oder weniger abrupt in einen -qualitativ- anderen stabilen Zustand überwechseln.

5. Optimierungstendenz: Dieses letzte Phänomen hat für die Anwendung der Synergetik (vgl. S. 61f.) auf psychologische Systeme - wie auch für evolutionäre Prozesse - besondere Bedeutung. Die selbstorganisierte Dynamik übt eine positive Wirkung auf die Systemfähigkeiten aus hinsichtlich der Umweltadäquatheit einer Ordnung im Sinne von Anpassung.“

## 1.1. Historische Gedanken

### 1.1.1 Erste Ansätze

Die in den letzten Jahren sensationell steigende Beschäftigung mit sich selbst organisierenden komplexen dynamischen Systemen hat eine Vielzahl von Forschungsarbeiten in vielen Fachgebieten angeregt.

Auch hat ihre Integration zunehmend empirische Gestalt angenommen, wodurch ihr wissenschaftlicher Stellenwert enorm ausgebaut werden konnte.

Diese Entwicklung, die im Bereich der Sportwissenschaft erst am Anfang steht, rechtfertigt es unserer Ansicht nach, die bedeutendsten Ansätze darzustellen, **nicht zuletzt, um sich elementaren Grundbegriffen zeitgemäßer Vorstellungen zu diesem Forschungsgebiet anzunähern.**

**Dabei wird es möglich, neben den Ursprüngen dieser Denkweise, einen gemeinsamen Theoriekern zu erkennen, aber auch wesentliche Unterschiede aufzuzeigen.**

Die Beschäftigung mit sich selbstorganisierenden Systemen gibt es vor allem in der Philosophie seit Jahrhunderten.

Durch das Fehlen geeigneter experimenteller Ansätze und mathematischer Modelle zur Beschreibung von Phänomenen der Selbstorganisation blieb man jedoch in Abhandlungen gedanklich-spekulativer Art stecken (PAßLACK, 1991).

Eine umfassende geschichtliche Aufarbeitung dieser Thematik unter Berücksichtigung philosophischer Aspekte findet sich bei WITTE (2002).

Mit Beginn der Aufklärung wurden dann Phänomene von Selbstorganisationsprozessen<sup>2</sup> zwar nicht ignoriert, aber dennoch trivialisiert und mystifiziert (BÜHL, 1990).

Zugleich wendete man sich einer positivistischen, exakten Naturwissenschaft zu, aus der ein mechanistisches Weltbild hervorging, in dem das jeweilig beobachtete System streng linearen, deterministischen Gesetzmäßigkeiten unterworfen ist.

Klassische Selbstorganisationstheorien, wie die Vorstellungen DARWINS zur Evolution, die Thermodynamik u.a. entstanden in dieser Zeit. Selbstorganisation war im Wesentlichen adaptive Systemforschung, bei der es darum ging, den Homöostasezustand durch Kontrollmechanismen zu steuern.

Mitte des 19. Jahrhunderts wurde ausgehend von den Naturwissenschaften und begleitet von neueren evolutionsbiologischen Denkansätzen ein Paradigmenwechsel eingeleitet, welcher das von Linearität und mechanistischem Determinismus bestimmte Weltbild überwandte.

Durch die Relativitätstheorie EINSTEINS, in der Raum und Zeit nicht mehr als unabhängig von der Materie betrachtet werden können, durch die Thermodynamik und die Quantentheorie zeigte sich, dass eine vollständige deterministische Beschreibung realer Phänomene im Newtonschen Sinne nicht länger haltbar war. Fortschritte auf der atomaren Betrachtungsebene waren nur auf der Basis einer stochastisch geprägten Quantenmechanik möglich.

Die klassischen Evolutionstheorien von LAMARCK, der sich hauptsächlich mit dem zeitlichen Ablauf der Evolution (vertikale Komponente) beschäftigte und DARWIN, der in seiner Selektionstheorie vor allem die Vielzahl der Arten betrachtet (horizon-

---

<sup>2</sup> Darunter versteht man eine wichtige Teildisziplin der komplexen, dynamischen Betrachtungsweise (vgl. S.61ff.)

In dieser Zeit setzte sich die Sichtweise durch, dass es nicht nur wissenschaftlich erklärbare, spontan entstehende neue Strukturen in der Natur gibt, die dennoch offenbar einem allgemeinen Naturgesetz folgen.

Randphänomene der Naturwissenschaften, gewissermaßen „Anomalien“ wurden zu wichtigen Bestandteilen des Gesamtsystems. Der Einfluss dieses Denkansatzes auf die Fachterminologie ist unverkennbar (z.B. Fraktal, Autopoiese, Bifurkation).

tale Komponente) entsprachen weitgehend noch dem allgemein gültigen mechanistischen Weltbild. Erst neuere Evolutionstheorien wie die Systemtheorie der Evolution, die molekulare Evolutionstheorie von EIGEN (1987), die Evolutionstheorie von EBELING (1990) und die Bifurkationstheorie von NIEDERSEN & POHLMANN (1990) überwinden die rein mechanistische Vorstellung von Evolutionsmechanismen durch die Einbeziehung von Selbstorganisationsprozessen.

So sieht RIEDL (1990) in der Systemtheorie der Evolution in der Natur beobachtbare Ordnung nicht nur als zufälliges Produkt von Mutation und Selektion, sondern betrachtet Selektion als Wechselspiel von externen und internen Faktoren.

Die einzelnen Elemente eines lebenden Systems sind verschachtelte Unter- und Übersysteme (Zellen, Gewebe, Organe). Auf das Lebewesen wirkt eine Selektion von innen und außen ein. Die Selbstregulierungsleistungen jedes Lebewesens stellen interne Entwicklungsbedingungen dar, die mit externen Bedingungen eng verknüpft und untrennbar verbunden sind. Das Ergebnis der Evolution ist dabei das Resultat rückgekoppelter Systeme, die eine Kanalisierung der weiteren Entwicklung des Organismus in Form von Selbstorganisationsprozessen auf der Basis rekursiver wechselseitig vernetzter Prozesse bewirken. Die Lebewesen sind dabei keine adaptiven, sondern aktive in die Evolution eingreifende Systeme.

EIGEN (1987) betrachtet Evolution nicht als planlos und damit als zufälliges Herumirren, sondern erkannte, dass der Ursprung des Lebens oder die Entstehung biologischer Information ein molekular-darwinistischer Selbstorganisations- und Evolutionsprozess der Materie ist, in dem die biologische Information sukzessiv entstand.

EBELING (1990) schließlich führt aus, dass es in der Evolution zur Schaffung von Neuem immer eines Wechsels von Stabilität und Instabilität bedarf. Es handelt sich um einen stabilen Gleichgewichtszustand, wenn das System trotz äußerer Einflüsse in dem alten Zustand verbleibt. Ansonsten geht es in den Instabilitätsbereich über. Da jedes System immer wieder Phasen der Stabilität und Instabilität durchläuft, versteht er Evolution als Kette von Zyklen der Selbstorganisation.

POHLMANN & NIEDERSEN (1990) sehen in der dynamischen Bifurkationstheorie die Evolution als eine Folge von Selbstorganisationsprozessen. Dem stabilisierenden Effekt der natürlichen Auslese, der zu einer statistischen stabilen (glockenförmigen) Häufigkeitsverteilung in einer Art führt, steht ein instabilisierender gegenüber. Während Veränderungen in der Umwelt - oder auch innerhalb des Systems - durch natür-

liche Auslese ausgeglichen werden können, wird irgendwann ein Punkt erreicht, ab dem die Stabilität des Zustandes in eine Instabilität umschlagen wird. Instabilität ist dabei die notwendige Voraussetzung für den Ablauf von Selbstorganisationsprozessen.

Innerhalb dieser Phase der Instabilität kommt es von einer Aufspaltung in mehrere mögliche neue stabile Zustände (Bifurkation) bis hin zu einem chaotischen Oszillieren zwischen unterschiedlichen, sehr nahe liegenden Zuständen.

Das zufällige Element in der Evolution wird dabei besonders betont, so dass eine Theorie der Evolution nur eine stochastische Theorie sein kann, da alle Aussagen nur Wahrscheinlichkeitscharakter haben. Aufgrund der großen Empfindlichkeit der Anfangsbedingungen reagiert das System schon auf kleinste Fluktuationen, die ausschlaggebend für die neue stabile Gestalt des Systems sind.

Aus obigen Ausführungen ist nachvollziehbar, dass sich gerade in der Forschung der Evolutionstheorien seit Jahrhunderten ein Wissen über Prozesse angesammelt hat, das die enge thematische Verflechtung von Evolutionstheorien als Vorläufer der modernen Selbstorganisationstheorien erklärt.

Die wichtigsten von Ihnen sollen im Folgenden kurz dargestellt werden.

## **1.1.2 Moderne Selbstorganisationstheorien**

### **1.1.2.1 Thermodynamik und Entropie**

Im Gegensatz zur klassischen Mechanik beschäftigt sich die Thermodynamik als Disziplin der Physik mit dem Verhalten von Systemen mit großer Teilchenzahl über makroskopische Darstellungen.

Entropie kann als Maß für den Teil der Gesamtenergie angesehen werden, der nicht frei verfügbar ist bzw. nicht in Arbeit umsetzbar ist (1./2. Hauptsatz).

Für ein isoliertes System gilt, dass das System dem Zustand des Entropiemaximums, also dem thermodynamischen Gleichgewicht zustrebt.

In der Natur stellen sich die Strukturen komplexer dar. Eine Verbindung der klassischen Thermodynamik mit den in der Natur zu beobachtenden Prozessen von offenen Systemen gelang erstmals PRIGOGINE (1980) mit einer Ungleichgewichtsthermodynamik (Nichtgleichgewichtsthermodynamik).

Er führte den Begriff der dissipativen Strukturen ein. Er geht davon aus, dass sich Systeme in stationären Gleichgewichten fern vom thermodynamischen Gleichgewicht



bilden. Dazu bedarf es eines ständigen Energie- und Materiedurchsatzes mit der Umwelt, indem hochwertige Energie importiert und niederwertige Energie vom System exportiert wird. Dabei entstehen neue Strukturen nach dem Prinzip von Ordnungen durch Schwankungen.

Eine einmal erreichte Struktur wird durch Schwankungen ständig hinsichtlich ihrer Stabilität in einer sich verändernden Umwelt getestet, wobei sich in Instabilitätsphasen eine Schwankung durch kooperatives Zusammenwirken der Systemteilnehmer stark ausbreiten und dadurch dem System eine neue Struktur geben kann. Die Prozesse in der Natur organisieren sich selbst.

Der Ansatz geht u.a. von einer Nichtlinearität der im System ablaufenden Prozesse aus und betont die Bedeutung sich verstärkender Schwankungen und einsetzender Instabilität als notwendige Bedingung für die Entstehung einer neuen Ordnung.

### **1.1.2.2 Autopoiese**

Die Theorie der Autopoiese (griech. Autos = selbst; poein = machen) wurde 1972 von MATURANA (1987) eingeführt. Sie ist eine Theorie der lebendigen Organisation veranschaulicht von VARELA & MATURANA (1987) am Sinnbild der Zelle.

Die Grundidee der Autopoiese besteht darin, dass lebende Systeme als selbsterzeugende, selbstorganisierende, selbstreferentielle und selbsterhaltende also autopoietische Systeme betrachtet werden. Die kritische Variable ihrer autopoietischen Homöostase ist die Organisation des Systems selbst. Lebewesen werden nicht als mechanistische Systeme angesehen, sondern als Einheiten verstanden, die im Rahmen ihrer Organisation sich gleichsam von innen heraus produzieren und reproduzieren. Das lebende System erzeugt sich selbst.

Eine Autopoiese im Sinne einer Selbsterhaltung liegt insofern vor, als die zirkuläre Verknüpfung der Komponenten eines Systems ermöglicht, seine Systemkomponenten durch rekursive Prozesse selbst physisch zu produzieren. Operationen des Systems wirken im Sinne einer operationalen Geschlossenheit immer wieder auf dieses zurück. Das System wird nicht von außen bestimmt, sondern determiniert sich selbst. Als wesentlicher Unterschied zu den herkömmlichen klassischen Evolutionstheorien kann konstatiert werden: Der jeweilige Zustand ist nicht das Ergebnis der Anpassung an die Umweltzustände. Zur Aufrechterhaltung des Metabolismus bedarf der Organismus einer Umwelt. Daneben muss das System jedoch in der Lage sein, Umwelt-

veränderungen mit einer spezifischen Zustands- bzw. Strukturveränderung begegnen zu können. Das System operiert dabei als kognitives System, das die Umwelt nach spezifischen Gesichtspunkten absucht.

Daneben existieren weitere Selbstorganisationstheorien, auf die in dieser Arbeit nicht näher eingegangen werden soll, wie die sog. Shannonsche Informationstheorie, ökologische Theorien, die Theorie der Hyperzyklen und die Katastrophentheorie (z.B. HAKEN, KELSO & BUNZ, 1995).

### **1.1.2.3 Chaostheorie und Theorie der Fraktale**

Nicht zuletzt durch eine Vielzahl populärwissenschaftlicher Veröffentlichungen ist die Chaostheorie die gemeinhin wohl bekannteste Selbstorganisationstheorie.

Der Begriff „Chaos“ ist umgangssprachlich negativ besetzt und wird in der Regel mit „Wirrwarr“ oder „Unordnung“ gleichgesetzt (BENEKE, DAPPER, DIETRICH & SCHWIPPERT, 1994, 58).

Der wissenschaftliche Begriff des Chaos wird häufig synonym für Selbstorganisation und Theorie komplexer Systeme verwendet (KÜPPERS, 1993) und kann einmal „auf reine Zufälligkeiten hinweisen, wie dies etwa für die Bewegung von Molekülen gilt (molekulares, thermisches oder Quantenchaos). Zum anderen (...) bezeichnet er ein unvorhersehbares, scheinbar zufälliges und dennoch nach gewissen Gesetzmäßigkeiten ablaufendes Verhalten“ (MITTELSTAEDT, 1993, 137), welches sich in einem sogenannten „deterministischen Chaos“ wiederfindet (CRAMER 1993).

Der Begriff des „deterministischen Chaos“ erscheint auf den ersten Blick widersprüchlich. Deterministisches Chaos bedeutet, dass sich die Parameter des Systems zwar nicht genau berechnen lassen, aber man dennoch eine Ordnungsstruktur erkennen kann, auch wenn es nicht möglich ist, exakte Vorhersagen über das Gesamtsystem zu machen (SCHUSTER, 1991). In dem System herrschen zwar deterministische Gesetze, trotzdem kann einer Ursache keine genaue Wirkung zugeordnet werden, da das System ein inhärentes Zufallsverhalten aufweist (MITTELSTAEDT, 1993; HEINRICHS; 1993, MAHNKE, SCHMELZER & RÖPKE, 1992; LOISTL, 1993).

Die Chaostheorie beschäftigt sich mit den Bedingungen, unter denen deterministisches Chaos auftreten kann, deren genauer Beschaffenheit und der Wirkungsweise

chaotischer Bewegungen sowie mit den Werten ihrer Grenzen (PINKWART, 1992, SCHULZ, 1992). Charakteristische Merkmale dieses Chaosbegriffes sind:

- Nichtlinearität
- Anfangssensitivität (Schmetterlingseffekt)
- Attraktoren
- Selbstähnlichkeit (Fraktale)
- Ordnung/Chaos.

#### Nichtlinearität

In einem nichtlinearen System ist das Ganze mehr als die Summe seiner Teile, und es kann nicht auf einfache, zusammenwirkende Untereinheiten oder Elemente reduziert oder in diese aufgelöst werden. Das System kann nicht als die Summe der Eigenschaften seiner Elemente begriffen werden, sondern es kommen oft unerwartet Eigenschaften zustande, die kompliziert sind und sich einer mathematischen Behandlung entziehen (DAVIES, 1993).

#### Anfangssensitivität (Schmetterlingseffekt)

Die herkömmlichen Erkenntnisse der klassischen Mechanik gingen vom starken Kausalitätsprinzip aus, nachdem „ähnliche Ursachen ähnliche Wirkungen haben“ (DECKER & THOMAS, 1983, 64). Das starke Kausalitätsprinzip gilt aber selbst in der klassischen Mechanik keineswegs uneingeschränkt, wie die Betrachtung von Rückkopplungsprozessen zeigt: Eine systematische Veränderung der Startbedingungen kann zu einer völlig unsystematischen, chaotischen Folge führen (DECKER & THOMAS, 1983). Die Chaostheorie macht deutlich, dass aufgrund einfacher Rückkopplungen nicht das starke, sondern das schwache Kausalitätsprinzip gilt, wonach „ähnliche Ursachen völlig verschiedene Wirkungen haben können (MAINZER, 1994, 269; WORG, 1993).

Es ist typisch für chaotische Vorgänge, dass durch minimale Unterschiede in den Anfangsbedingungen diese einem Selbstverstärkungsprozess unterliegen (BENEKE, DAPPER, DIETRICH & SCHWIPPERT, 1994; PINKWART, 1992). Die weitere Entwicklung ist sehr sensibel abhängig von den Anfangsbedingungen. Das Verhalten eines solchen Systems ist zwar für kurze Zeit befriedigend genau vorhersehbar, über längere Zeitspannen jedoch nicht. Obwohl die inneren Prozesse eines Systems durchaus deterministisch verlaufen können, wird aufgrund der Anfangssensitivität die

kleinste Ungewissheit bei der Bestimmung der Eigenschaften des Systems so groß, dass sie alle Vorhersagen hinfällig macht (PEAT, 1990).

Der Grund liegt darin, dass sämtliche externe Faktoren (Umwelt), in die das System integriert ist, für das Verhalten des Systems von durchaus großer Bedeutung sein können, aber nicht alle entscheidenden Systemparameter mit genügender Genauigkeit bestimmt werden können. So kann schon das Schlagen eines Schmetterlingsflügels das Wetter von morgen verändern (LORENZ, 1992).

### Attraktoren

Als Attraktor bezeichnet man „n-dimensionale Gebilde mit endlichen Volumen im sog. Phasenraum, die das Verhalten eines Systems im Sinne seiner zeitlichen Entwicklung beschreiben“ (SCHNABL, 1991, 134). Dabei sorgen die Attraktoren dafür, dass sich das System stabilisieren kann und versetzen es in die Lage, sich Änderungen erfolgreich zu widersetzen (PEAT, 1994; LOISTL & BETZ, 1993; KRIZ, 1992; HOLZKÄMPFER, 1996). Das System wird immer wieder von sich aus zu einem bestimmten stabilen Zustand zurückfinden, der auch als Attraktor bezeichnet wird.

Z.B. zeigt bei einem in Schwingung versetzten konischen Pendel das Gewicht, das an der Feder hängt, eine große Vielfalt an Verhaltensweisen (DAVIES, 1993). Aufgrund der reibungsbedingten Dissipation wird die Bewegung des Gewichts immer mehr gedämpft und sich in Richtung des Ruhepunktes bewegen. Im Falle des konischen Pendels münden also alle Bewegungen in einen einzigen Punkt in der Gleichgewichtslage des Systems. Dieser Punkt scheint die Zustandsbahnen aus allen Teilen des Zustandsraumes anzuziehen und wird daher Fixpunkt-Attraktor genannt. Darüberhinaus unterscheidet man noch mehrere Attraktortypen (o. V., [www.ndss.de](http://www.ndss.de)).

### Selbstähnlichkeit (Fraktale)

Zur Beschreibung der komplexen Realität werden Fraktale, d.h. gebrochene, nicht ganzzahlige Dimensionen, benötigt (CRAMER, 1993). Ein Fraktal wird dabei als eine Form oder ein Objekt verstanden, das Ähnlichkeit als ein wesentliches Element der Struktur aufweist (MAHNKE, 1992; PEITGEN & JÜRGENS, 1989; CRAMER, 1993; KRIZ, 1992; PEITGEN, JÜRGENS & SAUGE, 1994; PASLACK, 1991). Unter einer fraktalen Dimension wird daher Selbstähnlichkeit verstanden. Das bedeutet: analysiert man die Strukturen bei unterschiedlichen Größenmaßstäben, so stößt man immer wieder auf dieselben Grundelemente (JÜRGENS & PEITGEN, 1989; JÜRGENS,

PEITGEN & SAUPE ,1994). So ähnelt z.B. ein Ast dem ganzen Baum, ein Zweig dem Ast und die Veränderung im Blatt wiederum dem Zweig (CRAMER 1993).

In den meisten natürlichen Systemen finden sich nun derartige fraktale Strukturen. Fraktale lassen sich aber auch künstlich mit Hilfe von Iterationen herstellen, bei denen das Ergebnis einer bestimmten Operation Ausgangspunkt für die folgende, weitgehend gleiche Operation ist (Mandelbrot-Männchen). Das Prinzip der Selbstähnlichkeit spielt in der Chaosforschung eine zentrale Rolle, da es als Strukturgesetz vor dem Übergang ins Chaos und im Chaos gilt (BEISEL,1996). Entscheidend ist, dass nichtlineare Systeme im Allgemeinen nicht rein zufällig ins Chaos abrutschen, sondern der Weg ins Chaos bestimmten Gesetzmäßigkeiten folgt. Dies veranschaulicht das sogenannte Feigenbaum-Szenario (= Bifurkationsdiagramm).

### Ordnung/Chaos

Chaos und Ordnung sind eng miteinander verbunden. Man unterscheidet :

Von der Ordnung ins Chaos: Über Iterationen können sich kleine Ursachen plötzlich zu einem chaotischen Systemverhalten aufschaukeln. Der Weg dorthin folgt dennoch bestimmten Gesetzmäßigkeiten (Feigenbaum-Szenario).

Vom Chaos in die Ordnung: Innerhalb des Chaosbereiches lassen sich verschiedene Strukturen erkennen. Diese stabilen Zonen sind Bereiche der Ordnung in den sie umgebenden chaotischen Strukturen. In diesen Intermittenzbereichen wird die alte Ordnung kurz wieder sichtbar und die gleichen Iterationsschleifen, die eben das Chaos verursachten, führen nun die Ordnung herbei (und umgekehrt).

## **1.2 Die Synergetik – eine Disziplin der Selbstorganisationsforschung**

### **1.2.1 Ursprünge**

Die Theorie der Selbstorganisation - auch Synergetik (griechisch: synergein = Zusammenwirken) genannt - als Lehre vom Zusammenwirken, gilt als die derzeit umfassendste systemtheoretische Konzeption (KRIZ, 1997) und hat seit den 80er Jahren eine wesentliche Bedeutung für die Erforschung komplexer, nichtlinearer Strukturbildungsprozesse erhalten (SCHIEPEK & STRUNK, 1994). Sie geht zurück auf den Physiker Hermann HAKEN (1981, 1984) und ist eine noch junge interdisziplinär arbeitende Forschungsrichtung. Den Anstoß zur Begründung der Synergetik gab vor über zwei Jahrzehnten die Entwicklung der Lasertheorie. Die Sy-

nergetik befasst sich vor allem mit der Frage der Entstehung und dem Wandel von Ordnungsmustern in Systemen. Darüber hinaus wird der Synergetik als interdisziplinäres Forschungsfeld eine sehr große Integrationskraft zugesprochen (SCHIEPEK & STRUNK, 1994). Die Anwendungen der Synergetik konzentrierten sich bislang vor allem auf die Bereiche der Physik, der Chemie und der Biologie. Seit einiger Zeit wird die Synergetik zunehmend auch auf die Analyse belebter und kognitiver Systeme, also die human- und sozialwissenschaftlichen Disziplinen angewendet.

### **1.2.2 Ziele und grundlegende Konzepte der Synergetik**

Die Synergetik untersucht die Emergenz neuer (Ordnungs-)Zustände in komplexen Systemen. Emergenzen sind Systemeigenschaften, die aus dem Zusammenspiel der Komponenten hervorgehen, aber den einzelnen Komponenten nicht zugeschrieben werden können. Die zentrale Frage der Synergetik lautet, ob es grundsätzliche Prinzipien gibt, die das Systemverhalten hierbei determinieren (HAKEN, 1999).

Den Ausgangspunkt der Synergetik bildet die Beobachtung, dass das Verhalten vieler Systeme weitgehend durch ihre Umgebungsbedingungen determiniert ist. Mathematisch gesprochen handelt es sich bei den Umgebungsbedingungen um Kontrollparameter. Die Kontrollparameter wirken von außen auf das System ein.

Die Synergetik geht davon aus, dass bei einem gegebenen Kontrollparameterwert der Ausgangszustand des Systems bekannt ist. Werden ein oder mehrere Kontrollparameter verändert, kann das System aus dem Gleichgewicht geraten und instabil werden. Es neigt dazu, seinen Zustand zu ändern und ein neues Verhalten (Struktur, Muster) herauszubilden. Ein solcher Systemzustand wird in der Synergetik als Phasenübergang oder mathematisch als Bifurkation bezeichnet. Ein neuer, gegenüber Störungen (Fluktuationen) stabiler Endzustand, den das System selbstorganisiert erreicht, heisst Attraktor (vgl. S.60). Die Summe aller Verhaltensmöglichkeiten eines dynamischen Systems ist der Phasenraum.

Das System kann durch die Zustände seiner einzelnen Komponenten, Elemente oder Subsysteme beschrieben werden. Das Verhalten eines Systems, das sich nahe der Instabilität befindet, ist durch nur wenige Parameter, die Ordnungsparameter, beschreibbar. Diese emergieren aus dem Zusammenwirken der einzelnen

Systemkomponenten und versklaven sie, das heißt bestimmen ihr Verhalten. Der große Vorteil besteht in einer enormen Informationsreduktion des komplexen Systems, da es nun genügt, anstelle aller Komponenten wenige Ordnungsparameter zu beschreiben. Auf der anderen Seite reagieren die Komponenten auf die Ordnungsparameter und verändern sie (vgl. Endosystem, S.67). Die Beziehung zwischen Komponenten und Ordnungsparametern lässt sich daher als wechselseitig bezeichnen.

Aus den Ordnungsparametern lässt sich das Verhalten der Systemkomponenten ableiten ( JACOBSHAGEN 2000; KRIZ, 1997; HAKEN, 1999).

In der Literatur häufig beschriebene Beispiele für selbstorganisierende Systeme stammen aus dem Bereich der Physik bzw. Biologie, nämlich die Laser-Theorie und die Benard-Instabilität oder Benard-Konvektion (SCHIEPEK & STRUNK, 1994; TSCHACHER, 1997; KRIZ, 1997; GRAWE, 1998), sowie der Selbstorganisationsprozess des Schleimpilzes. Am Beispiel der Benard-Instabilität soll die oben dargestellte Grundkonzeption der Selbstorganisation exemplarisch und unter Verwendung der synergetischen Terminologie veranschaulicht werden. Bei dieser knappen Darlegung wird auf mathematische Ableitungen bewusst verzichtet (vgl. hierzu genauer HAKEN, 1981).

Die Bestandteile des Benard-Systems bestehen in Flüssigkeitsmolekülen. Die Geschwindigkeiten und Richtungen ihrer Bewegung sind in der Regel völlig unterschiedlich und unkorreliert. Die Anzahl der Freiheitsgrade, also die Komplexität des Gesamtsystems 'Flüssigkeit', ist extrem hoch; in der Synergetik wird von mikroskopischem oder grauem Chaos gesprochen. Dabei befindet sich das System im Gleichgewicht: Keine Bewegungsrichtung der Moleküle dominiert, und kurzfristige Abweichungen (Fluktuationen) werden unmittelbar wieder ausgeglichen. Wird nun die Flüssigkeit von unten allmählich erhitzt und dadurch eine Temperaturdifferenz erzeugt, das heißt, dass die Kontrollparameter in der Systemumgebung verändert werden, verändert sich die Bewegungsrichtung der Moleküle.

Ab einer bestimmten Temperaturdifferenz, die als kritische Grenze des Kontrollparameters bezeichnet werden kann, wird nämlich eine deutliche qualitative Änderung im Systemverhalten sichtbar: In der Flüssigkeitsschicht treten spontan symmetrische, gegen Störungen (Fluktuationen) robuste Konvektionsrollen auf (siehe Abb. 18).

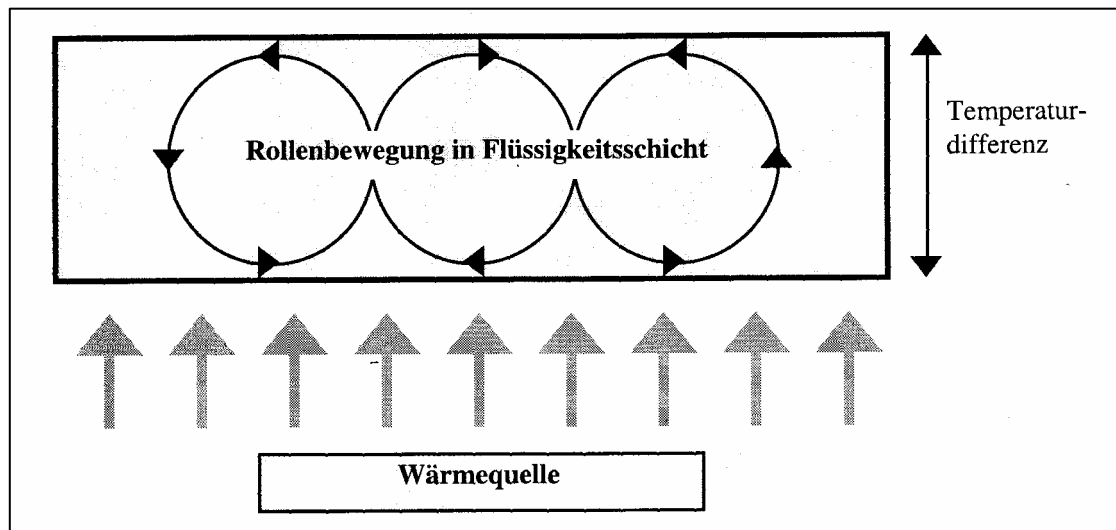


Abb. 18: Schematische Darstellung eines Bénard-Systems ( nach TSCHACHER, 1997)

Die Bewegungsrichtungen der Moleküle fungieren bei diesem Vorgang als Ordnungsparameter: Die Flüssigkeit wird durch die gemeinsame Bewegung der Moleküle hochgradig geordnet (versklavt); in anderen Worten: Die Freiheitsgrade des Systems werden massiv verringert (Komplexitätsreduktion), und das System befindet sich wieder in einem dynamischen Gleichgewicht (Attraktor).

Steigert man die Temperaturdifferenz weiterhin, verändert sich das Systemverhalten erneut. Die Konvektionsrollen beginnen zu oszillieren, bis sie ihre Drehrichtung in nicht vorhersagbarer, aber keineswegs zufälliger Weise zu ändern beginnen. Dieses Verhalten wird als determiniertes Chaos bezeichnet. Obwohl kaum vorhersehbar, stellt es zugleich ein niedrigdimensionales Phänomen dar, mit einer verhältnismässig geringen Anzahl an Freiheitsgraden. Zudem besitzt dieses neue Verhalten homöostatische Attraktormerkmale. Es ist geordnet und selbstorganisiert.

### 1.2.3 Prozessgestalten

Einen Sonderfall synergetischer Betrachtungsweise stellt TSCHACHERS (1997) Ansatz von den Prozessgestalten dar.

Der Begriff der Prozessgestalten wurde von ihm eingeführt, damit die Begrifflichkeit der Gestaltpsychologie mit den modernen dynamischen Konzepten verknüpft werden kann und soll ausdrücken, dass Gestalten immer das Resultat einer Dynamik darstel-



len (TSCHACHER, 1997). Kerngedanke der Prozessgestalten ist, dass die Zeitlichkeit psychologischer Sachverhalte wesentliche Informationen über diese Sachverhalte enthält. Ferner soll sich der Begriff der Prozessgestalt vom ursprünglichen Gestaltbegriff abheben. Während der Gestaltpsychologe METZGER (zitiert nach TSCHACHER, 1997) Gestalten als - in der physikalischen Welt vorfindliche - Eigenschaften der Wirklichkeit und nicht als kognitives Erzeugnis definierte, betont der Begriff der Prozessgestalt, dass Gestalten durchaus intrinsische und spontane Ganzheitsqualitäten sind, die allerdings auf einer von systemexternen Kontrollparametern initiierten Nichtgleichgewichtsdynamik beruhen (TSCHACHER, 1997).



Abb. 19: Oszillation der Wahrnehmung am Bsp. einer Kipp- bzw- Umschlag figur mit zweideutigem Ordnungsparameter (aus JACOBSHAGEN, 2000)

Chaos  
 Chaos  
 Chaos  
 Order

Abb. 20: Hysterese in der Wahrnehmung: Phasenübergang vom Bedeutungsattraktor „chaos“ zum Bedeutungsattraktor „order“ (aus JACOBSHAGEN, 2000)

In den Abb. 19 und 20 werden zwei Beispiele für einen selbstorganisierten Wahrnehmungsprozess anhand von Umschlag- oder Kippfiguren bzw. Hysterese-Figuren demonstriert. Im Wahrnehmungsprozess bilden die äußeren Reize nur das Ausgangsmaterial für die Eigenaktivität des kognitiven Systems. Bei der Kippfigur in Abb. 20 zeigt sich die Eigenaktivität, indem aus der dargestellten Reizkonfiguration zwei alternative kognitive Ordnungszustände entstehen. Im Auge des Betrachters zeigt sich einmal eine junge Frau, die kurz darauf in eine alte Frau 'umkippt', bzw.

bei der Hysteresefigur der Abb.20 hängt das Erkennen von zuvor gezeigten Figuren ab<sup>3</sup>. Beginnt der Betrachter die Wörter von oben nach unten zu lesen, so erkennt er dreimal Chaos und erst beim letzten Wort schlägt die Wahrnehmung in Order um. Beginnt der Betrachter umgekehrt, also von unten nach oben, liest er dreimal Order und erst zuletzt Chaos.

Der Zeitpunkt, wo es zu einem Übergang von Instabilität in die Stabilität kommt bzw. zur Emergenz einer neuen Ordnung, heißt auch Bifurkations- oder Verzweigungspunkt. In der Sprache der Selbstorganisation kann das Umkippen als ein Phasensprung von einem stabilen Attraktor in einen anderen stabilen Attraktor bezeichnet werden, bei dem eine Phase der Instabilität durchlaufen wird (Phasenübergang).

Das kognitive System 'sucht' einen stabilen Ordnungszustand und durchläuft dabei verschiedene, vorübergehend stabile Ordnungszustände, die die Komplexität der Reizkonfiguration auf makroskopischer Ebene reduzieren. Die Tendenz zu stabilen Ordnungszuständen wird in der Gestalttheorie als Prägnanzprinzip oder Gesetz der guten Gestalt bezeichnet und ist den einzelnen Gestaltgesetzen (z.B. Gesetz der Nähe, der Gleichheit, des gemeinsamen Schicksals) übergeordnet. Nach METZGER (1963) besagt es, dass sich bei mehreren möglichen Strukturierungen derselben Reizkonfiguration immer diejenige Ordnung durchsetzt, die die einfachste, einheitlichste, 'beste' Gesamtgestalt ergibt (vgl. auch PRINZ, 1992). Die Prägnanztendenz regt die Dynamik des kognitiven Systems gewissermassen an und bestimmt ihre Richtung - hin zur einfachen, d.h. in ihrer Komplexität reduzierten Gestalt (STADLER, KRUSE & STRÜBER, 1997).

Das Konzept der Prozessgestalten bezeichnet also einen makroskopischen Prozess, der in einem komplexen psychologischen System durch spontane, selbstorganisierte Musterbildung entstanden ist. Ein komplexes psychologisches System kann aus einem Individuum oder einer Gruppe/Mannschaft von Individuen bestehen. Es ist komplex, da es sich aus sehr vielen psychologischen Variablen zusammensetzt. Die Variablen werden als „Verhaltenskerne“, nämlich "rudimentäre Kognitionen und Handlungsmöglichkeiten" bezeichnet (TSCHACHER & SCHIEPEK, 1997). Prozessgestalten können beschrieben werden durch die aus dem Prozess hervorgehenden

---

3 Unter Hysterese versteht man das Phänomen des Nachhinkens einer Wirkung hinter ihrer Ursache. Es handelt sich dabei um den Stabilitätsübergang eines Attraktors.

makroskopischen Zustandsvariablen des komplexen psychologischen Systems - den Ordnungsparametern. Dies sind die aus den Verhaltenskernen emergierenden bewussteinsfähigen Muster: Gefühle, Gedanken, Absichten, Handlungen. Prozessgestalten tendieren ferner auf Prägnanz hin. Der Begriff konkretisiert sich hier als „die Optimierung einer Prozessgestalt hinsichtlich ihrer Fähigkeit, die Valenzen (...) abzubauen“ (TSCHACHER, 1997). Valenzen sind in einem komplexen psychologischen System - im weitesten Sinne - motivationale Variablen, die als Kontrollparameter fungieren können (also die Bedingungen beschreiben, die das System instabil werden lassen und somit Selbstorganisation erst ermöglichen).

In realen psychologischen Situationen, in denen in der Regel mehrere Valenzen (auch „Ambivalenzen“) zugleich wirken, entscheidet dann das Zusammenspiel der Kontrollparameter über die wahrgenommene Gestalt (TSCHACHER, 1997).

#### **1.2.4 Endosysteme**

Wie aufgezeigt unterliegen kognitive Systeme in den human- und sozialwissenschaftlichen Disziplinen intrinsischen Eigenaktivitäten. Es handelt sich also um Endosysteme.

Nach TSCHACHER (1997) ist die zentrale Eigenschaft von Endosystemen, dass sie gewissermassen nicht zur Ruhe kommen. Ein System mit hohem Selbstmodellierungsgrad (SM) ist ein System, das durch fortwährende Emergenz neuer Systemvariablen charakterisiert ist, das sich selbst modifiziert. Diese Diversifikation kann dazu führen, dass es nichtstationär ist, d.h. es verändert, entwickelt, destabilisiert sich. Systeme mit hohem Selbstmodellierungsgrad (=SM) erzeugen laufend neue Information und Komplexität. Sie sind, auch wenn sie nicht chaotisch sind, nicht prognostizierbar. Wenn diese Systeme zudem noch selbstorganisierend sind, da sie komplex und dissipativ sind, so können sich die verschiedenen dynamischen Regimes in rascher Folge ablösen. Sie verhalten sich nichtstationär-stochastisch.

Systeme mit niedrigem SM sind besser mit deterministischen Methoden modellierbar. Wenn sie eine finitdimensionale chaotische Dynamik entwickeln, bleiben sie in dieser stationär, solange die Kontrollparameter konstant bleiben. Solche Systeme sind insgesamt stabil. Ihr Phasenraum enthält überdauernde Attraktoren. Sie sind kurzfristig gut vorhersagbar, zeigen einen geringen "Rauschpegel", auch bei sonstiger sensibler Abhängigkeit von Anfangsbedingungen.

Beispiele für Endosysteme sind nach TSCHACHER (1997):

- das psychologische Selbst
- Therapiesysteme
- die Evolution sozialer Systeme wie der Börse.

Komplexe Endosysteme sind dadurch charakterisiert, dass sich durch horizontale Rekursion der vielen Komponenten auf der Mikroebene Ordner (Ordnungsparameter) herausbilden; diese makroskopischen Variablen treten aber in Interaktion mit den Kontrollparametern. Bei hohem Selbstmodellierungsgrad (SM) wird jeder Ordnungszustand von „internen Beobachtern“ modelliert. Ordnungsparameter werden dadurch zu Valenzen (Kontrollparametern), die eine weitergehende Dynamik anheizen und somit die Prozessgestalt verändern können.

Beide Parameter werden sozusagen vom System einverleibt, werden zu systeminternen Variablen. Endosysteme haben keine stabile Systemgrenze.

Damit verschwimmt in Endosystemen die in der Synergetik vorausgesetzte Unterscheidung zwischen Kontroll- und Ordnungsparametern. Der eine Ordnungsparameter wird zur Randbedingung für den anderen, d.h zu einem Kontrollparameter. **Endosysteme sind also gewissermassen selbstorganisierende Systeme zweiter Ordnung.**

Wenn z.B. die Valenzen so an die Ordner gekoppelt sind, dass erstere monoton in Richtung Gleichgewichtsferne wachsen, kann das System etwa eine Bifurkationskaskade von einfachen Attraktoren zu chaotischen Attraktoren durchlaufen. Es findet eine Diversifikation im Sinne einer Evolution statt. Gibt es dagegen keine spezifische, gerichtete Beeinflussung, verändert sich lediglich die Stochastizität des Systems (Parameterrauschen, dynamisches Rauschen).

Im Vergleich zu den Flussdiagrammen der Handlungstheoretiker scheint der Ansatz der Prozessgestalten realistischer zu sein, da er die Möglichkeit vorsieht, dass das Verhalten kontinuierlich mit den es bedingenden Valenzen in Kontakt steht; dies ist besser kompatibel mit der Konzeption eines Verhaltensstroms, mit dem "Flusscharakter menschlicher Verhaltensäusserungen", auf den GEHM (1991) verweist.

Weder ist es notwendig, von ineinander eingeschachtelten Regelkreisen und TOTTE-Sequenzen (MILLER, GALANTER, RIBAM, 1960) auszugehen, die mehr oder weniger mechanisch abzuarbeiten sind, noch braucht eine vorgegebene schrittweise Abfolge eingehalten zu werden. Auch die Frage der Mehrfachhandlungen und Mehrfachziele (KAMINSKI, 1973; FUHRER, 1984; GEHM, 1991) kann mit dem Selbstor-

ganisationsmodell der "Prozessgestalt Handlung" modelliert werden: sind entsprechende Valenzbereiche gegeben, entwickeln sich Dynamiken, in denen mehrere Verhaltenskerne als Ordner aktiv sind, sich abwechseln bzw. konkurrieren. Diese Dynamiken können etwa deterministisch-chaotisch sein (NICOLIS, 1986). Dies könnte ihr rasches und adaptives Umschlagen bei kleinsten Valenzänderungen im Endsystem Handlung erklären.

### **1.2.5 Zusammenfassung**

In den letzten Jahrzehnten wurden eine Vielzahl von modernen Selbstorganisations-theorien entwickelt, unter denen die Synergetik als interdisziplinär arbeitende Forschungsrichtung einen außerordentlichen Bedeutungsgewinn verzeichnen konnte.

Charakteristisch für die Synergetik ist, dass es durch das Zusammenwirken von Ordnungsparametern und Kontrollparametern infolge des Versklavungsprinzips zu einer Reduktion der Komplexität des Gesamtsystems kommt.

Dabei lassen sich folgende synergetische Dimensionen unterscheiden, (die mittels des Banardexperiments ansatzweise exemplarisch dargestellt wurden):

#### **Selbststabilisierung**

Bei einer Auslenkung von der bestehenden stabilen Gestalt bewegt sich das System immer wieder eigendynamisch zu einer neuen stabilen Gestalt bzw. ist bemüht, innerhalb einer bestehenden stabilen Gestalt, diese weiterhin aufrecht zu erhalten.

#### **Stabilität und Instabilität**

Selbstorganisation ist immer untrennbar mit den zwei möglichen Zuständen eines Systems verbunden: Stabilität und Instabilität.

Innerhalb der Stabilität verfügt das System über eine sich selbst aufrechterhaltende Ordnung, innerhalb der Instabilität ist die Ordnung verloren gegangen bzw. bildet sich erst wieder neu heraus (BEISEL, 1976). Verbunden mit diesem Prozess sind Phasenübergänge, die dem Hystereseeffekt gleichen, also einem gewissen Trägheitsverhalten, d.h. das System folgt der emergierenden Gestalt mit einem Verzögerungseffekt.

## Mikro-Makroebene

Die Synergetik analysiert das Zusammenwirken bzw. die Kooperation vieler mikroskopischer Komponenten und untersucht deren Beziehung im Hinblick auf makroskopische Ordnungen. Selbstorganisation kann nach ERDMANN (1991) als ein Prozess verstanden werden, aus dem durch Zusammenwirken der individuellen Komponenten eine makroskopische Struktur entsteht. Während Reduktionismus das Ganze auf seine Teile reduziert, versucht der Holismus sich auf das Ganze zu konzentrieren und sieht die Teile als sekundär an. Die Synergetik nimmt hier eine Mittelposition ein, denn sie berücksichtigt das Wechselspiel zwischen Ganzem und Teil, zwischen Subsystem und übergeordnetem System (PASCHE, 1994).

Durch die Einführung von Ordnungsparametern ist es nicht mehr nötig, alle Untersysteme im Einzelnen zu kennen und mit mikroskopischen Beschreibungsversuchen darzustellen. Es genügt, über die Ordnungsparameter das kollektive Verhalten eines Vielkomponentensystems im geordneten Zustand zu beschreiben.

Versklaven/Konsensualisieren im Sinne der Synergetik impliziert somit die Reduktion individueller Freiheitsgrade und damit die Verminderung der Komplexität.

Dabei ist das Ganze mehr als die Summe seiner Teile, wenn die Beziehung zwischen diesen nichtlinear ist (WITTE, 2002).

Die Regelung des Systems ergibt sich dabei aus dem Zusammenspiel von Ordnen, Fluktuationen und Umweltparametern.

Die Entstehung von Ordnung hat somit Prozesscharakter. Auf dieser Basis erzeugt die Dynamik der Ordnungsparameter eine Prozessgestalt durch spontane Musterbildung. Prozessgestalten tendieren zu Prägnanz hin.

## **2. Die Anwendung der Synergetik in biopsychosozialen Systemen mit sportlichem Training**

### **2.1 Forschungsstand**

In den letzten Jahren wurde eine große Anzahl von Sachverhalten anhand eines integrativen, systemtheoretischen, speziell synergetischen, Ansatzes untersucht und konzeptualisiert. Eine Aufzählung von psychologischen Vorhaben findet sich bei JACOBSSON (2001). Insbesondere gibt es auf dem Gebiet der Neurobiologie und der Erkennung von Emotionen im Gesichtsausdruck sowie der Anwendung von

EEGs interessante neuere Anwendungen. Weitere populärwissenschaftliche und vertiefende Literatur findet sich bei TSCHACHER (1997) .

Während im anglo-amerikanischen Bereich systemdynamische Theorieansätze weitestgehend bekannt sind und sich zunehmend für die Beschreibung rhythmischer Erscheinungen, speziell Bewegungen, durchsetzen, kann in Deutschland nur auf erste Versuche verwiesen werden.

Seit einigen Jahren gibt es allerdings auch bei uns Bestrebungen, die Synergetik auf das Problem der Bewegungskoordination anzuwenden. Diese Untersuchungen haben zumeist Laborcharakter und bewegen sich auf dem Niveau der Grundlagenforschung (WITTE, 2001).

Am bekanntesten sind die rhythmischen Fingerexperimente des amerikanischen Physiologen KELSO (1993), welche von HAKEN, KELSO & BUNZ (1985) und SCHÖNER, HAKEN & KELSO (1986) modelliert wurden. Weitere Experimente mit nicht linearer Bewegungskopplung, u.a. zu Relativbewegungen von Unterarm und Hand, wurden z.B. von SCHMIDT, SHAW & TURVEY (1990) und AMAZEEN, SCHMIDT & TURVEY (1995) durchgeführt.

Mit Stabilisierungs- und Übungseffekten bei Lernprozessen beschäftigten sich ZANONE & KELSO (1991).

Ansätze der Übertragung des synergetischen Konzepts auf die Sportwissenschaft finden sich bei ZIMMER & KÖRNDLE (zitiert nach o.V., [www.ndss.de](http://www.ndss.de)) zu charakteristisch unterschiedlichen Phasenübergängen vom Gehen zum Laufen und umgekehrt, sowie in deren Studien zum Pedalofahren.

LEIST (2003) setzt sich mit seinen Studien zum Pedalofahren mit dem dazugehörigen Lernprozess modelltheoretisch aus Sicht der Synergetik und der Handlungstheorie auseinander.

LAMES (1994) untersucht, inwiefern die als Kontrollparameter definierte Entfernung zwischen dem Golfer und dem Ziel ein stabiles Bewegungsmuster induziert, das durch die Teilzeitstruktur der Schläge (Ordnungsparameter) beschrieben wird.

Nur SCHÖLLHORN (1997, 1999) gelang es bisher, den systemdynamischen Ansatz am Beispiel eines nichtlinearen Mustererkennungsverfahrens beim Diskuswurf auch auf azyklische Bewegungen anzuwenden.

WITTE (2002) beschäftigt sich mit Stabilitäts- und Variabilitätserscheinungen der Motorik des Sportlers unter nichtlinearem Aspekt.

Eine weitere mit der Synergetik befasste Arbeitsgruppe findet sich bei EDELMANN-NUSSER, HOHMANN & HENNEBERG (2001).

Sie entwickelten auf dem Gebiet der Trainingslehre einen theoretischen Ansatz, bei dem Training und Trainingssteuerung aus synergetischer Sicht betrachtet werden (HOHMANN & EDELMANN-NUSSER, 2000).

Im Folgenden soll dargestellt und begründet werden, ob die Synergetik als eine zentrale Hintergrundtheorie zur Klärung einer Vielzahl von trainingswissenschaftlichen Fragestellungen geeignet ist.

## 2.2 Grundmodell

Nach BISCHOF (1995) sind die Phänomene, die von einem systemtheoretischen Ansatz erklärt werden sollen, Homöostase und Optimierung bzw. Ordnung, Entstehung von Ordnung und die Umweltadäquatheit der Ordnung im Sinne von Anpassung. Diesen kommt insbesondere bei Fragestellungen der Trainingssteuerung und -gestaltung im Bereich des Sports eine überragende Bedeutung zu. Für biopsychosoziale Systeme im Zusammenhang mit sportlichem Training bzw. sportlicher Leistung lässt sich das Grundmodell der Synergetik bezogen auf sportliches Training in analoger Anwendung der vorangegangenen Erläuterungen zusammengefasst schematisch wie in Abb. 21 darstellen.

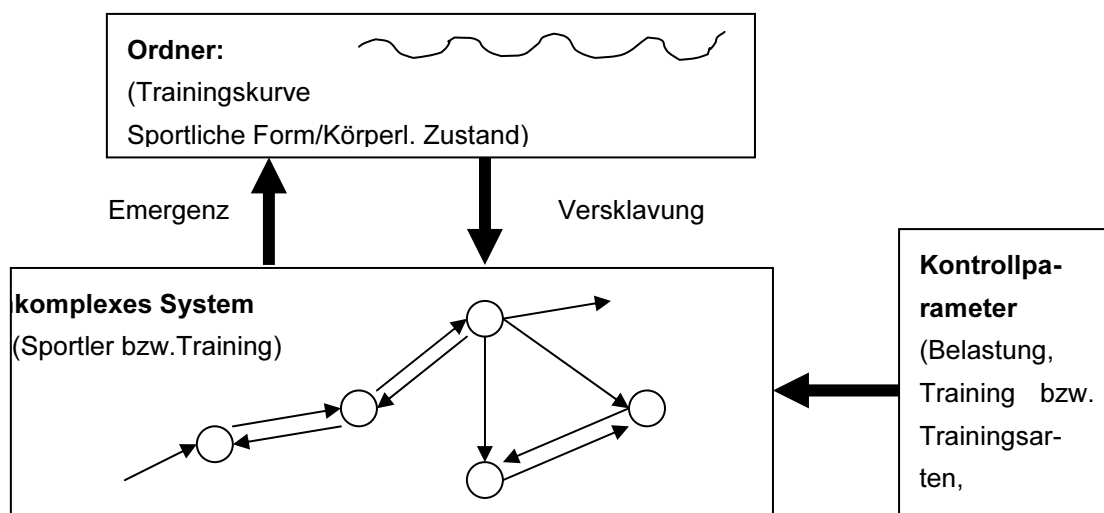


Abb. 21: Modell eines selbstorganisierten biopsychosozialen Systems mit sportlichem Training

Aus der Wechselwirkung zwischen den mikroskopischen Variablen (z.B. kognitive, emotionale Variablen, zelluläre Vorgänge) eines komplexen offenen Systems ent-



steht unter dem Einfluss seiner relevanten Umgebungsbedingungen, d.h. Kontrollparameter (z.B. Trainingsbelastungen), das dynamische Muster des Systemverhaltens (z.B. Phase der Höchstform als Attraktor), das durch die Ordnungsparameter (makroskopische Ebene) z.B. der Form als Ausdruck der sportlichen Leistungsfähigkeit auf der Basis eines gegebenen körperlichen Zustands beschrieben werden kann. Damit geht eine deutliche Reduktion der Freiheitsgrade im Verhalten der einzelnen Systemkomponenten einher (Komplexitätsreduktion). Die Systemkomponenten werden nun von den aus ihnen emergierten Ordnungsparametern determiniert (Versklavungsprinzip). Mit anderen Worten: für ein kooperatives Verhalten der Subsysteme ist ein regulierendes Element, der sog. Ordner oder Ordnungsparameter, nötig, der ein gemeinsames Verhalten koordiniert und aufzwingt. Er liegt nicht außerhalb des selbstorganisierten Systems, sondern entsteht von selbst aus dem System heraus. Der Ordnungsparameter ist in der Lage, das Globalverhalten des Systems durch ganz wenige Parameter zu bestimmen. (HOHMANN & EDELMANN-NUSSER, 2000).

Entscheidend ist der Einfluss der Kontrollparameter auf die mikroskopischen Prozesse des Systems, der nichtlineare Phasenübergänge in der dynamischen Strukturbildung (Selbstorganisation) anregt (HAKEN & WUNDERLIN, 1991).

Versucht man das zugrundeliegende biopsychosoziale System in der Zeit zu beschreiben, d.h. betrachtet man die Dynamik der Ordnungsparameter, so begibt man sich auf die Ebene der Prozessgestalten. Diese entsprechen im Training z.B. Formkurven als Zustandskurven des Organismus (TSCHACHER, 1997).

Bei Auftreten von selbstmodellierenden Endosystemen, die im sportlichen Training den Regelfall darstellen dürften, ist zusätzlich zu beachten, dass - wie an anderer Stelle bereits dargestellt - Ordnungsparameter zu Valenzen (Kontrollparametern) werden, die eine weitergehende Dynamik induzieren können (TSCHACHER, 1997).

Obwohl das synergetische Grundmodell grundsätzlich (HOHMANN, LAMES & LETZELTER, 2002) auf den Bereich der Trainingswissenschaften übertragbar ist, ist die Betrachtungsweise des Trainings bzw. der sportlichen Leistung als komplexes, dynamisches System bislang - wie bereits erwähnt - in der Forschung ohne große Resonanz geblieben.

Dabei gibt es durchaus Ansätze z.B. bei SCHNABEL, HARRE & BORDE (1994), die die sportliche Leistungsfähigkeit als dynamisch-rückgekoppelten und komplexen Prozess ansehen.

Die Übertragung der selbstorganisatorischen, synergetischen Theorie auf trainingswissenschaftliche Probleme erscheint dabei aus folgenden trainingswissenschaftlichen Erfahrungen durchaus naheliegend:

- Zwischen Höhe der Anpassungsreaktion (HOHMANN, LAMES & LEZELTER, 2002) und Höhe der Belastung besteht kein linearer Zusammenhang.
- Im Grenzbereich der sportlichen Leistungsfähigkeit, insbesondere unter Einbeziehung motivationaler und emotionaler Prozesse (Valenzen), ist von einem hochgradig nichtlinearen Systemverhalten auszugehen.
- In der Sportpraxis ist das Phänomen bekannt, dass Trainingswirkungen zeitlich verzögert (Superkompensation!) auftreten, bzw. die sportliche Form auch bei reduziertem Training noch eine gewisse Zeit erhalten bleibt, ehe nach einer instabilen Phase auf der Basis dieses Hystereseeffekts diese Attraktoren in den nächsten stabilen sportlichen Zustand übergehen.
- Dazu kommt, dass sich eine gleiche sportliche Form bzw. äquivalente Anpassung von verschiedenen Ausgangszuständen aus und mit leicht unterschiedlicher Reizdynamik erreichen lässt, mit der Konsequenz, dass eine überpenibel dosierte Trainingsbelastung nicht notwendig erscheint. Vielmehr finden offensichtlich intraindividuell sowohl beim Athleten als auch extern durch den Trainer rückgekoppelte Bewertungsvorgänge statt, die dafür sorgen, dass der dafür verantwortliche Kontrollparameter Trainingsbelastung die entsprechenden Selbstorganisationsprozesse im Sinne einer Trainingsoptimierung auslöst und Über- und Unterforderungen weitgehend ausschließt (Hohmann, LAMES & LETZELTER, 2002).

### **3. Fragen und Hypothesen**

Auf der Grundlage der Zielsetzung der Arbeit, die (Trainings-)Belastung von Athleten unter leistungsorientierten Aspekten in ausgewählten Sportarten zu beschreiben und Ansätze für ihre Optimierung aufzuzeigen, soll im empirischen Teil die Anwendbarkeit zeitreihenanalytischer Verfahren und Instrumentarien vor dem Hintergrund einer

Theorie der Selbstorganisation komplexer dynamischer Systeme bzw. der Synergetik thematisiert werden.

Aus der genannten Zielstellung ergibt sich auf der Basis der vorangegangenen Ausführungen die Formulierung folgender Hypothesen bzw. offener Fragen, deren Beantwortung einen ersten wissenschaftlichen Zugang zur Theorie komplexer dynamischer Systeme auf dem Gebiet der angewandten Trainingswissenschaft darstellen kann:

1. Die visuelle Inspektion der originären psycho-physischen Systemvariablen zeigt ein außerordentlich komplexes intra- und interindividuell höchst uneinheitliches zeitliches Verhalten. Ohne synergetische Komplexitätsreduktion lassen sich daher kaum konkrete Handlungsanweisungen für die Trainingssteuerung gewinnen.

Der trainierende Sportler kann in diesem Zusammenhang als komplexes, nichtlineares, sich selbstorganisierendes System betrachtet werden. Dabei wird grundlegend von einem nichtlinearen Belastungsverhalten ausgegangen. Dieses resultiert aus den nichtlinearen Beziehungen folgender Einflussfaktoren auf die Trainingsbeanspruchung:

- vorangegangene Trainingseinheit
- äußere Faktoren (z.B.: Belastungsgrößen)
- innere Faktoren (z.B.: individuelle Leistungsvoraussetzungen)
- Informationsaufnahmeprozesse einzelner Organe bzw. Organsysteme aus der Umwelt
- Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Systemen innerhalb des Organismus.

2. Das System Sportler kann auf der Basis der Theorie der Synergetik mit Hilfe von Ordnungsparametern in seiner Komplexität so reduziert werden, dass die Belastungswirkungen des Gesamtsystems hinreichend beschrieben werden.

Aus der Wechselwirkung zwischen den einzelnen Variablen eines komplexen offenen Systems entsteht unter dem Einfluss der Kontrollparameter das dynamische Muster des Systemverhaltens, das durch die Ordnungsparameter beschrieben werden kann. Damit einher geht eine Reduktion der Freiheitsgrade im Verhalten der einzelnen Systemkomponenten.

Eine solche Systemreduzierung nach dem synergetischen Versklavungsprinzip entspricht einer operationalisierbaren Zustandsbeschreibung von Sportlern für die praktische diagnostische Arbeit (z.B. Leistungssteuerung).

3. Die zeitliche Entwicklung der Sportlersysteme zeigt ausgeprägt individuelle Unterschiede in der Art der Interaktion von Psyche, Körper und sozialer Welt. Dabei gibt es auch intraindividuelle Unterschiede in verschiedenen Zeitphasen (z.B. Vorbereitungs-/Wettkampfperiode).
  - a) Die Wechselwirkung der verschiedenen Komponenten zeigt eine für jedes System charakteristische Dynamik. Sowohl die Zahl als auch die Zusammensetzung der bestimmenden Faktoren ändert sich im zeitlichen Verlauf.
  - b) Diese Dynamik tendiert in psychischen, sozialen und biologischen Systemen zu einem homöostatischen Gleichgewicht, d.h. einem Attraktor. Dysfunktionen (Krankheit, Übertraining, Formtief) lassen sich durch „chronische“ Abweichung vom Gleichgewicht diagnostizieren.
  - c) Eine Aggregation der Sportlerdaten zu größeren Belastungseinheiten (= Makroebene) führt zu einer anderen Belastungsstruktur als die tägliche Analyseeinheit (=Mikroebene).

Bestimmte Anforderungen werden erst dann zur Belastung, wenn sie sich im Zeitverlauf zu dicht häufen, da interne Regulation eher in direkter zeitlicher Beziehung zur Belastung wirksam wird, d.h. wenige Stunden vor oder nach einem Ereignis, weniger aber in der Akkumulation über Tage oder Wochen.

4. Die Trainingsbelastung beim Athleten wird durch ständige interne und externe rückgekoppelte Bewertungsvorgänge gesteuert, die dafür sorgen, dass **approximativ** arbeitende Selbstorganisationsprozesse in Gang gesetzt werden.
5. Es lassen sich Wirkungsgefüge identifizieren zwischen den detektierten Systemfaktoren sowie physiologischen Größen und Leistungsparametern, die im Rahmen einer Leistungssteuerung Rückschlüsse auf die Leistungsentwicklung des Sport-

lers erlauben. Diese Zusammenhänge ergeben sich sowohl aus dem Vergleich der Gleitmittelwerte als auch aus der Analyse der in der Zeit verschobenen ungeglätteten Reihen.

6. Trainingsverläufe sind als ein System aus nichtlinear gekoppelten Zustandsvariablen zu modellieren.

## C. Grundlagen der Zeitreihenanalyse

### 1. Der Forschungszugang

Zwei Zugangsweisen sind zur synergetischen Betrachtungsweise generell denkbar:

Bei der deduktiven Modellierung kann man aus theoretischen Grundannahmen zu Evolutionsgleichungen gelangen, die ein dynamisches System definieren. In manchen Fällen lassen sich Eigenschaften dieses Systems mathematisch-analytisch aus den konstituierenden Gleichungen herleiten.

Die solcherart theoriegeleitet gefundenen Eigenschaften müssen schließlich im Experiment überprüft werden. Deduktive Modellierung heisst also, sich ein Bild von Prozessen aufgrund theoretischer Überlegungen zu machen.

In dieser Arbeit soll dem umgekehrten Weg gefolgt werden:

Die induktive dynamische Modellierung geht von Beobachtungen eines Sachverhalts in der Zeit aus. Ziel ist es dabei, die Eigenschaften des Verlaufs darzustellen und zu charakterisieren und/oder Eigenschaften des generierenden Systems zu induzieren. Modellierung heisst, sich ein Bild von der Gestalt eines Prozesses und des zugrundeliegenden Systems aufgrund empirischer Daten zu machen.

Induktive Modellierung beginnt demgemäß mit einer Messung oder Datenerhebung. Da wir uns für synergetische Prozesse im Training interessieren, werden wir versuchen, ein und dieselben Variablen in der Zeit wiederholt zu erheben. Theorien, z.B. die Synergetik, vorbereitetes Erkenntnisinteresse sowie Sachzwänge werden in der Regel eingrenzen, welche Variable gemessen wird.

Auf der Suche nach Belastungs- bzw. Leistungsmustern bei der Durchdringung des möglicherweise komplexen dynamischen Systems Sportler/Training/Trainer erscheint uns in Anlehnung an SCHLICHT (1988) dabei als Forschungsstrategie folgende Vorgehensweise sinnvoll:

1. Deskriptives Erfassen der Einzigartigkeit von Training/Leistung
2. Erfassen und Analysieren von Regelmäßigkeiten bzw. Unregelmäßigkeiten bzw. Zufälligkeiten im individuellen Trainings-/Leistungsprozess
3. Erfassen und Diskussion von regelmäßig auftretenden Differenzen und Gemeinsamkeiten im Trainings-/Leistungsverhalten verschiedener Individuen (wobei die Mannschaft als Individuum, aber auch die einzelnen Spieler Gegenstand der Be-

trachtung sein sollen. Gerade letzteres erscheint mir häufig im Trainingsprozess von Spielern vernachlässigt zu werden)

## **2. Die Einzelfallanalyse als Untersuchungsform**

### **2.1 Forschungspraxis bei trainingswissenschaftlichen Untersuchungen**

Es sei zunächst nochmals darauf hingewiesen, dass Untersuchungen in der Trainingslehre häufig Querschnittsanalysen bzw. kurzfristige Trainingsexperimente mit wenigen Meßzeitpunkten darstellen. Dies führte dazu, dass die wissenschaftsorientierten Ratschläge für einzelne Hochleistungssportler - neben den anderen bereits angeführten Mängeln - oft nicht auf deterministischen, sondern auf statistischen Gesetzmäßigkeiten beruhen.

Gegen die überwiegend nomothetische Ausrichtung von (sportwissenschaftlichen) Untersuchungen in Form von Gruppenanalysen führt PETERMANN (1989) an:

Die Gruppenanalyse mit wiederholten Messungen geht von großen Stichproben aus, die zu wenigen Zeitpunkten (2 oder 3) betrachtet werden. Eine Analyse zu wenigen Zeitpunkten ergibt sich im Wesentlichen aus der Tatsache, dass es aus technisch-organisatorischen Gründen nicht möglich ist, größere Zeitstichproben zu erheben. Die geringe Anzahl der Messungen impliziert, dass keine ausreichende Meßfehlerkontrolle über längere Zeitabschnitte möglich ist.

Konkreter formuliert: bei wenigen Messwiederholungen treten besonders deutlich die Auswirkungen des sogenannten „statistischen Regressionseffektes“ hervor (PETERMANN, 1978). Werden jedoch viele Messungen durchgeführt, dann ist der Regressionseffekt bestimm- und korrigierbar.

LAMES (1994) ergänzt :

Aus praktischer Sicht ergibt sich das Problem, dass Wahrscheinlichkeitsaussagen über Gruppenmittelwerte im Umgang mit einzelnen Individuen wenig Hilfestellungen leisten.

Oft werden Ergebnisse von Gruppenanalysen falsch interpretiert, wenn ihre Begrenzung auf Aussagen über Mittelwerte nicht konsequent bedacht wird. Etwa wenn aus signifikanten Verbesserungen in einem Trainingsexperiment die Wirksamkeit des dort applizierten Treatments für ein Individuum als nachgewiesen gilt. Besonders gravierend wirkt sich eine Mittelung bei Entwicklungsanalysen aus. **So repräsentie-**

ren die bekannten Verlaufskurven für die motorische Entwicklung möglicherweise in keinem einzigen Fall die Entwicklung eines Individuums (Abb.22).

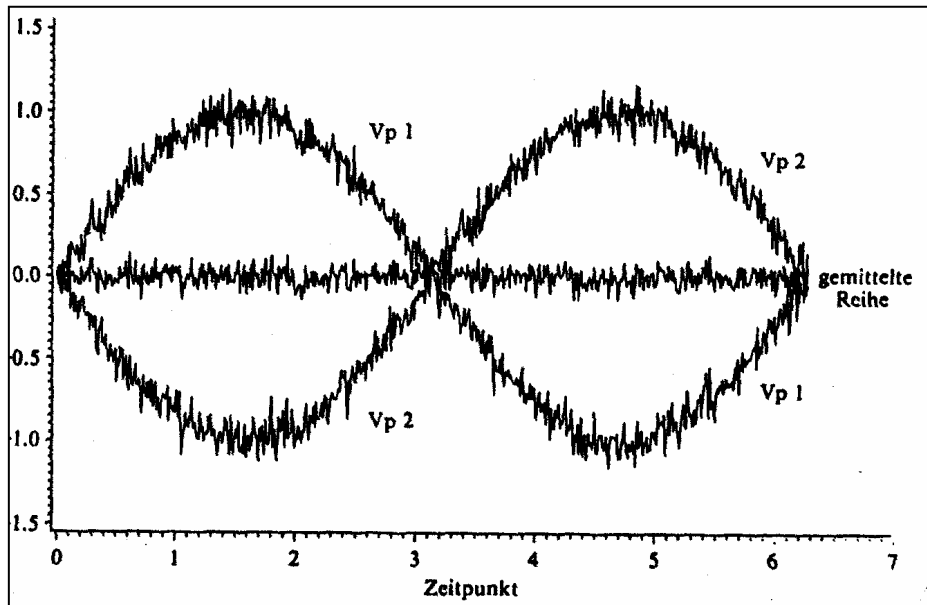


Abb. 22: Hypothetischer Verlauf zweier Zeitreihen von Vp1 und Vp2 mit jeweils zyklischem Muster, deren mittlerer Verlauf keine individuellen Besonderheiten mehr aufweist (aus SCHMITZ, 1989)

Dazu kommt, dass aus wissenschaftstheoretischer Sicht für den Bereich der Trainingswissenschaft die Forderung nach strengen Trainingsexperimenten an die trainingswissenschaftliche Grundlagenforschung zu richten ist, während konkrete Handlungsempfehlungen eher aus der Evaluation von Einzelfällen zu erwarten sind.

Außerdem bemängelt er, dass aus fachwissenschaftlicher Sicht erhebliche Bedenken gegen Gruppenanalysen bestehen, die sich mit der Beschreibung und Analyse von Entwicklungen d.h. Verläufen befassen. Veränderungen im menschlichen Verhalten sind grundsätzlich komplex determiniert. Sie sind nur aus Kenntnis der individuellen Konstellation hinreichend erklärbar. Dies gilt uneingeschränkt auch für das sportliche Training, das sich ja als planmäßige, systematische Einwirkung auf den jeweiligen Leistungsstand versteht. Damit dürfte belegt sein, dass die Einzelfallanalyse zur Prozessdiagnostik in der Trainingswissenschaft überaus stark indiziert ist.

Insbesondere auch aus Sicht der Synergetik ist die Einzigartigkeit von Ausprägungsformen der stabilen Ordnung eines Systems sowie dessen individuelle, singuläre Entwicklungsgeschichte zu betonen. Solche Prozesse kommen durch eine Kette von



aufeinanderfolgenden, selbstorganisierten Zyklen zustande. Mit jedem neuen Zyklus bzw. jeder stabilen Gestalt finden sich immer neue Bifurkationspunkte, an denen das System immer einen Pfad wählt bzw. unterschiedliche interne Lösungsformen präferiert hat. Durch die unterschiedlichen emergenten Strukturen kommt es zu singulären Ausprägungsformen der stabilen Ordnung, die nur in dieser spezifischen Form in dem jeweiligen komplexen und nichtlinearen System zu beobachten sind. Auch auf dieser theoretischen Basis bietet sich eine Betrachtung des Einzelfalles durch Einzelfallanalyse an.

Das bedeutet für Forschung und Praxis:

Um einem Individuum verlässliche Handlungsanweisungen zur effektiven Trainingsgestaltung geben und dessen Training bzw. Leistung wissenschaftlich planen zu können, muss man die Regelmäßigkeiten (oder Unregelmäßigkeiten und Zufälligkeiten) sowie die Dynamik seines speziellen Verhaltens kennen (HAAG, STRAUSS & HEINZE, 1989). Dies bedeutet aber ein Verlassen der nomothetischen und eine Hinwendung zur idiothetischen bzw. ideographischen Sichtweise.

Der Trainer und die in sein Handlungsmodell einfließenden Informationen (operatives Abbildsystem) müssen sich auf den Einzelfall beziehen. Diese Forschungsstrategie wird der wissenschaftlich begründeten These von der Einmaligkeit des Individuums und dem Persönlichkeitsprinzip gerecht, das insbesondere in der sowjetischen Persönlichkeitspsychologie (RUBINSTEIN, 1958; ANANJEW, 1974) stark betont wird. Aber auch von einer anderen theoretischen Grundposition her und von Autoren aus ganz verschiedenen Schulen (s.u.a. ALLPORT, 1949; THOMAE, 1977; MISCHEL, 1977) wird ebenfalls das Individualitätsprinzip hervorgehoben, das besonders im Grenzbereich des Hochleistungssports stärker, auch von der Sportwissenschaft, berücksichtigt werden muss, zumindest solange, bis eine Idealstruktur der sportlichen Leistung und ihre Genese deterministisch festgelegt ist. Davon ist man aber noch weit entfernt (RODIONOW, 1982).

So wurde die Einzelfallanalyse in den letzten 10 Jahren auch in Forschungsvorhaben der deutschen Sportwissenschaft immer wieder Gegenstand von einzelnen Untersuchungen (vgl. z.B. die Arbeiten von SCHLICHT (1988); MESTER & MAAS, (1995), etc.).

## 2.2 Definition Einzelfallanalyse

In der Literatur existiert eine große Anzahl von Begriffen, mit denen Ansätze der Einzelfallanalyse umschrieben werden. Einen repräsentativen Querschnitt über Definitionen und Zielvorgaben zur Einzelfallanalyse findet sich bei PETERMANN (1989) und SCHLICHT (1989).

So spricht WIENOLD (1975) von Einzelfallstudien. Darunter versteht man eine Untersuchungsform, die in der detaillierten Analyse einzelner Untersuchungseinheiten (Individuen, Gruppen, Institutionen u.a.) besteht. Das Ziel der Einzelfallanalyse ist, genauen Einblick in das Zusammenwirken einer Vielzahl von Faktoren zu erhalten, wobei sie meist auf das Auffinden und Herausarbeiten typischer Vorgänge gerichtet ist. Eine Einzelfallanalyse wird häufig zur Vorbereitung oder als Ergänzung größerer Untersuchungen eingesetzt.

Das Lexikon der Psychologie spricht von Fallstudie. Dies ist „eine Methode der Persönlichkeitspsychologie, die es sich zum Ziel setzt, die individuelle Eigenart eines Menschen in ihrer qualitativen Einzigartigkeit zu erfassen. Die Fallstudie erfordert ein besonders eingehendes, oft über längere Zeit fortgeführtes Studium der Einzelperson, in dessen Verlauf alle erreichbaren Unterlagen, die für diese Person charakteristisch sind, gesammelt und verarbeitet werden“ (PAWLIK, K, 1994, 573).

Einen sehr allgemeinen Definitionsversuch, der sich am Anliegen der Einzelfallanalyse orientiert macht PETERMANN (1989) selbst, wenn er schreibt:

- Die Einzelfallanalyse geht von der Betrachtung einer einzelnen Untersuchungseinheit aus.
- Sie bietet sich an, wenn sich die Fragestellung auf die Untersuchungseinheit als Ganzes und nicht auf Untereinheiten bezieht.
- Die Untersuchungseinheit kann hinsichtlich ihrer 1. natürlicherweise innewohnenden also nicht experimentell induzierten Stabilität oder Variabilität (z.B. Synergetik, Eigendynamik von Stimmungen) = deskriptive Einzelfallanalyse oder 2. bezüglich ihrer Veränderbarkeit durch das Einwirken einer unabhängigen Variablen untersucht werden = explikative Einzelfallanalyse.

SCHMITZ (1989) konkretisiert nach vier Indikationsbereichen der Einzelfallanalyse:

- Analyse einer Prozessvariablen (z.B. Stimmungskurve einer Person)
- Analyse mehrerer Systemkomponenten (z.B. Zusammenwirken mehrerer Variablen bei einer oder mehreren Personen)

- Differentielle Prozessanalysen (= Vergleich von Verlaufscharakteristika unterschiedlicher Personen oder Variablen)
- Interventionsanalysen (= Außeneinwirkungen auf die Variablen eines Systems, Therapieeinfluss, Trainingsinterventionen, etc.).

Allen diesen Definitionen ist gemein, dass die Untersuchungseinheit  $n=1$  eine zentrale Bedeutung einnimmt.

Soll die Einzelfallanalyse in erster Linie beschreibenden Charakter besitzen und nur Interesse an einem bestimmten „Fall“ bestehen, dann genügt eine Stichprobe von einer einzigen Person. Geht man von einigen Fällen aus, dann hält man sich von Anfang an die Möglichkeit offen, die Einzelfallbefunde wechselseitig zu replizieren.

Aufgrund der geringen Stichprobengröße sind aus technisch-organisatorischen Gründen sehr viele Messwiederholungen möglich, die, wie erwähnt, eine gute Messfehlerkontrolle über die Zeit gewähren. Eine Generalisierung der Ergebnisse ist anhand von Replikationsstudien, d. h. durch die Wiederholung von Einzelfallanalysen unter variierten Bedingungen, zulässig. Durch die wenigen Vorannahmen hinsichtlich der Stichprobenbeschaffenheit (Homogenität der Stichprobe hinsichtlich eines Zielverhaltens) ist eine feldnahe und geschehensnahe Forschung möglich, deren Ergebnisse im Hinblick auf ihre Aussagekraft und Interpretierbarkeit durch Replikationen untermauert werden. Es ist jedoch zu bedenken, dass sich bei der Zunahme der Komplexität der untersuchten Fragestellungen die Möglichkeiten der Replikation verringern, da immer mehr Aspekte bei einer Replikationsstudie beachtet und im Hinblick auf die zu replizierende Studie „vergleichbar“ sein müssen. Eine Replikation unter der Konstanthaltung und systematischen Registrierung einer sehr großen Anzahl von Merkmalen ist sicherlich genauso schwierig wie eine Kreuzvalidierung von Ergebnissen aus komplexen Gruppenstudien. Bei realen Trainingsverläufen erscheint dies bei längeren Beobachtungszeiträumen unmöglich. Mit der künstlichen Erzeugung von Kontrollgruppen (TSCHACHER, 1997) (Surrogaten) soll in dieser Arbeit auf Modellebene ein Ausweg aus diesem Dilemma aufgezeigt werden (Vgl. S. 117).

### 2.3 Praktische Beispiele von Einzelfallanalysen

Untersuchungen an einzelnen Personen reichen in der Psychologie bis ins 19. Jh. zurück. Bekannte Beispiele sind von EBBINGHAUS (1885) durchgeführte Selbstversuche über das Gedächtnis.

PIAGET(1936) setzte sich mit der Wahrnehmungsentwicklung von Säuglingen auseinander.

SCHMITZ (1987), STRATTON (1897), HUBER (1973), DUKES (1977) sind weitere Beispiele für die Anwendung der Analyse des Einzelfalles.

Vornehmlich in der klinischen Psychologie wird die eingehende Betrachtung in Form eines intensiven Ansatzes (CHASSAN, 1967) als komplementärer Zugang zur Untersuchung von Gruppen anerkannt. Aber auch in der Entwicklungspsychologie und pädagogischen Psychologie werden Einzelfallanalysen durchgeführt. Einen ausführlichen Überblick gibt es bei DUKES (1977) und PETERMANN (1989).

Mit der verstärkten Betrachtung von Prozessverläufen komplexer dynamischer Systeme kam es insbesondere in den letzten Jahren auf dem Gebiet der Psychotherapie zu einer verstärkten Hinwendung zu dieser Analysemethode (SCHIEPEK & STRUNK (1994); BRUNNER, TTSCHACHER, QUAST & RUFF (1997); TTSCHACHER (1997)).

In der Sportwissenschaft gibt es in den letzten 15 Jahren immer wieder Anwendungen für die Einzelfallanalyse. Eine Aufzählung von Fallanalysen aus neuerer Zeit findet sich bei SCHLICHT (1988).

Hervorzuheben sind dabei die Untersuchungen von SCHWENKMETZGER & WACHTMEISTER (1981) in der Vorbereitungsphase eines Spitzenschwimmers auf die Olympiade in Moskau, sowie die Studien von SCHLICHT & WILHELM (1987) über einen Handballspieler der 2. Bundesliga sowie zwei Einzelfallstudien über 400m-Hürdensprinter von SCHLICHT (1988) und weitere vier 400m-Hürdenläufern von WILHELM (1995), welcher den Verlauf und die Interaktion von Befinden, Trainingsverlauf und Beanspruchungserleben in seinem verhaltensökonomischen Ansatz erforschte.

Unser Untersuchungsanliegen ist es, einen Beitrag zu leisten auf der Basis von Einzelfallanalysen zu einem vermehrten und vertieften Erkenntnisgewinn über das dynamische komplexe System Training/Sportler/sportliche Leistung und die damit verbundenen Belastungen. Man möchte damit zu Einsichten gelangen, die mit Grup-

penanalysen und deren Methoden nicht oder nur mit Mühe bzw. unzureichend erbracht werden können.

Verbindet man die Befunde aus solchen Analysen mit dem Wissen von Trainern, dann lassen sich daraus nützliche Hinweise für die Trainingsgestaltung bzw. die Entwicklung der sportlichen Leistung von Spitzenathleten ableiten. Die Einzelfallmethode deckt Sachverhalte beim einzelnen Athleten auf, die auch dem genau und sorgfältig beobachtenden Trainer verschlossen bleiben (SCHLICHT, 1988). Das Ergebnis könnte sein, dass der Trainer ein inneres Modell „höherer Ebene“ gewinnt.

### **3. Dateninduktion**

Wie an anderer Stelle dargestellt, folgt die Synergetik einem ganzheitlichen systemdynamischen Ansatz, der das Zusammenwirken von Untersystemen zu einem Ganzen auf der Basis von Instabilität, Ordner und Versklavung beschreibt (WITTE, 2002, 219).

Deshalb wollen wir auf Datenmaterial zurückgreifen, das als globaler Deskriptor des augenblicklichen Zustandes des Organismus des Sportlers gelten kann.

Hierfür sind grundsätzlich aus der Mehrebenenprozessforschung drei Zugänge zu unterscheiden:

- Erlebensparameter
- Physis
- Verhalten

#### **3.1 Erlebensparameter**

Nach HAMPEL trifft obiger generalisierender Charakter im Bereich des Erlebens für die psychologische Größe der Stimmungen zu. Er versteht unter Stimmungen eine „allgemeine, temporäre Verhaltensdisposition, die als Informationsquelle über den augenblicklichen Zustand des Organismus fungiert“ (HAMPEL, 1977, 45).

Im deutschen Sprachbereich gibt es bislang nur wenige Instrumente, mit denen man emotionale Erscheinungen, wie Stimmungen, erfassen kann.

Eine wichtige Möglichkeit stellt die Selbstbeobachtung des Stimmungserlebens dar.

Beispiele finden sich z.B. bei OSGOOD, SUCI & TANNENBAUM (1957); DELESPAUL (1995) und TSCHACHER (1997).

Die Selbstbeobachtungsmethode wird oft wegen ihres „subjektiven“ Charakters als nicht-psychologische angesehen, obwohl die subjektive Stimmungsbeschreibung die erste und reichhaltigste Quelle unseres Wissens über die Stimmungen ist.

Die oft genannten Nachteile v.a. des freien Berichts über das eigene Stimmungserleben können durch bestimmte Maßnahmen kompensiert werden. So ist es in der Stimmungsforschung üblich geworden, dem Berichterstatter ein sprachlich nicht zu anspruchsvolles, für den Beurteilungsgegenstand annähernd repräsentatives und einfach handhabbares Beschreibungs- und Beurteilungssystem in Form einer standardisierten Adjektivliste anzubieten.

Solche Adjektivlisten werden erstens dem mehrdimensionalen Charakter der Stimmung gerecht; sie bieten zweitens Material an, welches zum festen Erfahrungsschatz eines jeden Individuums gehört, und sie gestatten drittens eine Skalierung, somit intra- wie interindividuelle Vergleichbarkeit.

Wir stützen uns auf die Adjektiv-Skalen zur Einschätzung der Stimmung (SES) in seiner Halbform mit  $6 \cdot 7 = 42$  Items (HAMPEL, 1977).

Die Items werden folgenden Faktoren zugeordnet:

- Gehobene Stimmung
- Gedrückte Stimmung
- Missstimmung
- Ausgegliche Stimmung
- Trägheit
- Müdigkeit.

In der Instruktion (s. Muster im Anhang) wird der Proband gebeten, an Hand von Adjektiven seine augenblickliche Stimmungslage bzw. sein augenblickliches Befinden selbst einzuschätzen.

Der Rater gibt pro Stimmungstitem eine Gewichtungszahl von 1 bis 7 an, wobei 1 den geringsten und 7 den stärksten Ausprägungsgrad des adjektivischen Stimmungsindex kennzeichnet. Die individuellen Skalenwerte erhält man durch einfache Summation der Gewichtungszahlen aller Items einer Skala. Diese Verrechnungstechnik ist als "method of summated ratings" (LIKERT, 1932) v.a. in der Einstellungsforschung bekannt geworden; sie wird aber auch bei den meisten Persönlichkeits- und Leistungstests vorgenommen.

Wir präferieren die SES in ihrer Halbform aus folgenden Gründen:

- Bei der Erhebungsdauer unserer Untersuchung (z.T. bis zu einem Jahr bei bis zu drei Erhebungen pro Tag) wäre die Akzeptanz des Erhebungsbogens bei 84 Items geringer als bei 42.

- Die aktuelle Stimmungsbeurteilung ist u.E. leichter als die Beurteilung beispielsweise der durchschnittlichen Tagesstimmung oder der typischen Stimmung. Auch die Beurteilung der bevorzugten oder der wünschenswerten Stimmung oder Vergleichsschätzungen (z.B. im Vergleich zu gestern fühle ich mich heute weniger heiter, etc.; ich wünschte, ich wäre im Augenblick mehr heiter o.ä.) scheint problematischer als eine aktuelle Einschätzung. Die deutliche Hinlenkung auf den Vergleich macht diesen genauer, die qualitative Beschreibung aber ungenauer (WENDT & CAMERON, 1961). Darüber hinaus hat die augenblickliche Stimmungsskalierung einen größeren Vorteil für Wiederholungsuntersuchungen bzw. für Messungen der Stimmungsänderung. Eine gewisse Varianz im Gefühls- und Stimmungserleben ist nämlich ein vertrautes und akzeptiertes Faktum. In Längsschnittstudien konnte die empirische Gültigkeit der SES bewiesen werden (KUHN, 1972; SCHMITZ, 1987). Es zeigte sich zudem, dass auch die SES in ihrer Halbform eine hohe Wiederholungsobjektivität bzw. Aktualität besitzen, d.h. sie unterliegen keinem Zeittrend. Bei keiner der Skalen war eine intraindividuelle Varianzneigung über die Zeit feststellbar. Die SES verlieren im Längsschnitt auch nicht an interindividueller Differenzierungsfähigkeit (HAMPEL, 1977).

- Jedem Stimmungssitem ist eine siebenstufige eindirektionale Intensitätsskala zugeordnet. Der Proband kann außer auf die sieben numerischen Anker auch auf verbale Kennzeichnungen der Skala zurückgreifen, die die Urteilsfindung gerade für unerfahrene Rater erleichtern sollen. Dazu wurde am Kopf jeder Seite des Stimmungsbogens deutlich sichtbar und vergrößert die Intensitätsskala mit ihren verbalen Kennzeichnungen, die von „überhaupt nicht zutreffend“ bis „vollkommen zutreffend“ reichen, abgebildet. Die Anzahl von sieben Stufen beim Selbstrating scheint nach den meisten Autoren optimal (z.B. BENDIG, 1953).

- Der unipolare Skalentyp ist gegenüber dem bipolaren für unsere Zwecke vorteilhafter. Einmal ist der Entscheidungsprozess beim bipolaren Rating schwieriger, da drei Entscheidungsmöglichkeiten (positiver und negativer Bereich sowie Nullbereich) zur Verfügung stehen. Darüberhinaus ist die Signierung des Nullpunktes bei bipolaren Skalen mehrdeutiger (Ausdruck eines Ambivalenzkonfliktes bzw. einer kognitiven

Dissonanz; Ausdruck einer neutralen, nicht angestrebten Entscheidung). Für viele Stimmungsadjektive gibt es noch keine eindeutig antagonistischen Begriffe (so existieren z.B. für das Adjektiv „heiter“ mehrere eigenständige Gegenbegriffe wie „traurig“, „ernst“, „trübe“). Schließlich haben fast alle Analysen mit Stimmungsadjektiven gezeigt, dass Probanden leichter auf einem eindimensionalen Kontinuum ihre Stimmung beurteilen können (HAMPEL, 1977).

### **3.2 Physische Parameter**

In der Psychologie, Medizin, Ergonomie, aber auch der Sportwissenschaft haben physiologische Parameter (Herzfrequenz, Blutdruck, Flimmerverschmelzungsfrequenz, biochemische Merkmale, etc.) als Indikatoren für den Gesamtzustand des Organismus eine große Verbreitung gefunden (HACKER, 1980; WIEMEYER, 1990). So würde es den Rahmen dieser Arbeit sprengen, alle Untersuchungen auf der Basis physiologischer Messungen anzuführen. Zwar gibt es seit einiger Zeit Bestrebungen, die Probanden mit zahlreichen Wiederholungsmessungen zu begleiten (PLATEN, NÜSSER, KRÜGER, WOESTMANN, SCHULZ, HARTMANN, BARTMUS, GRABOW & HECK, 1999), eine Äquidistanz der Werte ist aber in nahezu keinem Fall gegeben. Auf dem Gebiet des Trainings nehmen dabei die Formen der Herzfrequenzmessung sowohl in Forschung als auch Trainingspraxis eine dominante Stellung ein als Grundlage für eine effektive Trainings- und Leistungssteuerung bzw. zur Beurteilung von Trainingswirkungen.

Im Rahmen eines praxisorientierten, ganzheitlichen synergetischen Ansatzes soll für unsere Betrachtungen die von CZAJKOWSKI (1982) bei Mitgliedern der polnischen Nationalmannschaft im Skilanglauf über mehrere Jahre erfolgreich angewandte Methode zur Müdigkeitskontrolle beim Ausdauertraining eingesetzt werden.

Die Sportler nahmen in der Regel den ersten Morgenpuls direkt nach dem Aufwachen in der liegenden Position und den zweiten Puls 20 Sekunden nachdem sie die stehende Position eingenommen hatten.

Ein Trainingszustand wurde dann als gut eingestuft, wenn die erste Messung (p1) einen niedrigen Pulswert ergab und die zweite (p2) nur 4-8 Pulsschläge höher war, als die erste, also die Differenz zwischen p2 und p1 möglichst klein war.

Die Messungen wurden von den Athleten allerdings nicht täglich, sondern nur 2-3 mal wöchentlich, manchmal auch weniger oft, vorgenommen.



Nach SCHWABERGER, PESSENHOFER, SCHMID, WOLF & SANSENG (1982, 1984) ist für Herzfrequenzmessungen im Training eine apparative Erfassung Voraussetzung, da eine palpatorische Messung mit den Fingern am Handgelenk bzw. der Halsschlagader mit zu großen Ungenauigkeiten behaftet ist. Zudem ist die Herzfrequenz eine auf sich verändernde Rahmenbedingungen wie z.B. psychischen Stress sehr empfindlich reagierende Größe. Unter Beachtung dieser Besonderheiten ist die Herzfrequenz wegen der großen interindividuellen Streubreite „vor allem für den intraindividuellen, weniger hingegen für den interindividuellen Vergleich geeignet, obwohl auch hierbei wertvolle Informationen für die Belastungseinschätzung gewonnen werden können“ (WEINECK, 1994, 191).

Nach wie vor ist die palpatorische Handmessung des Pulses wegen ihrer Praktikabilität die gängige Messmethode der Trainingspraxis.

Es soll deshalb der Versuch unternommen werden, die Tauglichkeit von Pulshandmessungen explorativ im Rahmen einer synergetischen Prozessforschung zu untersuchen.

Ein weiterer wichtiger Indikator zur Kontrolle von Belastungswirkungen bzw. zur Kontrolle psychophysischer bzw. zentralnervöser Prozesse während der Regenerationsmaßnahmen stellt die Flimmerverschmelzungsfrequenz (FVF) dar (OLIVIER, BÜSCH & DAUGS, 1990).

Ausführungen zur FVF als Messgröße für belastungsbedingte organismische Prozesse finden sich u.a. bei OLIVIER, BÜSCH & DAUGS (1990) sowie WIEMEYER (1990).

Stellvertretend für viele Definitionen versteht man nach LUDERER, PILLUNAT, CHRIST & STODTMEISTER (1986) unter FVF die Frequenz, bei der eine Anzahl von aufeinanderfolgenden Lichtreizen nicht mehr unterbrochen, sondern kontinuierlich leuchtend auf dem Testfeld erscheint.

Je später dies der Fall ist, desto wacher/frischer ist der Athlet.

Die Messung erfolgt mit einem in einer Schülerarbeitsgemeinschaft entwickelten und patentierten Messgerät, bei der der Proband durch ein Okular schaut und ähnlich dem sog. Herstellungsverfahren durch Drehen an einem Messrad selbst Einfluss auf die Frequenz der Flimmerstimuli nehmen kann (WIEMEYER, 1990). Die Messung ist beendet, wenn die durch Drehen eingestellte Frequenz nicht mehr als Flimmern erkannt werden kann. Der Messwert kann in digitalisierter Form in einem Fenster abgelesen werden.



Abb. 23: Messung der FVF

Das Herstellungsverfahren birgt erhebliche Fehlerquellen:

- Keine Gewährleistung der Objektivität, da die Versuchsdurchführung nicht reproduzierbar ist und nicht überprüfbar ist, ob die Versuchsperson tatsächlich Flimmern wahrnimmt.
- Retinale Projektion(Blickverhalten), Akkomodation und Länge des Messvorganges sind nicht kontrollierbar.

Jedoch kann die Versuchsperson bei dieser Methode den Messvorgang individuell und ohne Zeitdruck auf einfache Art und Weise gestalten.

Da nach einer Einübungsphase grundsätzlich von einem systematischen Messverhalten der Versuchspersonen auszugehen ist, soll im Rahmen einer explorativen Studie untersucht werden, ob obige einfache und im Gegensatz zu professionellen Geräten sehr billige Messapparatur für eine ganzheitliche Prozessforschung geeignet ist, auch wenn die Anwendung der Flimmerverschmelzungsfrequenz als Messmethode in der Literatur als nicht problemloses Verfahren beschrieben wird (z.B. Abhängigkeit von Tagesrhythmik) (WIEMEYER, 1990).

### 3.3 Verhaltensparameter

Sportliches Leistungstraining ist immer erfolgsorientiert. Es ist deshalb für eine Trainings- und Leistungssteuerung von außerordentlicher Wichtigkeit, möglichst präzise Informationen über Stand und - besonders bei prozessorientierter Betrachtungsweise - über die Entwicklung der körperlichen Leistungsfähigkeit zu erhalten.

Dies ist einmal am aussagekräftigsten durch die Wettkampfübung bzw. –leistung selbst möglich.

In der Leichtathletik wurden die Laufzeiten und Platzierungen erfasst. Die Basketballerinnen wurden nach den Punktspielen auf einer Leistungsskala von 0 bis 15 vom Trainer beurteilt. Der Boxer nahm mangels Trainer eine Selbsteinschätzung nach den Kämpfen vor.

Die gewählte Schätzskala entsprach der Notenskala in der Schule, mit der alle Probanden vertraut waren.

Der Nachteil dieser Messgrößen liegt jedoch darin, dass sie nur relativ selten erhoben werden können.

Für eine kontinuierliche Analyse des Trainingszustandes sind Instrumentarien notwendig, die durch eine hohe Sportlerakzeptanz gekennzeichnet sind, d.h. keine erheblichen Auswirkungen auf nachfolgende Trainingseinheiten haben und ohne sonderlichen apparativen Aufwand auskommen.

Dabei soll eine möglichst hohe Sportartspezifität gewahrt werden, wodurch Änderungen der sportlichen Leistungsfähigkeit im Verlauf des Trainings so gut wie möglich erfasst werden können. Aber auch die Bedingungen der Standardisierung und Reproduzierbarkeit sowie Durchführbarkeit sollen erfüllt sein.

Den ausgewählten Übungen liegt die Überlegung zugrunde, dass bei den betrachteten Sportarten der Leichtathletik davon ausgegangen werden kann, dass mit zunehmender Form Laufbewegungen und beim Boxen Schlagbewegungen möglichst schnell und ausdauernd ausgeführt werden können. Bei den 400m-Läufern wurde dabei auch das Zeitintervall des Wettkampfes annähernd eingehalten. Einen Sonderfall stellt die Untersuchung bei den Basketballerinnen dar. Während die Zeitreihenanalyse bei den anderen Sportlerinnen und Sportlern über (nahezu) das ganze Trainings- bzw. Wettkampfsjahr lief und somit die Entwicklung der Form über mehrere Trainingsphasen erfasste, wurden die Daten im Basketball nur über einen relativ kurzen Zeitraum von ca. drei Monaten in der Spielsaison, d.h. in der Wettkampfphase, erhoben. Dazu kommt, dass die Leistungsfähigkeit im Basketball derart komplex ist, dass man bis heute noch nicht in der Lage ist, in Testverfahren, „den Grad der physischen Fähigkeiten, der psychischen Leistungsvoraussetzungen, der technisch-taktischen Fertigkeiten in ihrer ganzen Komplexität und Differenziertheit genau zu bestimmen“ (DELTOW, B., 1981, 146). Vor diesem Hintergrund und auf der Basis der oben dargestellten Aussagen zur Akzeptanz und Praktikabilität entschieden wir

uns nach mehrwöchigen Voruntersuchungen für die Messung der Korbwurfrate als Leistungsindikator im Basketball:

Bei aller Vorsicht bei der Verwendung dieser konventionellen Testübung (vgl. DELTOW, 1981) als ganzheitliche Leistungsgröße waren die folgenden Argumente ausschlaggebend:

- Die Voruntersuchungen ergaben, dass die Sportlerinnen diese Übungen mit hoher Motivation und Zuverlässigkeit durchführten. Dazu kam, dass sich zu diesem Zeitpunkt durchaus ein Zusammenhang zwischen der Formeinschätzung des Trainers und der Korbwurfrate der Sportlerinnen andeutete.
- Die Ausbildung der physischen Fähigkeiten war zu diesem Zeitpunkt des Trainingsjahres bereits abgeschlossen. Das Wettkampfsjahr war noch jung, so dass eine prozesshafte Verfolgung von „Abnützungserscheinungen“ oder erheblicher Veränderungen von Leistungsgrößen etwa der Kraft oder Ausdauer bei der in dieser Klasse vorgefundenen Trainingsfrequenz (durchschnittlich zweimal wöchentliches Training) nicht vorrangig erschien.
- Vielmehr lag die Überlegung zugrunde, dass bei Technikübungen nur dann ein individuelles Leistungsoptimum erreicht wird, wenn alle psychophysischen Komponenten eine entsprechende Entwicklung erfahren (WEINECK, 1994), d.h. also eine gute Form bzw. ein entsprechender Gesamtzustand des Sportlers vorliegt. Gerade auf der Basis der Annahme nichtlinearer Prozesse können sich unserer Auffassung nach gewisse rückgekoppelte Ereignisse ( z.B. gehobene Stimmung auf Grund guter Leistung im Punktspiel vorher) bei einem gegebenen und für einen kurzen Zeitraum relativ stabilen konditionellen Trainingszustand sehr wohl auf die Form in der Ausprägung einer sicheren, hohen Korbwurfrate niederschlagen.

Als Hilfsapparaturen entschieden wir uns nach umfangreichen Voruntersuchungen für einen selbst entwickelten Skippingsgürtel (Leichtathletik) bzw. eine Schlagvorrichtung (Boxen), welche mit einem mechanischen Industriezähler versehen waren. Diese Messgeräte hatten einen Messfehler von unter 1%, ausschließlich verursacht im Grenzbereich der Zuordnung der letzten Ausführungseinheit bei Ablauf der Ausführungszeit, die mittels Signalton auf einer Zeituhr dem Sportler mitgeteilt wurde.



Abb. 24-26: Messapparaturen für Skippings und Schattenboxen

Elektronische Apparaturen erwiesen sich im Vergleich dazu als zu träge und somit fehlerhafter und zudem kostenintensiver.

Für die Ermittlung der Trefferzahl beim Korbwurf wurden handelsübliche Basketballkörbe mit einfachen Gummisaugnäpfen und Softball verwendet. Diese Vorrichtungen waren sehr einfach und flexibel einzusetzen und hatten einen hohen Aufforderungscharakter für die Spielerinnen.



Abb. 27: Mobile Wurfvorrichtung

Zusätzlich kam neben der Dokumentation des eigentlichen Trainings ein standardisiertes Tagebuch (siehe Anhang) zum Einsatz, das die Sportler täglich ausfüllten. Es umfasst eine Reihe von Fragen zum Tagesablauf, zur Arbeit, zum Training, insbe-

sondere der subjektiv empfundenen Intensität der Belastung. Weiterhin enthält es einige offene Fragen.

#### **4. Methodisches Instrumentarium**

##### **4.1 Verlaufsforschung – Zeitreihenanalyse**

Die methodische Basis für den Zugang zu (intraindividuellen) Verläufen des komplexen dynamischen Systems Training auf der Basis von Einzelfallanalysen stellt die Verlaufsforschung bzw. Prozessforschung in Form der Zeitreihenanalyse dar.

Die Persönlichkeit, also auch die Sportlerpersönlichkeit, gilt nicht nur als Inbegriff des Stablen, Invarianten, sondern steht in untrennbarem Zusammenhang mit Prozessen im Sinne von zeitlichen Reihen, der sich ablösenden Zustände (FAHRENBERG, 1984), die sich in der Sprache der Synergetik als Prozessgestalten darstellen.

So wird gerade in der Trainingslehre versucht, durch periodisierte, gezielte Homöostasestörungen im Rahmen des Trainingsprozesses die leistungsbestimmenden Faktoren im Jahresablauf so zu verändern, dass sie auf den Punkt optimal entwickelt sind. Hier handelt es sich also um gezielte, künstlich verursachte Fluktuationen zur Erzeugung von Attraktoren (Form!) durch den Kontrollparameter. Dies stellt die synergetische Besonderheit des Trainingsprozesses dar.

Um Erkenntnisse über den Trainingsprozess zu gewinnen, ist demnach eine Ausdehnung der zeitlichen Dimension von Untersuchungen, d.h. eine Veränderungsmessung notwendig. Auf der anderen Seite erweisen sich gewisse Verhaltensweisen, Eigenschaften und Grundüberzeugungen als relativ stabil über größere Zeiträume, so dass sich Änderungen meist nur durch unmerkliche Übergänge auszeichnen.

So wird sich die Schnelligkeitsausdauer eines Athleten durch den Trainingsprozess von Oktober zu Juni hin wesentlich verbessern, während z.B. ein verkrampfter Laufstil selbst bei sehr guten Sprintern über Jahre hinweg hält, bzw. gewisse Trainingsphasen von einem Jahr zum anderen ähnlich verlaufen dürften.

Die Aufdeckung von bzw. der Zugang zu Eigenheiten dieses dynamischen komplexen Systems Training/Sportler/Trainer ist über die Berücksichtigung zeitlicher Verläufe, d.h. die Verlaufsforschung (Prozessforschung), möglich.

Der Begriff Verlaufsforschung hat sich etabliert für "Längsschnittuntersuchungen mit mehr als zwei Messterminen über einige Monate bzw. Jahre hinweg. Neben traditionellen Paneldaten finden auch Ereignisdaten in diesem Rahmen Platz [...]. Dagegen wird der Begriff Prozessforschung zunehmend angewandt auf kürzerfristige Längsschnittuntersuchungen über einige Wochen oder Monate hinweg (vergleichbar der Prozessdiagnostik). Es handelt sich hier um sogenannte mikroanalytische Erhebungen. [...] Verlaufsforschung [...] lehnt sich an das Vorgehen in Entwicklungspsychologie und Sozialwissenschaften an. Sie ist makroanalytisch orientiert, umfasst daher Zeitabschnitte in Monaten bzw. Jahren. Sie analysiert die Verlaufsmuster intraindividuelle Entwicklung an einer hinreichenden Personenstichprobe, um anschließend nach differenzierenden Verallgemeinerungen Gesetzmäßigkeiten bzw. Gemeinsamkeiten auf interindividueller Ebene zu suchen" (WENDLAND & BANZER, 1995, 12f.). Für die Exploration dieser Verläufe benötigt man das entsprechende Datenmaterial in Form von Zeitreihen. Zeitreihenanalysen im Sport finden sich z.B. bei SCHLICHT (1998), MESTER & MAAS (1995), und FLOCK (1993).

„Eine Zeitreihe ist eine chronologisch geordnete Abfolge von Beobachtungswerten einer Variablen  $Y$ . Jeder Beobachtungswert  $Y_i$  ist einem Zeitpunkt bzw. einer Periode zugeordnet, wobei gilt:  $i = 1, 2, \dots, n$  ( $n$  Beobachtungswerte) und  $t_i > t_{i-1}$  für alle  $i$ .  $i$  nummeriert die Reihenglieder und zugleich die Perioden bzw. Zeitpunkte.  $t_i$  ist der der Periode  $i$  (dem Zeitpunkt  $i$ ) zugeordnete Messwert des quantitativen Merkmals Zeit. [...]“ (NEUBAUER, 1994, 123).

oder einfacher:

„Unter einer Zeitreihe versteht man eine zeitlich geordnete Menge von Beobachtungswerten. Verschiedene Einflussgrößen bestimmen den Verlauf einer solchen Reihe. Dabei geht man von der Überlegung aus, dass bestimmte Größen in ihrem Zusammenwirken die Beobachtungswerte bedingen. Bei der Analyse einer Zeitreihe wird versucht, die einzelnen Größen zu quantifizieren. Man unterscheidet gewöhnlich vier Bewegungskomponenten:

**die Trendkomponente**, die die langfristige Entwicklung einer Reihe anzeigt;

**die Saisonkomponente**, die die periodischen Schwankungen innerhalb eines Jahres (Monats, Tages) angibt;

**die zyklische Komponente**, die wiederkehrende Schwankungen aufweist, deren Schwingungsdauer mehr als ein Jahr beträgt;

**Restschwankungen**, für deren Erscheinungsbild keine regelmäßigen Einflüsse

erkennbar sind“ (FLEISCHER, 1976, 1236).

Durch verschiedene Modellannahmen können diese Komponenten verknüpft oder für Einzelaussagen verwendet werden.

## 4.2 Induktive lineare Modellierung

### 4.2.1 Einfache Instrumente der Zeitreihenanalyse

Folgende Instrumente stehen für die Zeitreihenanalyse zur Verfügung:

Der erste Schritt beim Ablauf einer Zeitreihenanalyse und zugleich das wichtigste methodische Hilfsmittel ist der **Graf (= Plot)** der Zeitreihe. Viele Charakteristika lassen sich schon bei dieser Form der Veranschaulichung erkennen.

Sehr häufig hat eine Zeitreihe im Zeitverlauf kein konstantes Niveau. Sie nimmt z.B. kontinuierlich zu oder ab. Dies dürfte bei den sich im Jahreszyklus und darüber hinaus entwickelnden Trainingsprozessen die Regel sein. In diesem Fall ist es sinnvoll, einen **Trend** der Zeitreihe anzugeben.

Dies kann einmal durch Anpassung einer globalen Trendfunktion in Form eines linearen Polynoms oder eines Polynoms höheren Grades sein. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Darstellung durch eine lokale Trendfunktion, d.h. durch Gleitmittelwerte.

Ein linearer Trend wird grafisch dargestellt durch eine Regressionsgerade. Die Gleichung für den Trend  $p_t$  lautet:

$p_t = b_0 + b_1 t^1$  mit  $b_0$  als Achsenabschnitt und  $b_1$  als Regressionssteigung (SCHMITZ, 1989 ).

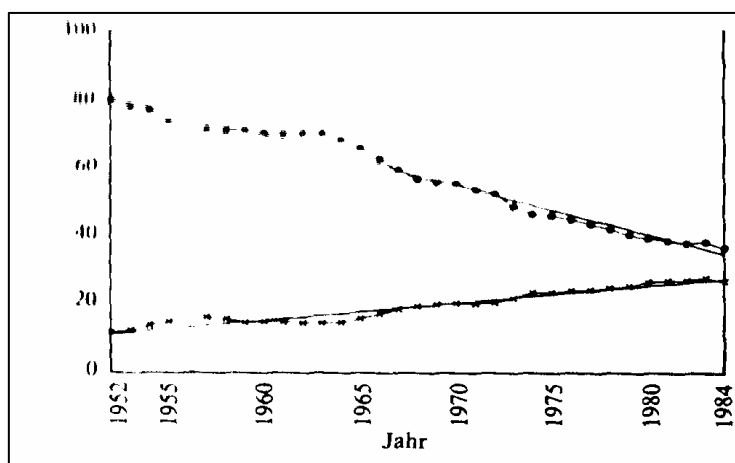


Abb. 28: Beispiel eines steigenden (untere Linie) und eines fallenden (obere Linie) linearen Trends (aus SCHMITZ, 1989)



Ein Polynom 2. Grades enthält zusätzlich zur Steigung noch einen Term, der die quadratischen Anteile beschreibt:

$$p_t = b_0 + b_1 t^1 + b_2 t^2 .$$

Mit Polynomen wird versucht, den gesamten Verlauf einer Zeitreihe global mit einer einzigen Funktion anzunähern.

Durch Gleitmittel kann eine Trendbestimmung erfolgen, die die Zeitreihe lokal möglichst gut beschreibt, eine allgemeine Funktion lässt sich dann allerdings nicht mehr angeben.

Ein allgemeiner **Gleitmittelwert** wird berechnet nach

$$g_t = \sum_{j=-s}^r v_j x_{t-j} \quad \text{mit Gewichten } v_j \quad \text{und} \quad \sum_{j=-s}^r v_j = 1 .$$

Es kommt bei der grafischen Darstellung des Gleitmittelwertes zu einer Glättung der Kurve, die dem Betrachter häufig ein übersichtlicheres Bild des Reihenverlaufs liefert und somit gewisse Entwicklungstendenzen besser aufzeigt.

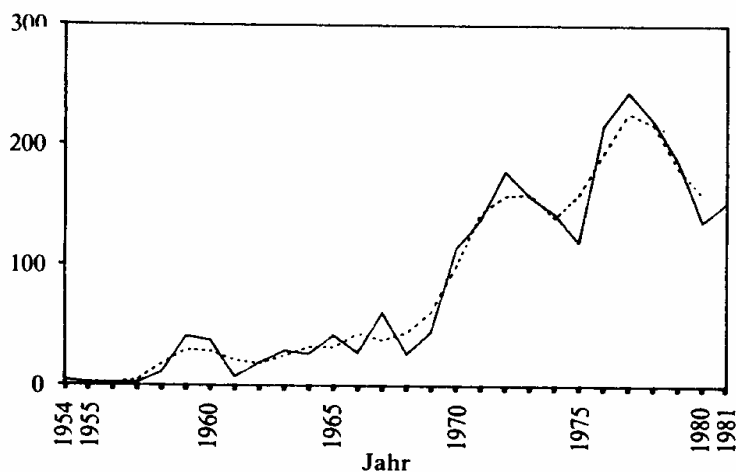


Abb. 29: Beispiel einer schwach geglätteten Gleitmittelkurve (gepunktet) im Verhältnis zur Originalkurve ungeglättet (Strichlinie)

Die **Autokorrelation** entspricht einer Korrelation der Zeitreihe mit sich selbst, d.h. sie untersucht die korrelativen Zusammenhänge der Zeitreihe mit der um x lags ver-

schobenen identischen Zeitreihe. Man erhält dadurch die Autokorrelationsfunktion (ACF).

Allgemein liefert die Autokorrelationsfunktion ein Bild über den zeitlichen Verlauf der seriellen Abhängigkeit.

Die allgemeine Formel für die Autokorrelation (lag k) lautet:

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Y_t - \bar{Y})(Y_{t+k} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2} \quad (\text{vgl. MAKRIDAKIS, 1984}).$$

Die Autokorrelation  $r_1 = 0,50$  gibt z.B. einen mittleren Zusammenhang an zwischen einer Variablenausprägung (etwa Müdigkeit) an aufeinanderfolgenden Tagen. Der Index 1 besagt in unserem Beispiel, dass die Zeitreihe um 1 lag (hier 1 Tag) verschoben worden ist.

Auf diese Weise könnten Trainingswirkungen in ihrer Gesamtbelastung analysiert werden.

Die Autokorrelation (ACF) ist ein Maß für den Zusammenhang zwischen einer Variablenausprägung heute (z.B. Müdigkeit) mit der an den Vortagen. Besteht ein Zusammenhang zwischen der Müdigkeit am Tag t von  $z_t$  und am Tag t-2 von  $z_{t-2}$ , so könnte es sein, dass diese Beziehung lediglich über die Müdigkeit  $z_{t-1}$  am dazwischenliegenden Tag t-1 verursacht wird oder durch einen direkten Zusammenhang zwischen Tag t und t-2.

Wenn nach einem Zusammenhang zwischen zwei Variablen gefragt wird, bei dem der Einfluss einer dritten ausgeschaltet oder konstant gehalten werden soll, bietet es sich an, die **Partialkorrelation (PACF)** zu berechnen (vgl. SCHMITZ, 1989; BORTZ, 1985).

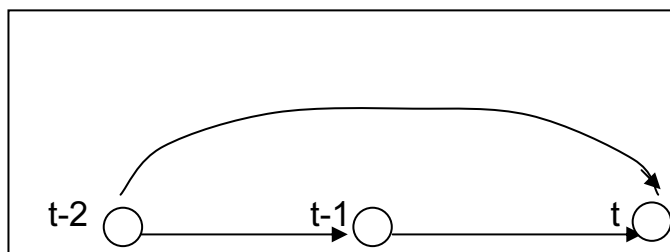


Abb. 30: Direkte (Pfeil oben) und indirekte Einflüsse (Pfeil unten) des Tages (t-2) auf den Tag (t) (aus SCHMITZ, 1989)

Auf diese Weise könnten Trainingswirkungen einzelner Trainingsarten bzw. -schwerpunkte analysiert werden, indem man versucht, für eine spezielle Fragestellung nicht relevante Trainingsgrößen (weitgehend) statistisch zu eliminieren.

Zeitreihen können nicht nur im Zeitbereich sondern, auch im Frequenzbereich betrachtet bzw. modelliert werden. Damit ist gemeint, dass eine Zeitreihe dargestellt wird als Summe von Schwingungen, die jeweils durch eine Periode oder Frequenz charakterisiert werden können. Die Periode gibt an, nach welchem Zeitraum sich ein Vorgang wiederholt. Die Frequenz ist einfach der Kehrwert der Periode. Den mathematischen Hintergrund für den Zusammenhang zwischen Zeit- und Frequenzbereich charakterisiert das Parsevalsche Theorem. Es sagt aus, dass die relevante Information einer Zeitreihe durch ihre periodischen Anteile beschrieben werden kann und umgekehrt: die gesamte relevante Information einer Zeitreihe kann aus der Zerlegung ihrer periodischen Anteile rückgeschlossen werden.

Bei der Analyse von Prozessen mit zyklischen Phänomenen wie bei der Trainingsperiodisierung empfiehlt sich zumindest ergänzend der Einsatz der **Spektralanalyse bzw. Fourier-Transformation** (SCHMITZ , 1987; TSCHACHER ,1997).

Die Fourier-Transformation zerlegt die Zeitreihe in zyklische Muster, d.h. sie wird aufgefasst als Summe von Sinus- und Cosinuswellen verschiedener Frequenz und Amplitude. Die Fourier-Transformation ist insofern ebenso wie die ARMA - Modellierung (vgl. S.100) eine lineare Abbildung; sie geht von der Summativität der (zyklischen) Komponenten aus.

Die Periodik kann man in vielen Fällen auch aus der ACF entnehmen. Die Autokorrelationsfunktion ergibt im Allgemeinen stabilere Statistiken als ein Periodogramm (siehe unten). Außerdem treten im Spektrum häufig Nebenperioden auf, die gelegentlich schwer interpretierbar sind und möglicherweise Artefakte darstellen. Diese und andere Probleme sind z.B. von BOX & JENKINS (1970) verschiedentlich hervorgehoben worden.

Das Ergebnis der Fourier-Transformation ist ein allgemeines Modell aus  $i$  Spektralkomponenten einer Zeitreihe der Länge  $n$ :

Formel:

$$z_t = \sum_{k=1}^i (A_k \cos(\omega_k t) + B_k \sin(\omega_k t)) + a_t \quad \text{mit } i = \frac{n}{2} .$$

Die Spektralanalyse kann mittels eines Periodogramms veranschaulicht werden. Dabei bieten die Ordinaten ein Maß für den Beitrag jeder Frequenz zur gesamten Variation in der Zeitreihe. Mathematisch werden dazu die Quadratsummen der Amplituden  $A_k$  und  $B_k$  gegen die Frequenzen bzw. die Wellenlänge abgetragen.

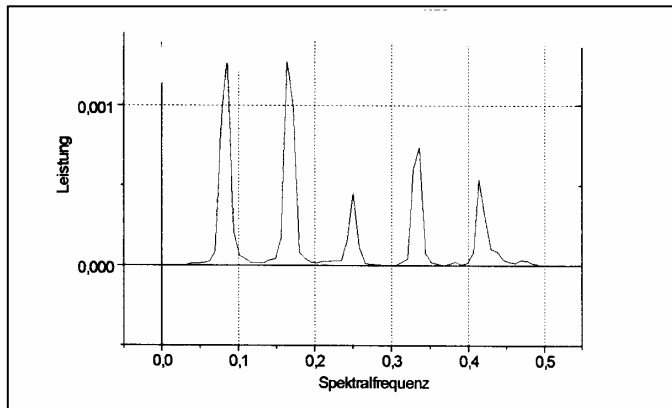


Abb. 31: Periodogramm mit fünf deutlichen Perioden (hier: 12, 6, 4, 3, 2.4 entsprechend den Frequenzen 0,083, 0,17, 0,25, 0,33, 0,42)

#### 4.2.2 ARIMA-Modellierung

Innerhalb der linearen Zeitreihenanalyse werden die Informationen über die serielle Abhängigkeit, die in der ACF und PACF repräsentiert sind, in ein (Gesamt)Modell umgesetzt (BOX & JENKINS, 1976; SCHMITZ, 1989). Es gibt prinzipiell zwei Möglichkeiten der Modellierung: die serielle Abhängigkeit wird entweder als Autoregression abgebildet, d.h. ein Wert ist ein mit einem Regressionsfaktor  $\phi$  gewichteter vergangener Wert plus eine aktuelle Zufallsgröße;

oder:

es wird der aktuelle Wert der Zeitreihe verstanden als Resultat der mit einem Faktor  $v$  multiplizierten vergangenen Zufallseinwirkungen (moving average-Prozess). In jeder Zeitreihenanalyse ist gesondert zu entscheiden, wieviele Zeitschritte zurückgegangen werden muss, um ein hinreichend gutes, aber auch möglichst sparsames Modell anzupassen. Ein allgemeines ARMA(p,q)-Modell (autoregressive moving average) ist zusammengesetzt aus einem AR-Modell p-ter Ordnung und einem MA-Modell q-ter Ordnung:

$$z_t = \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + \dots + \phi_p z_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} .$$

AR- und MA-Prozesse müssen, damit bestimmte mathematische Bedingungen erfüllt sind, schwach stationär sein (Siehe unten). Diese Voraussetzung würde die Anwendungsmöglichkeit solcher Modelle stark einschränken.

Durch Differenzenbildung kann eine nicht-stationäre Zeitreihe stationär gemacht werden.

Diesen Sachverhalt berücksichtigen BOX & JENKINS (1970), wenn sie die drei Modellkomponenten autoregressiver Prozess, moving-average Prozess und integrierter Prozess zu einem Modell zusammenfassen, das sie Autoregressiven Integrierten Moving-Average Prozess (ARIMA  $p,q,d$ ) nennen, wobei  $q$  die Ordnung des Moving-Average-Prozesses,  $p$  die Ordnung des autoregressiven Prozesses und  $d$  angibt, wie oft man Differenzen aus den Originaldaten bilden muss, um eine stationäre Zeitreihe zu erhalten (PETERMANN, 1989).

Diese Form der Modellierung stellt den seit einigen Jahrzehnten eingeführten Kern der (linearen) Zeitreihenanalyse dar. Auf die verschiedenen Tests und Kriterien, die die Güte einer ARMA-Modellierung evaluieren und eine sukzessive Modellschätzung möglich machen, soll hier nicht eingegangen werden. Wir werden im Rahmen der dynamischen Analyse unserer Sportlerzeitreihen auch eine Testung auf lineare Modelle vornehmen.

### **4.2.3 Stationaritätsbegriff**

Um eine Zeitreihenanalyse erfolgreich durchführen zu können, sollte die Variable die Eigenschaft der Stationarität aufweisen, da Nichtstationarität die Ergebnisse verzerren und verfälschen kann. Stationarität beinhaltet dreierlei Qualitäten:

#### **1. Varianz-Stabilität**

Dies bedeutet, dass jeder beliebige Abschnitt der Zeitreihe (jede einfach zusammenhängende Untermenge der Daten) in etwa dieselbe Varianz hat. Dies kann nachträglich durch Anwendung geeigneter Funktionen, z.B. mit den sog. Box-Cox-Transformationen erreicht werden. Es empfiehlt sich auch, die Werte auf der y-Achse zu zentrieren, indem man die Mittelwerte abzieht.

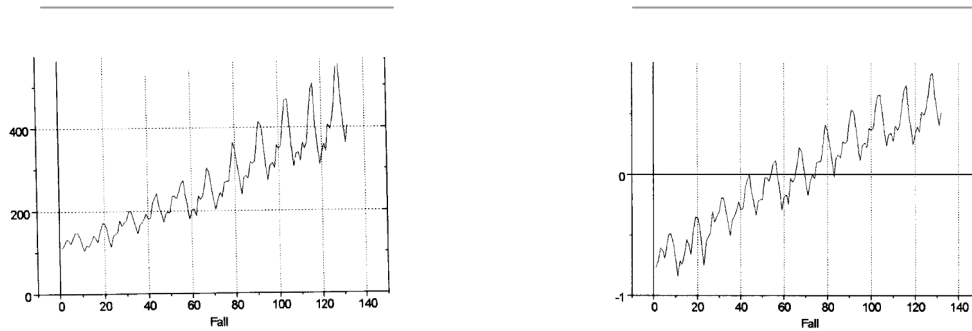


Abb. 32-33: Originalzeitreihe und varianzstabilisierte Zeitreihe

## 2. Kein Trend

Als Trend wird eine zeitliche Verschiebung des "Schwerpunkts" bezeichnet. Eine Variable ohne Trend zeigt demnach für beliebige Ausschnitte ungefähr denselben Mittelwert. Trends in den Daten werden oft einfach durch Differenzenbildung mit Vorgängern eliminiert. Die geeignete Methode zur Beseitigung solcher Trends ist die Anwendung einer Differenzfunktion  $\text{dif}(i)$ , mit der jeder Wert der Variablen durch die Differenz mit einem Vorgänger ersetzt wird. Die genaue Transformationsvorschrift lautet:

$\text{dif}(i): X_t \rightarrow X_t - X_{t-i}$  ( $t$  und  $i$  ganzzahlig).

Vom Wert  $X$  der Variablen zum Zeitpunkt  $t$  wird also der Wert des  $i$ -ten Vorgängers abgezogen. Wenn es sich um einen linearen Trend handelt, reicht meist schon die einmalige Anwendung von  $\text{dif}(1)$ , um zu einem stationären Mittelwert der transformierten Variablen zu kommen.

Für Zeitreihen, die z.B. exponentiell wachsen, wird eine mehrmaliges Anwendung von  $\text{dif}(1)$  notwendig sein.

## 3. Keine Periodizität

Es treten keine Regelmäßigkeiten in den Maxima und Minima der Variablen auf. Auch diese könnten durch Differenzenbildung mit Vorgängern geeigneter Periode verringert oder entfernt werden. Unterstützung zum Aufdecken von Perioden kann die Spektralanalyse liefern. Man beginnt in der Regel mit der höchsten Periode.

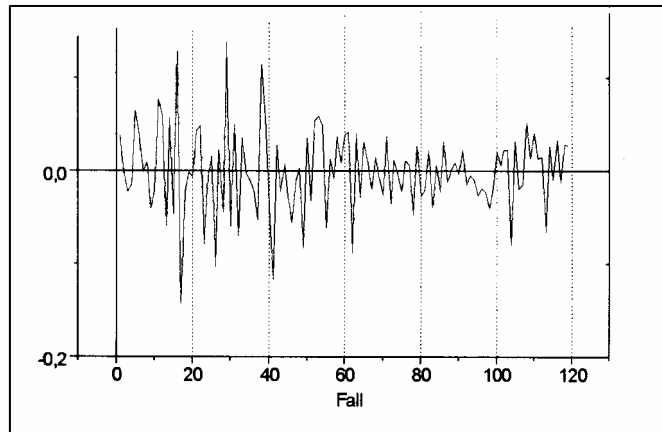


Abb. 34: Stationäre Zeitreihe mit eliminierten Trends und Perioden

#### 4.2.4 Multivariate lineare Modellierung

Werden mehrere Variablen über die Zeit betrachtet, bietet sich eine Analyse mittels Kreuz(Cross-)korrelationen an.

Mit diesem statistischen Instrument kann nicht nur der Zusammenhang einer Variablenausprägung mit einem Zustand dieser selben Variablen zu einem vorausgegangenen Zeitpunkt analysiert werden, sondern auch die wechselseitigen zeitverschobenen Beziehungen verschiedener Variablen. Bei sportlichen Fragestellungen wäre z.B. der Zusammenhang zwischen Müdigkeitsempfinden und anaeroben Training bei Trainingswirkungsanalysen von Interesse.

Dabei drängt sich der Wunsch auf, die mit den Kreuzkorrelationen ermittelten Zusammenhänge zwischen den Zuständen bei sportlichen Leistungsprozessen im Einzelfall modellhaft darzustellen.

In der Sportwissenschaft gibt es einzelne Ansätze, prozessuale Kontexte darzustellen (LAMES, 1994; MIETHLING & PERL, 1981; KUCHENBECKER, 1990). Mit der Zustand-Ereignis-Modellierung liegt ein systematischer konzeptioneller Ansatz vor, der es ermöglicht aus Zuständen und Ereignissen beliebig komplexe Modelle grafisch zusammenzufügen (vgl. Abb.35).

Ihr liegt der Gedanke zugrunde, dass das zu modellierende System sich zu jedem Beobachtungszeitpunkt in einem definierten Zustand befindet, welcher sich erst nach Eintritt eines definierten Ereignisses zum Folge-Zustand ändert. Wie PERL darstellt, bestehen die Vorzüge dieser Form der Modellierung in der geschlossenen Abbildung

jedes einzelnen Prozesses so wie des gesamten Systems. Für die Beschreibung komplexen menschlichen Verhaltens erscheint der Ansatz wegen seines Strukturierbarkeitsanspruchs und seines inhärenten Determinismus weniger geeignet. Dieser Modelltypus lässt zwar prinzipiell Aussagen über die Darstellung prozessualer Zusammenhänge bei hoher struktureller Auflösung zu, jedoch wären die Anforderungen an die Erfassung und Auswertung der Daten und somit der Praktikabilität zu hoch. Daher muss bei der prozessorientierten Modellierung grundsätzlich ein höheres Abstraktionsniveau mit einer geringeren Auflösung in Ansatz gebracht werden (PERL, LAMES & MIETHLING, 1997)). Diese Problematik versuchten wir, durch unseren ganzheitlich, synergetischen Ansatz zu vermeiden.

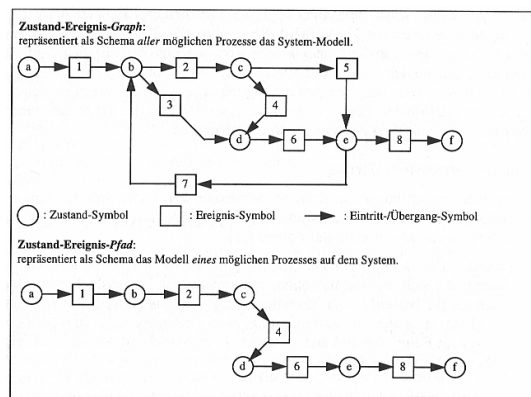


Abb. 35: Zustands-Ereignis-Graf  
(aus PERL, LAMES & MIETHLING, 1997)

Eine weitere Methodik, die sich anbietet, um Kausalmodelle von Wirkungsgefügen auf der Basis multivariabler Erhebungen zu erstellen, ist die Zustandsraummodellierung in Form einer kanonischen Korrelationsanalyse.

Dabei werden die empirischen Zeitreihen einer multiplen Zeitreihenanalyse unterworfen, um ein Zustandsraummodell für jeden Datensatz zu errechnen. Ergebnis der Analyse sind die Regressionen zwischen den in der Zeit verschobenen Zustandsdaten, also etwa zwischen gehobener Stimmung, Trägheit und Müdigkeit. Die auf Einzelsystemebene erstellten Regressionskoeffizienten geben Hinweise, welche Variablen an einem Tag t-1 welche anderen Variablen am nächsten Tag t wie beeinflussen. Dadurch lassen sich z.B. multiple Zusammenhänge wie etwa „Eine Erhöhung der Müdigkeit heute zieht bei Sportler X morgen signifikant eine größere Missstimmung, nicht aber eine höhere Trägheit nach sich“ deskriptiv darstellen.



Zustandsräume beschreiben multivariate Systeme sehr kompakt. Damit Zeitreihenmodelle als Zustandsraummodelle geschrieben werden können, bedarf es der Einführung der sog. Zustandsraumform (ZRF). Die ZRF stellt ein Instrument zur Handhabung einer weiten Spanne von Zeitreihenmodellen dar, die auch nicht stationäre Prozesse mit einschließt.

Zur Definition der Zustandsraumform sei  $Y_t$  ein  $N \times 1$  Vektor der beobachteten Variablen zum Zeitpunkt  $t$ .

Diese Variablen sind mit einem  $m \times 1$  Vektor  $a_t$ , dem sogenannten Zustandsvektor durch die Beobachtungsgleichung  $Y_t = Z_t a_t + d_t + e_t$ ,  $t = 1, \dots, T^*$  verbunden. Darin bezeichnet  $Z_t$  eine nichtstochastische  $N \times m$  Matrix,  $d_t$  einen nichtstochastischen  $N \times 1$  Vektor und  $e_t$  einen  $N \times 1$  Vektor seriell unkorrelierter Störgrößen mit  $E(e_t) = 0$  und  $\text{Var}(e_t) = H a_t$ .

Der Zustandsvektor beschreibt den aktuellen Zustand des Modells. Er komprimiert die Information, mit der auf der Basis der vergangenen und gegenwärtigen Beobachtungen gegenwärtige und zukünftige Werte vorausgesagt werden können. Seine Elemente müssen nicht unbedingt direkt beobachtbar sein. Jedoch wird unterstellt, dass sie durch einen Markov-Prozess erster Ordnung beschrieben werden können. Die Markov-Eigenschaft besagt, dass die gesamte Information für die Zukunft bereits in der Gegenwart enthalten ist. Wie es zum gegenwärtigen Zustand kam, ist dabei nicht wesentlich (vgl. SCHLITTEGEN & STREITBERG, 1997). Formal ergibt sich neben der Beobachtungsgleichung die Übergangsgleichung als zweite Grundgleichung von Zustandsraummodellen. Sie hat die Form  $a_t = T_t a_{t-1} + c_t + R_t \eta_t$ ,  $t = 1, \dots, T^*$ , wobei  $T_t$  eine  $m \times m$  Matrix,  $c_t$  ein  $m \times 1$  Vektor,  $R_t$  eine  $m \times g$  Matrix und  $\eta_t$  ein  $g \times 1$  Vektor unkorrelierter Störgrößen ist.  $T_t$ ,  $R_t$  und  $c_t$  sind nichtstochastisch.

In dieser allgemeinen Form sind solche Zustandsraummodelle für unsere Zwecke zu komplex und einer empirischen Analyse kaum zugänglich. Beschränkt man sich allerdings auf die zweite Gleichung, geht also davon aus, dass die multiplen Zustandsvariablen - in unserem Fall z.B. Müdigkeit, gehobene Stimmung, usw. - direkt der Beobachtung zugänglich sind, so kann man die Übergangsmatrix  $T_t$  aus den entsprechenden Korrelationskoeffizienten gewinnen. Die Ergebnisse lassen sich dann als Beschreibung eines multivariablen Systems von Sportlerzuständen auf einfache Art sehr anschaulich grafisch in seiner Zustandsraum-Darstellung (TSCHACHER, 1997) visualisieren (vgl. Abb. 36).

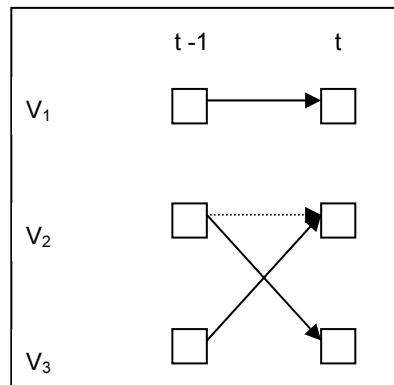


Abb. 36: Zustandsraummodell

Eine andere Form, Zustände eines dynamischen Systems im Raum abzubilden, ist die Phasenraumdarstellung. Wir stellen diese Methode ausführlich bei der Einführung der nichtlinearen induktiven Modellierung (vgl. S. 110) vor.

Wie bei der Analyse einer Variablen können auch Modellanpassungen und Prognosen auf der Basis mehrerer Variablen durchgeführt werden. Solche Modellidentifikationen spielen in dieser Abhandlung keine wesentliche Rolle.

Eine weitere lineare Methode, die es erlaubt, die Faktoren eines Systems zu extrahieren bzw. die lineare Dimensionalität eines multivariaten Datensatzes abzuschätzen, stellt die Faktorenanalyse dar (TSCHACHER & GRAWE, 1996). Sie ist somit von immenser praktischer Bedeutung bei multivariater Zeitreihenanalyse, wenn es darum geht, zu klären, ob die Information in den Variablen nicht durch geeignete Transformationen sparsamer und transparenter dargestellt werden kann. Mit der Hauptkomponentenanalyse kann die  $p \times p$  bzw.  $t \times t$  Korrelationsmatrix faktorisiert werden, wobei  $p$  die Merkmale des Systems und  $t$  Zeitpunkte darstellen. Die Anzahl der sich ergebenden Merkmals- bzw. Situationsfaktoren mit einem Eigenwert  $> 1$  stellt ein Maß für die Komplexität einer multiplen Ausgangszeitreihe dar. Eine relativ hohe Anzahl von Faktoren weist auf eine hohe Komplexität hin (TSCHACHER, 1997).

Eine Zusammenstellung möglicher dimensionsanalytischer Ansätze und eine Diskussion ihrer Besonderheiten findet sich bei SCHMITZ (1989).

#### 4.2.5. Kritische Analyse linearer induktiver Modellierung

In dieser Abhandlung gehen wir davon aus, dass vom System lediglich Realisationen in der Zeit bekannt sind. Man kann diese Form der von uns gewählten induktiven Modellierung als behavioristisch bezeichnen. Das System wird als black-box behan-

delt, über die nichts als ihr Verhalten/Zustand bekannt ist. Allein der Output des Systems, sein Verhalten/Zustand in der Zeit, sowie ggf. seine Input-Output-Relationen werden herangezogen, um die Binnenstrukturen der black-box bzw. die Leistungsstruktur der Sportlersysteme zu erhellen (PERL, LAMES & MIETHLING, 1997).

Solche black-box-Modelle haben erhebliche Nachteile:

Unberücksichtigt bleiben die qualitative Abbildung der internen Komponenten- und Interaktionsstrukturen wie beim white box-Modell. Dadurch ist es nicht möglich, über die modellierten Wirkungszusammenhänge auch systeminterne Regelmechanismen zu analysieren als Basis für steuernde Eingriffe in das System.

Da black-box Modelle keine Aussagen über strukturelle Kenntnisse des Prozesses und seine Abhängigkeiten machen, können keine künftigen Änderungen des Verhaltens/Zustände und der Kontextbedingungen abgebildet werden. Diese vorausgesetzte Zeit- und Kontextinvarianz engt die Möglichkeiten der (Fein-)Analyse von Prozessen und insbesondere deren Prediktion erheblich ein (PERL, LAMES & MIETHLING, 1997).

Unserer Auffassung nach ist jedoch das Fachwissen zum Betrachtungsgegenstand „sportliche Leistung“ noch nicht ausreichend, um aus bereits bekanntem und replizierten Zusammenhangswissen eine Theorie zusammenzustellen und auf deren Basis aussagekräftige white-box-Modelle zu entwickeln und ihre dynamischen Folgerungen zu studieren.

Der Zustand des Sportlers, das auf ihn wirkende Training und insbesondere die daraus resultierende sportliche Leistung stellen das Resultat einer Vielzahl äußerer und innerer Bedingungen des Sportlers bei Vorhandensein zahlreicher Teilsysteme dar. Es ist bisher nicht möglich, das Szenario um die sportliche Leistung in allen Details zu erfassen.

Mit einer systemischen Betrachtungsweise könnte dieses Problem allerdings gemindert werden. Der Leistungszustand eines Sportlers als psychosoziale Einheit wäre als eine Ganzheit mit einer oder wenigen Größen, den Ordnungsparametern, erfassbar. Diese ganzheitliche Betrachtungsweise bedeutet, dass die aufgrund ihres hohen Komplexitätsgrades kaum modellierbare sportliche Leistung nicht nur auf ihre Einzelkomponenten reduziert und als Summe von relevanten weitgehend noch nicht umfassend untersuchten Subsystemen (z.B. Trainingswirkungsanalysen) aufgefasst wird (WITTE, 2002).

So erkannte schon KLEMM (1938) in seinen Untersuchungen zum Wurf den in den nichtlinearen Theorieansätzen zum Ausdruck kommenden Leitsatz, dass das Ganze genauer abläuft als seine Teile. Auch VOIGT (1938) zeigte in seinen Untersuchungen zum Weitsprung, dass das Ganze in Form der Weitsprungweite sich wesentlich genauer vollzieht, als es die bloßen Schwankungen der Teilstücke (Absprunggeschwindigkeit, -winkel) erwarten lassen.

Dazu kommt, dass es zwar eine erstrebenswerte Zielvorgabe darstellt, zuverlässige Prognosemodelle zur Prediktion der sportlichen Leistung zu entwickeln und geeignete Instrumente zu deren Umsetzung zur Verfügung zu stellen. Dem Trainingspraktiker ist jedoch zunächst schon viel geholfen, wenn er die Entwicklung des Zustandes des Sportlers und seiner Leistungsfähigkeit aus der Vergangenheit bis in die Gegenwart kontinuierlich verfolgen kann als Entscheidungshilfe für mögliche Interventionen, bis hin zu einer bewussten Veränderung der Kontextbedingungen.

Unsere Studie zur sportlichen Leistung hat explorativ beschreibenden Charakter. Ziel ist, systematisch durch eine Analyse der Regelmäßigkeiten und Wirkungszusammenhänge sowie der schrittweisen Eingrenzung des Modellcharakters einen Beitrag im Rahmen der Grundlagenforschung zur Detektion des Wesens von Sportlersystemen zu leisten. Probleme der Prediktion stehen dabei noch im Hintergrund.

Wir gehen weiterhin davon aus, dass krasse Veränderungen in den Kontextbedingungen (z.B. schwere Verletzungen) die Ausnahme darstellen. Durch das Trainingsjahr induzierte mögliche Veränderungen (Verhalten, Zustände in der Vorbereitungs- bzw. Wettkampfperiode) werden durch die Wahl der Untersuchungszeiträume berücksichtigt. Gewisse Bedingungen bleiben zudem aus organisatorischen Gründen über längere Zeiträume grundsätzlich stabil (z.B. montags immer Krafttraining, da der Kraftraum frei ist, am Wochenende Wettkampf bzw. Ligaspiel).

Da der Modellcharakter (linear?, nichtlinear?) durch diese Arbeit erst eingegrenzt werden soll, sind lineare Analyseinstrumente nicht grundsätzlich abzulehnen. Vielmehr lassen Untersuchungsergebnisse auf der Basis dieser Methoden (z.B. schwache Autokorrelationen) Rückschlüsse auf die Komplexität von Systemen zu und induzieren weitergehende Analysen. Weiterhin sinkt z.B. die ACF bei chaotischen und stochastischen Prozessen mehr oder weniger rasch ab, wobei bei einem reinen Zufallsprozess es bei einer Zeitverzögerung von  $\tau = 1$  schlagartig zu einem Zerfall der Autokorrelation kommen würde.

Untersucht man z.B. mittels Spektralanalyse, wie viele unabhängige Frequenzen in einer chaotischen Zeitreihe enthalten sind, so findet man meist sehr zahlreiche. Das sog. Power-Spektrum ist breit, es gibt keine dominierenden Frequenzen. Damit lässt sich Chaos klar von periodischen Dynamiken unterscheiden, selbst wenn diese in komplexer Weise von mehreren, sich überlagernden Frequenzen erzeugt werden. Doch sind breite Power-Spektren wiederum nicht geeignet, Chaos von Zufall abzugrenzen, da auch ungefiltertes Rauschen bekanntermaßen sehr viele Frequenzen enthält (SCHIEPEK & STRUNK, 2000).

Vor oben dargestelltem Hintergrund eines ersten ganzheitlichen Zugangs unter Vernachlässigung der Prediktion ist die Verwendung der vorne angeführten a-posteriori black-box-Standardmethoden in dieser Arbeit zu sehen.

Im Rahmen einer Methodenkritik sei jedoch darauf hingewiesen, dass bei funktionsorientierten Trendanalysen (Polynomen) ein beliebiges Prozessverhalten einer Variablen, das zu  $n+1$  Messzeitpunkten ermittelt wird, durch ein Polynom  $n$ -ten Grades exakt reproduziert werden kann. Ein Polynom  $n$ -ten Grades kann also exakt durch  $n+1$  Punkte gelegt werden. Durch das Zugeständnis an die Freiheitsgrade eines Modells lässt sich demgemäß immer eine „Validierung“ erreichen, die nicht zwingend einer inhaltlichen Validierung entspricht (PERL, LAMES & GLITSCH, 1997).

Das Polynom durchläuft zwar exakt alle Datenpunkte, hält sich aber zwischen den Datenpunkten und vor allem auch im weiteren Verlauf nicht an die Daten. Polynome sind zudem äußerst ungeeignet zur Extrapolation von zeitlichen Prozessen, da sie ab Grad 2 ein ausgeprägtes asymptotisches Verhalten gegen unendlich aufweisen. Auch ein linearer Trend übersteigt bald jede Grenze, was im Allgemeinen natürlichen Prozessen nicht eigen ist (LAMES, 1994). Funktionsorientierte Trendanalysen setzen weiterhin eine Determiniertheit des Verhaltens voraus und gehen zusätzlich davon aus, dass der Verhaltensrahmen durch die Funktion strukturell beschrieben werden kann. Ähnliches gilt für die Korrelationsmessungen und Fouriertransformationen.

Aus diesem Grund soll in dieser Arbeit auf die Verwendung von funktionsorientierten Trendanalysen - außer aus Gründen der Veranschaulichung im Softwarepaket TISSY (vgl. S. 270ff.) - verzichtet werden. Die Fourieranalyse soll nur exemplarisch an einem Fall demonstriert werden (vgl. S. 165f.). Die anderen Instrumente erscheinen für die Zielsetzung dieser Arbeit - wie oben ausführlich begründet wurde - durchaus geeignet.

### **4.3 Nichtlineare induktive Modellierung**

#### **4.3.1 Das Linearitätsproblem und nichtlineare Modelle**

Bisher wurden einfache Möglichkeiten einer stochastischen linearen Modellierung von Zeitreihen angesprochen.

Die Gründe liegen zum einen darin, dass die Erfahrungen mit Verfahren zur nichtlinearen Analyse von Zeitreihen noch nicht ausgereift sind. Insbesondere gilt im multivariaten Fall in Ermangelung geeigneter Verfahren die Linearitätsannahme (TSCHACHER, 1997).

Dazu kommt, dass zur Anwendung nichtlinearer Algorithmen meist eine erhebliche Anzahl (ab 1000) von Messwerten in Form von äquidistanten Zeitreihen erforderlich ist, die im Trainingsplanungsbereich nur schwer beizubringen sind.

Linearität ist nach PRIESTLEY (1981) in der Realität nur selten anzutreffen. Nichtlineare Prozesse können aber gewissermaßen stückweise durch lineare Prozesse approximiert werden. In mittleren Skalenbereichen ist die Linearitätsannahme noch am ehesten gegeben.

Zudem umfasst die Annahme der Nichtlinearität als Sonderfall auch lineares Verhalten. Demzufolge ist ein nichtlinearer Ansatz allgemeiner und schließt eine eventuelle Linearität mit ein (WITTE, 2002).

Ein Aufgeben der Linearitätsforderung bedeutet, dass auch niveauabhängige Prozesse betrachtet werden können. Dadurch kann man Systeme untersuchen, bei denen in Extrembereichen eine andere Regulation erfolgt als in mittleren Bereichen, d.h. das System reagiert anders, wenn ein bestimmter Schwellenwert über- bzw. unterschritten wird (SCHMITZ, 1989). Dieses Systemverhalten dürfte typisch für den Höchstleistungssport sein.

#### **4.3.2 Einbettung einer Zeitreihe**

Wenn man didaktisch den Weg der geometrischen Veranschaulichung über das Konzept des Zustandsraums (synonym: Phasenraums) geht, lassen sich die Methoden für die Analyse von komplexen dynamischen Systemen am besten einführen und begründen. Ein Phasenraum wird aus allen Dimensionen aufgespannt, die zur vollständigen Beschreibung der Dynamik des Systems notwendig sind. Ein Zustand eines dynamischen Systems zu einem Zeitpunkt  $t_0$  ist dann genau festgelegt, wenn die Ausprägungen aller  $m$  relevanten Variablen eines Systems zu einem Betrachtungs-

tungszeitpunkt bekannt sind. Man kann dies durch einen Vektor darstellen, dessen Komponenten diese Variablenausprägungen sind:  $z_0 = (x_1, x_2, \dots, x_m)$  (TSCHACHER, 1997). Ein Phasenraumpunkt stellt den momentanen Zustand des Systems dar. Die Verbindung zwischen den einzelnen Punkten wird als Trajektorie bezeichnet. Durch die Sukzession der Zeitpunkte, zu denen die Zustände gehören, hat die Trajektorie auch eine Richtung.

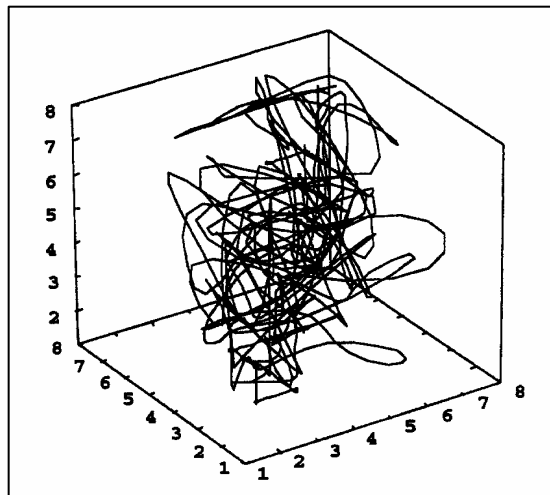


Abb. 37: Trajektorie der Dynamik einer Zeitreihe im Phasenraum (aus TSCHACHER, 1997)

In vielen Anwendungen ist es jedoch nicht möglich, mehr als eine Observable des Systems in der Zeit zu erheben. In solchen Fällen wird ein Ersatzphasenraum konstruiert. Hierfür hat sich die Methode der zeitverzögerten Koordinaten nach TAKENS (1981) als brauchbar erwiesen. Er nutzt hierfür die Autokorrelation der einzelnen Zeitreihe aus. Statt der Komponenten  $(x_1, x_2, \dots, x_m)$  des „wahren“ Zustandsvektors werden zeitverschobene Werte der einen erhobenen Variablen verwendet. Bei einer Zeitverschiebung  $\tau$  ergibt sich ein rekonstruierter Zustandsvektor

$\vec{z}_{t_0} = (x_{t_0}, x_{t_0+\tau}, x_{t_0+2\tau}, \dots, x_{t_0+(m-1)\tau})$ , wobei  $m$  die richtige Dimension des Zustandsraumes=Anzahl der Einbettungsdimensionen bezeichnet.

TAKENS (1981) wies nach, dass typische Eigenschaften des Systems im Phasenraum bei der Rekonstruktion durch die zeitverzögerten Koordinaten erhalten bleiben. Damit besteht die Möglichkeit, den Phasenraum aus der Zeitreihe einer Größe zu erhalten.

Für die Rekonstruktion des Phasenraums werden die Parameter  $\tau$  und  $m$  benötigt. Die richtige Wahl der Größe der **Zeitverzögerung**  $\tau$  ist dabei für die korrekte Gestalt eines möglichen Attraktors von großer Bedeutung.

Ist die Größe der Zeitverzögerung gut gewählt, sind die gelagten Komponenten des Zustandsvektors weder völlig unabhängig noch völlig abhängig voneinander. Ist nämlich  $\tau$  zu klein gewählt, d.h. sind die Komponenten zu wenig voneinander getrennt, wird der Attraktor schlecht aufgefaltet, denn die Achsen des Phasenraums geben dieselbe Information wieder. Ist  $\tau$  zu groß, d.h. sind die Komponenten völlig unkorreliert, ginge die Gestalt des Attraktors verloren, da er in ganz unabhängige Richtungen des Phasenraums projiziert wird.

Zur Bestimmung von  $\tau$  liegen verschiedene Algorithmen vor (vgl. SCHUSTER, 1994; BUZUG, 1994; LOISTL & BETZ, 1994; SCHIEPEK & STRUNK, 1994).

Als häufig verwendete Faustregel für die Wahl von  $\tau$  wird generell der lag des ersten Minimums der ACF verwendet. Eine mögliche Gefahr bei diesem Verfahren kann allerdings sein, dass die Autokorrelation als lineares Maß die nichtlineare Abhängigkeit der Komponenten des Zustandvektors unzureichend erfasst.

Die zweite Frage bei der Rekonstruktion des Phasenraums aus einer einzelnen Observablen betrifft die **Einbettungsdimension**  $m$  und damit die zentrale Frage nach der Anzahl der Freiheitsgrade (der Dimensionalität) des Systems.

Für manche Systeme, für die multiple Zeitreihen vorliegen, kann die Dimensionalität aus der Kovarianzmatrix linear geschätzt werden, indem man etwa ein faktorenanalytisches Verfahren über die Zeit (z.B. eine P-Technik nach CATTELL, 1951) verwendet (vgl S.106).

Eine weitere Methode zur Bestimmung der Einbettungsdimension  $m$ , die wir hier vorstellen möchten, ist die Methode der "falschen nächsten Nachbarn" (false nearest neighbours) (KENNEL & ISABELLE, 1992). Nächste Nachbarn sind solche Zustände eines Systems bzw. Punkte im Phasenraum, die den geringsten Abstand zu einem Bezugspunkt haben. Falsche nächste Nachbarn sind nur deshalb einem Referenzpunkt benachbart, weil der noch nicht genügend aufgefaltete Phasenraum sie in eine solche Nachbarschaft projiziert hat. TSCHACHER (1997) verwendet hierfür den anschaulichen Vergleich des Schattens eines über einer Person fliegenden Flugzeugs direkt neben dem auf die Erde geworfenen Schatten dieser Person, ohne dass das Flugzeug und diejenige im "wirklichen" dreidimensionalen Raum benachbart sind. Im



richtig dimensionierten Phasenraum sollten solche irreführenden Nachbarschaften nicht mehr vorkommen; die gewählte Einbettung entfaltet dann die Zustände des Systems topologisch zutreffend. Falsche nächste Nachbarn sind also Indikatoren für die Wahl von  $m$ . Diejenige Einbettung, bei der im Idealfall keine falschen nächsten Nachbarn (NN) mehr auftreten, ist die zu wählende Dimension des Phasenraums. Das Verfahren wird ausführlich bei TSCHACHER (1997) beschrieben.

Die falsche NN-Methode ist die beste derzeitig verfügbare Methode zur Bestimmung der Dimension des Phasenraums (STEWART, 1995).

Wir benötigen die Bestimmung der Zeitverzögerungskonstante ebenso wie die Festlegung der Einbettungsdimension zur Identifikation von Systemarten. Wir werden ein analoges, auf die NN-Methode gestütztes Verfahren verwenden, indem diejenige Einbettung gewählt wird, bei der die Vorhersagbarkeit des Systems aufgrund der NN ein Optimum aufweist (vgl. S.117). Die Berechnungen hierfür erfolgen mit dem DOS-Programm „Sugihara“ von TSCHACHER & SCHEIER (1995).

### **4.3.3 Typische Eigenschaften eines Systems im Phasenraum**

#### **4.3.3.1 Empirische Maße im Überblick**

Der Nachweis nichtlinearer Dynamik in empirischen Zeitreihen durchläuft verschiedene Stufen. Zunächst muss eine Zeitreihe natürlich per Augenschein irreguläres Verhalten zeigen. Bewegt sich das Verhalten eines Systems etwa im Phasenraum z.B. auf einen konstanten Wert hin (Fixpunktattraktor) oder oszilliert regelmäßig, wird es sich wohl kaum um Chaos handeln.

Anhaltspunkte für eine nichtlineare dynamische Struktur zeigen sich wie auf S. 108f. dargestellt auch anhand linearer Analysen, wie z.B. Korrelationsverläufe oder Spektralanalysen. Jedoch ist eine Abgrenzung von rein zufälligen Mustern auf dieser Basis kaum möglich.

In der Chaosforschung wurden eine Reihe von Kenngrößen entwickelt (empirische Maße), die es erlauben, ein dynamisches System im Zustandsraum zu charakterisieren, z.B. um deterministisches Chaos von Zufall zu unterscheiden (SCHUSTER 1994; LOISTL & BETZ, 1994; BUZUG, 1994; ELBERT, RAY, KOWALIK, SKINNER, GRAF & BIRBAUMER, 1994; SCHIEPEK & STRUNK, 1994). Die ergodische Theorie liefert den mathematischen Ausgangspunkt für eine Diskussion solcher zeitinvarianter Maße und Deskriptoren von dynamischen Systemen. Dem Aufsuchen von Invari-

anten kommt bei der nichtlinearen Modellierung eine zentrale Rolle zu. Invarianten sind solche Maße, die bei einer Reihe von Transformationen des untersuchten Systems konstant bleiben, z.B. bei einer Veränderung der Anfangsbedingungen, während verschiedener Zeitabschnitte des Systems (TSCHACHER, 1987). Im Folgenden sollen die wichtigsten empirischen Maße zur Charakterisierung dynamischer Systeme im Zustandsraum im Sinne eines knappen systematischen Überblicks kurz angesprochen werden, wobei für weiterführende mathematische Details, insbesondere Herleitungen und Berechnungsverfahren auf die Originalliteratur verwiesen wird. Ausführlicher soll nur auf die Maße eingegangen werden, die im Rahmen der Arbeit für die Identifizierung von Systemen Anwendung finden, also auf die Lyapunov-Exponenten sowie auf Forecast (nichtlineare Vorhersagealgorithmen) und die Surrogatdatenmethode:

- Schätzungen der fraktalen Dimensionalität eines Attraktors  
Trajektorien, die auf sog. chaotischen Attraktoren verlaufen, zeigen viele Eigenschaften von rein zufälligen Entwicklungen. Sie sind zumindest auf Dauer nicht vorhersagbar. Chaotische Dynamik lässt sich aber von stochastischer Dynamik durch ihre finite fraktale Dimension trennen. Es gibt mehrere Möglichkeiten der Dimensionalitätsberechnung. Der in den Anwendungen am weitest häufigsten verwendete Algorithmus stammt von GRASSBERGER & PROCACCIA (1983). Im Falle deterministisch-chaotischer Dynamik konvergiert bei diesem Algorithmus die Dimensionalitätsberechnung auf einen bestimmten (nicht-ganzzahligen) Wert, im Falle reinen Zufallsrauschen nicht. Es werden alle angebotenen Einbettungsräume ausgefüllt. Man ist in der Zwischenzeit zu der Ansicht gelangt, dass die Berechnung der fraktalen Dimensionalität eine unökonomische und schlecht interpretierbare Methode darstellt. Zudem werden für dieses Maß viele Datenpunkte benötigt. Es sagt nichts über die Dynamik im Phasenraum aus, sondern bezieht sich nur auf die filigrane Struktur des Attraktors. Es bietet sich daher in den meisten Fällen an, nach dynamischen Systemeigenschaften zu suchen (TSCHACHER, 1997).

- Entropiemaße

Sie beschreiben den Informationsverlust und den Grad der Nichtvorhersehbarkeit im Fluß eines dynamischen Systems. So ist Zufall überhaupt nicht vorhersehbar. Information über die bisherige Entwicklung des Systems ist am nächsten Messzeitpunkt

bereits unbrauchbar. Dagegen wäre eine Sinusschwingung ein System mit einer streng periodischen Entwicklung und bekannter „Historie“. Dieses System ist optimal vorhersehbar und es tritt kein Informationsverlust auf. Chaos liegt irgendwo dazwischen. Zwei minimal unterschiedliche Anfangswerte führen bei chaotischer Dynamik nach einer finiten Zeit zu deutlich unterschiedlichen Zuständen, d.h. benachbarte Trajektorien divergieren.

#### - Topologische Invarianten

Invariante Maße (z.B. Entropie) können quantitative Maße sein. Es existieren aber auch qualitative Eigenschaften, die etwa topologische Attribute von Attraktoren im Phasenraum ansprechen, um ein System klassifizieren zu helfen.

So können etwa Attraktoren mit einem Loch in der Mitte von anderen Attraktoren unterschieden werden, deren Mitte zum Einzugsbereich des Attraktors gehört. Die Klassifizierung ist bisher allerdings erst für Attraktoren in dreidimensionaler Einbettung praktikabel. Solche qualitativen Klassifikationen könnten eines Tages im Bereich der Trainingswissenschaft eingesetzt werden, um chaosverdächtige Prozesse gruppieren zu können, auch wenn aufgrund der Datenqualität oder Skalendignität die Bestimmung kontinuierlicher Invarianten schwierig ist.

#### - Noice-versus-Chaos (NVC)

Der NVC-Algorithmus prüft, ob eine einzelne univariate Zeitreihe eine serielle Struktur besitzt, die von der eines linear stochastischen Prozesses statistisch unterschieden werden kann. Diese Methode verbindet das im Folgenden dargestellte Forecasting auf der Basis des Vorhersagealgorithmus von Sugihara und May mit Bootstrap-Tests, d.h. durch Generierung von Surrogatzeitreihen aus der Indexzeitreihe (vgl. S. 117).

### **4.3.3.2 Lyapunov-Exponenten**

Die Berechnung des Spektrums der Lyapunov-Exponenten gilt als zentraler Schritt bei der Analyse chaotischer Systeme, da sich damit der Grad der Nichtvorhersehbarkeit einer Dynamik bestimmen lässt. Lyapunov-Exponenten messen den „Schmetterlingseffekt“.

Der Charakter eines Systems im Phasenraum kann dadurch eingeschätzt werden, dass das Schicksal eines kleinen Phasenraumvolumens, das der Systemdynamik ausgesetzt ist, untersucht wird.

Durch Lyapunov-Exponenten wird das Stabilitätsverhalten eines Systems mit Hilfe des zeitlichen Mittelwertes der exponentiellen Konvergenz bzw. Divergenz benachbarter Trajektorien beschrieben (ARGYRIS, FAUST & HAASE, 1994, WITTE, 2002). Sie stellen somit ein Maß für die sensitive Abhängigkeit eines dynamischen Systems von seinen Anfangsbedingungen dar.

Im Allgemeinen ist es ausreichend, den maximalen Lyapunov-Exponenten zu bestimmen. Hat dieser ein positives Vorzeichen, kann auf ein chaotisches Verhalten geschlossen werden.

Zur Veranschaulichung greifen wir wieder auf ein Beispiel von TSCHACHER (1997) zurück: „man markiert eine kleine Stelle eines Teiges mit Farbe und beobachtet, wie sich die farbige Stelle beim Kneten, Auswalzen und Zurückfalten des Teiges verändert. Beim Auswalzen werden farbige Stellen auseinandergezogen (divergiert), während beim Zusammenklappen bereits voneinander entfernte farbige Punkte wieder nahe beieinander zu liegen kommen (konvergieren). Das markierte Volumen ist also dauernden Veränderungen unterworfen, die offensichtlich von der Dynamik des Systems abhängen. Die Beschreibung der Raten, mit der die Markierung bezüglich aller Raumrichtungen gedehnt oder gestaucht wird, ist offensichtlich ein Charakteristikum dieser Dynamik“ (TSCHACHER, 1997, 31).

Zur Berechnung des maximalen Lyapunov-Exponenten verwenden wir den Algorithmus von KANTZ (1994), der auf statistischen Eigenschaften der lokalen Divergenzraten benachbarter Trajektorien beruht.

#### **4.3.3.3 Forecasting**

Es besteht die Möglichkeit, durch wiederholtes Forecasting innerhalb einer empirischen Zeitreihe Informationen zur Modellierung der Dynamik selbst zu gewinnen (MORRISON, 1991). Ein Verfahren, das (anders als ARMA- oder Fouriermodelle) auf lineare Parameterschätzungen verzichtet, wurde von SUGIHARA & MAY (1990) vorgestellt. Diese Methode soll von uns zur Detektion von Systemen angewendet und mit statistischen Hypothesenprüfungen kombiniert werden (SCHEIER & TSCHACHER, 1995).

Unterschiedliche dynamische Systeme zeichnen sich – neben strukturellen Eigenschaften - vor allem durch spezifische dynamische Merkmale aus: So ist z.B. eine wesentliche Eigenschaft von Systemen mit deterministischem Chaos, dass sie aufgrund ihres Determinismus über kurze Zeit gut vorhersagbar sind, diese Vorhersagbarkeit jedoch mit wachsender Zeitspanne exponentiell abnimmt. Diese Information nutzt der nichtlineare Vorhersagealgorithmus (SUGIHARA & MAY, 1990; CASDAGLI, 1992).

„Dieser Algorithmus benutzt die erste Hälfte einer Zeitreihe als "Bibliothek", um den zukünftigen Verlauf für alle Punkte der zweiten Zeitreihenhälfte (bei variabler Zahl von Vorhersagezeitschritten) vorherzusagen. Zunächst wird wiederum der m-dimensionale Phasenraum mittels der Zeitverzögerungskordinaten rekonstruiert. Jeder Zustandsvektor ist durch m Komponenten festgelegt. Dann wird jeder Zustandsvektor durch seine nächsten Nachbarn (NN) "eingekreist" (TSCHACHER, 1997, 40).

Die Vorhersagequalität wird schließlich als Korrelation zwischen vorhergesagten und tatsächlichen Datenpunkten ausgedrückt.

Wie bereits erwähnt, fällt die Vorhersagequalität für die chaotischen Prozesse mit zunehmenden Vorhersagezeitschritten signifikant ab. Dagegen bleibt die Vorhersagbarkeit für die linearen Prozesse über alle Vorhersagespannen konstant, während für den rein stochastischen Zufallsprozess überhaupt keine Vorhersagbarkeit erreicht werden kann. Der Vorhersagealgorithmus ist demnach in der Lage, drei zentrale Prozessklassen (stochastische, lineare und chaotische) zu differenzieren.

#### **4.3.3.4 Surrogatdatenmethode**

THEILER, GALDRAKIAN, LONGTIN, EUBANK & FARMER (1992) haben eine Surrogatdatenmethode vorgestellt, die eine statistische Absicherung der Resultate ermöglicht. Uns scheint dieser der Monte-Carlo-Methodik verwandte statistische Bootstrap-Ansatz sehr geeignet, die Reliabilität von Ergebnissen einzustufen, wenn nur einzelne Zeitreihen - wie bei Einzelfallanalysen - vorliegen. Die Methodik des Bootstrapping erlaubt es, einen künstlichen Vergleichsmaßstab zu erzeugen, an dem einzelne Zeitreihen klassifiziert werden können. Es wird gewissermaßen eine Kontrollgruppe simuliert. Dadurch können Hypothesen auch dann, wenn nur einzelne Systeme vorliegen, einem statistischen Signifikanztest unterworfen werden.

Im Einzelnen geht man bei Anwendung dieser Methode wie folgt vor:

1. Erstellen der Nullhypothese („Die Zeitreihe ist vom Typ X“)  
Als Prüfstatistik, die einen relevanten dynamischen Aspekt beschreibt, verwenden wir die Vorhersagemethode nach SUGIHARA & MAY (1990).
2. Erstellung von Surrogatdatensätzen, die hinsichtlich Länge, Mittelwert und Varianz mit der Originalreihe identisch, ansonsten aber verrauscht sind. Für jeden Surrogatdatensatz berechnet man die gewählte Prüfstatistik und erhält so eine Verteilung dieser Prüfgröße.
3. Überprüfung, wo sich der für die empirische Zeitreihe berechnete Wert innerhalb dieser Verteilung befindet.

Für die Berechnungen verwenden wir die DOS-Software „Surroall“ von SCHEICHER & TSCHACHER (1995).

#### **4.3.4 Nichtlineare induktive Modellierung aus anwendungsorientierter Sicht**

Aus anwendungsorientierter Sicht ergeben sich bei der Charakterisierung von Systemdynamiken auf induktivem Weg vielfältige Probleme:

Zum einen betrachten die bisher genannten Verfahren der nichtlinearen Zeitreihenanalyse die aus den Zeitreihen rekonstruierten Quasi-Attraktoren als homogene Gebilde. Sie tun so, als ob sich ihre Entropie oder ihre dimensionale Komplexität, welche mittels Schätzmethoden der fraktalen Dimensionalität erfasst wurden oder ihr Vorhersagehorizont über die Zeit hinweg nicht ändern würden. Auch die Lyapunov-Exponenten als Maße des Vorhersagehorizontes spezifizieren die Zeitreihe als ganze. Speziell bei der Analyse lebender Systeme ist eine solche Homogenitätsannahme aber problematisch. Biologische und psychologische Prozesse sind nicht zwingend stationär. Dies hat zur Konsequenz, dass sich nicht nur die Messwerte selbst über die Zeit hinweg verändern, sondern, dass auch die zugrundeliegende Struktur, die „Ordnung des Chaos“ einer Veränderung unterliegt. Dies bedeutet aber, dass wir Attraktoren nicht als homogene, sondern als inhomogene, zeitlich variante Strukturen zu betrachten haben. Einzelne Analyseverfahren für nichtstationäre Prozesse stecken aber noch in den Anfängen wie z.B. die Entropy-Rates als zeitvariantes Entropiemaß, das Punkt-D2 als dimensionales Komplexitätsmaß, welches Veränderungen der Korrelationsdimension innerhalb eines Prozesses beschreibt oder den Local Lar-

ges Lyapunov Exponent, ein zeitvariantes Chaotizitätsmaß (SCHIEPEK & STRUNK, 1994).

Weiterhin wird von vielen Autoren betont, dass ermittelte Ergebnisse (Kennwerte) nicht absolut, sondern nur relativ, d.h. in Bezug auf andere Systemdynamiken interpretiert werden dürfen. Sie sollten weiterhin statistisch abgesichert werden und auf ihre Robustheit gegenüber überlagerten Rauschanteilen geprüft sowie gegenüber Surrogatdaten getestet werden (vgl. S. 116) (SCHIEPEK & STRUNK, 1994).

Beinahe alle Voraussetzungen, unter denen Konzepte und Koeffizienten mathematisch definiert sind, sind bei im Feld oder Experiment erhobenen Daten nur teilweise oder näherungsweise gegeben. Bei jeder empirischen Anwendung ist deshalb aus anwendungsorientierter Sicht ein kritisches Hinterfragen der gewählten Methoden erforderlich. Insbesondere sind Verfahren zur Aufklärung chaotischer Dynamik mit Anforderungen an das Datenmaterial verbunden, die in verhaltenswissenschaftlichen Datensätzen nur schwer realisiert werden können. So wirken die Länge der erhobenen Zeitreihe, die Auflösung der Messwerte und der Messfehler sowie das Ausmaß der Zufallsfluktuation des Systems als in erheblichem Maße limitierende Faktoren (TSCHACHER, 1997).

So wird etwa die Länge der benötigten Zeitreihen für die Dimensionsanalyse bei einer Einbettungsdimension von  $m = 6$  mit größer 1000 Daten und die Anforderungen an die Auflösung mit mind. 5 Bit beim Lyapunov-Exponenten angegeben, während bei linearen Verfahren bei wenigen Abstufungen in der Auflösung ggf. Zeitreihen der Länge 30 ausreichen.

Mit der induktiven Vorgehensweise mit den oben angeführten Methoden können nur die Eigenschaften des Prozessverlaufs dargestellt und charakterisiert werden sowie Eigenschaften des generierenden Systems induziert werden. Modellbildung bedeutet in diesem Fall eine Vorstellung von der Gestalt eines Prozesses und des zugrundeliegenden Systems zu erhalten. Sollte jedoch auf diese Weise der Nachweis gelingen, dass das sportliche Trainings- und Leistungsszenario nichtlinearer Natur ist hätte dies aus Anwendersicht ein krasses Umdenken in der vom linearen Planungsgedanken geprägten Trainingslehre und Trainingspraxis zur Folge.

Wie an anderer Stelle bereits diskutiert (vgl. S. 106ff.) werden in dieser Arbeit Sportlersysteme als black-box betrachtet, da unser Anliegen die Detektion des Charakters von Sportlersystemen ist und nicht Prediktionen von Sportlerzuständen oder Leistungen. Für Prognosen sind allerdings white-box-Systeme anzustreben. Hierfür sind je-

doch Strukturkenntnisse notwendig. Für den Anwender stellt sich daher die Frage, ob ein rein induktives Vorgehen nicht unnötig asketisch ist, und ob das bekannte und replizierte Fachwissen zum Betrachtungsgegenstand nicht ausreicht, auf deduktivem Weg ein dynamisches System mathematisch durch Differentialgleichungen abzubilden. Theoretisch denkbar wäre auch, sich der Systemproblematik von beiden Seiten, induktiv und deduktiv, anzunähern.

Dagegen sprechen allerdings folgende Argumente:

- Es ist schwierig, eine Intuition für komplizierte Differentialgleichungen oder Differenzgleichungen zu entwickeln. Komplexere nuancenreiche Phänomene können häufig nicht durch eine mathematische Formulierung adäquat abgebildet werden (PERL, LAMES & MIETHLING, 2000).
- Die Zahl in Frage kommender Modellformen ist bei nichtlinearen Modellen im Gegensatz zu linearen Modellen uferlos. Es gibt keine Methode, die die exakte Form eines nichtlinearen Zusammenhangs aus einer noch so idealen zeitlichen Realisation des Systems heraus bestimmen könnte.
- Verhaltensprozesse sind oft nichtstationär und nichtwiederholbar. Es ist nicht sichergestellt, dass ein komplexes dynamisches System sich öfter als einmal in einem bestimmten dynamischen Zustand befindet.
- Ein Prozess kann auch im unwahrscheinlichen Fall strikten Determinismus nach einer gewissen, individuell verschiedenen Zeit zu unvorhersagbaren Resultaten führen, da komplexe Systeme häufig Informationsquellen mit positiven Lyapunov-Exponenten sind (TSCHACHER, 1997).



## **D. Empirische Untersuchungen zur Zeitreihenanalyse in ausgewählten Sportarten**

### **1. Untersuchungsablauf und Datenauswertung**

#### **1.1 Vorbemerkungen**

Über einen Zeitraum von 10-12 Monaten bei den Individualsportarten bzw. 4 Monaten bei der Mannschaftssportart sollten Datenerhebungen zum Training zu äquidistanten Zeitpunkten in Form von Einzelfallanalysen durchgeführt werden. Als Probanden sagten mehrere Sportler der Landesebene bzw. der nationalen Klasse, im Basketball Mitglieder einer Damen-Regionalligamannschaft, ihre Mitarbeit zu. Es sollten in das Forschungsprojekt im Sinne einer umfassenden Zeitreihenanalyse möglichst viele Daten über das Trainings- und Lebensgesamtheit der Athleten einfließen.

#### **1.2 Allgemeine Ausführungen zum Untersuchungsablauf**

Um Redundanzen in der Beschreibung des Untersuchungsablaufs bei den einzelnen Sportlern und Sportarten zu vermeiden, erfolgt vorab eine umfassende Darstellung. Bei den einzelnen Sportarten werden nur Ergänzungen vorgenommen bzw. auf Abweichungen von diesem Verfahren hingewiesen. Alle anderen Untersuchungsbedingungen gelten analog.

Nach jeweils umfangreichen Voruntersuchungen bezüglich der technischen Messgeräte wurden die Versuchspersonen nach Kontaktaufnahme teils individuell, teils in Mannschaftsbesprechungen unter Einbeziehung der Trainer über den Ablauf, insbesondere die Länge der Untersuchung informiert. Es wurde ausdrücklich herausgestellt, dass weder Trainer noch Athleten während der Laufzeit der Erhebung mit einem feedback zu rechnen hatten, sondern erst nach Ende des Erhebungszeitraumes über das Ergebnis der Analyse in Kenntnis gesetzt würden. Bei der Beschreibung der Trainingsrealität sollte jegliche Beeinflussung der Entscheidungs- und Handlungsträger vermieden werden. Außerdem wurde betont, dass nur eine regelmäßige Erfassung der Daten zu brauchbaren Ergebnissen führen würde.

In diesem Zusammenhang wurde jedem Sportler auch eine Mappe mit den Erhebungsunterlagen sowie ein Zählgürtel (Siehe Abb. 24 - 26), bzw. den Basketballerinnen ein Softball mit Korb (Abb. 27), sowie eine Stoppuhr ausgehändigt.

Die täglich vorzunehmenden Erhebungen waren nochmals in Form einer übersichtsartigen Checkliste beigelegt.

Aus Kostengründen und auf der Basis des Untersuchungsanliegens (explorative Studie) erhielten nur die Sportler Vp1, Vp2, Vp3, Vp4, Vp5, Vp9 ein Messgerät zur Feststellung der Flimmerverschmelzungsfrequenz (FVF).

Sodann wurde zur Übung mit den Sportlern ein Probedurchgang der Datenerhebung von ca. 2 Wochen Länge durchgeführt.

Diese Vorgehensweise galt als Übungsphase und geschah vor dem Hintergrund, Fehler bzw. Unklarheiten bei der laufenden Untersuchung gar nicht erst aufkommen zu lassen. Zudem sollten die ersten Werte als Anfangswerte eliminiert werden, da sich in ihnen Lern- und Anpassungsprozesse am deutlichsten niederschlagen (SCHMITZ, 1989).

Die Versuchspersonen waren aufgefordert, die SES 3 x täglich sowie die technischen Erhebungsinstrumente 3 x täglich (Basketball 2 x ) gemäß der Abb. 24 - 27 und Arbeitsanweisung einzusetzen. Dabei mussten die Leichtathleten 40 Sek. Skip-pings, der Boxer 40 Sek. Schattenboxen und die Basketballerinnen 10 Würfe mit 3 m Korbabstand ausführen. Das Ergebnis wurde schriftlich festgehalten. In diesem Zusammenhang kamen auch die FVF-Geräte zum Einsatz.

Hinter der 3 x täglichen Erfassung der Items der SES und der physiologischen bzw. Leistungsparameter steht die Überlegung, zum einen den Zustand des Sportlers „unbelastet“ zu Beginn des Tages, nach Einwirkung des Tagesgeschehens bis zum Trainingsbeginn und nach der Trainingsbelastung zu erfassen.

Folgende Besonderheiten sind in diesem Zusammenhang zu erwähnen:

Um Messfehler bei der Erfassung der FVF einzuengen, hatten die Probanden wegen der Schnelle und Einfachheit der Einzelmessung pro Messzeitpunkt diese je dreimal vorzunehmen und zu notieren. Im Rahmen der Auswertung wurde dann pro Messzeitpunkt der Mittelwert gebildet, der in die weitere Analyse einging.

Wurde mehrmals täglich (Ausnahmefall!) trainiert, erfolgte die Datenerhebung vor dem ersten und dem letzten Training an diesem Tag.

An trainings- bzw. wettkampffreien Tagen mussten die Sportler obige Messungen nur 2 x täglich vornehmen, da es keinen Zeitpunkt vor bzw. nach dem Training bzw. Wettkampf gab. Um eine für die Zeitreihenanalyse notwendige Äquidistanz der Zeitreihen zu erhalten, wurden in diesem Fall die Daten des zweiten Messzeitpunktes

auf den dritten übertragen. Diese Vorgehensweise erscheint gerechtfertigt, da in diesem Fall keine Trainingsbelastung erzeugt wurde. Um eine sich ändernde Beeinflussung der Variablen durch den persönlichen täglichen Biorhythmus zu vermeiden, hatten die Versuchspersonen die Anweisung diese Erhebung möglichst zur gleichen Tageszeit, auf jeden Fall zwischen 18 und 20 Uhr vorzunehmen.

Um einen Einblick in weitere tägliche Einflüsse und Besonderheiten zu gewinnen, war zusätzlich das standardisierte Tagebuch ebenso wie das Blatt für das Trainingsprotokoll jeden Tag vor dem zu Bett gehen auszufüllen.

Bei der Basketballmannschaft übernahm die Trainingsdokumentation der Trainer.

In den leichtathletischen Disziplinen konnten zusätzlich die Wettkampfleistungen objektiv in Zeiteinheiten angegeben werden, in den anderen Sportarten war eine qualitative Beurteilung notwendig.

Da alle Versuchspersonen seit ihrer Schulzeit damit vertraut waren, wurde die Noten- bzw. Punkteskala aus der Schule mit Bewertungseinheiten von 1-15 herangezogen. Versuchsperson 1 wählte zusätzlich ihre eigene Bewertungsskala von +3 bis -3.

Eine der Hauptaufgaben des Untersuchungsleiters in dieser Phase war es, die Probanden wegen des umfangreichen Erfassungsverfahrens ständig zu motivieren, konsequent nach den Vorgaben über den langen Zeitraum die Daten zu erheben, um eine hohe Datengüte durch möglichst wenige missing values und Verfälschungen aus der Erinnerung heraus durch ein nachträgliches Ausfüllen der Fragebogen zu gewährleisten. Aus diesem Grund suchte der Verfasser über den gesamten Erhebungszeitraum mehrmals wöchentlich persönlichen telefonischen Kontakt zu den Versuchspersonen, besuchte sooft wie möglich das Training und holte wöchentlich die ausgefüllten Bögen bei den Athleten ab. Zu diesen Gelegenheiten wurden die Probanden und Trainer noch einmal an die Wichtigkeit einer korrekten Protokollierung erinnert. Außerdem stand der Untersuchungsleiter immer telefonisch für Rückfragen der Athleten und Trainer zur Verfügung. Durch dieses stete Bemühen kann die Datenlage als sehr gut betrachtet werden.

## **1.3 Allgemeine Ausführungen zur Datenauswertung**

### **1.3.1 Software**

Außer mit der üblichen Standardsoftware (Excel) fand die Datenauswertung für die Faktorenanalyse sowie die univariate Zeitreihenanalyse mit den Softwarepaketen Winstat, SPSS und SCA statt. Für multivariate Zeitreihenanalysen benutzten wir ausschließlich die Software SCA, die relativ komfortabel im Handling ist und insbesondere für Untersuchungen auf der Basis von mehreren Variablen konstruiert wurde.

Zusätzlich verwendeten wir das selbstentwickelte Softwaresystem Tissy (vgl. 4.), das sehr bedienerfreundlich in der Anwendung ist und von uns speziell für Zeitreihenanalysen im Sport entwickelt wurde.

Für die dynamische Analyse zur Identifizierung nichtlinearer Systeme kam das Softwarepaket TISEAN von KANTZ (1992) sowie die Software von SCHEICHER & TSCHACHER (1995) zum Einsatz.

### **1.3.2 Missing Values**

Obwohl die Erfassungsdisziplin der Probanden hervorragend war, waren einzelne missing values bei den umfangreichen täglichen Aufzeichnungen über mehrere Monate unvermeidbar.

Die bisweilen vorzufindende (BEUTEL, 1981) Strategie, missing values bei Berechnungen einfach auszuschließen, ist sehr bedenklich, da dadurch die innere Abhängigkeitsstruktur zerstört werden kann. Zudem können fehlende Werte bei der Berechnung von Kreuzkorrelationen nicht nur bei synchronen, sondern auch bei verschobenen Zusammenhängen Einfluss haben.

Einen Überblick über die Möglichkeiten und eine genaue Anleitung für den Umgang mit fehlenden Werten findet sich bei SCHMITZ (1989).

Wir entschieden uns für die einfache und sinnvolle Methode, missing values durch die Mittelwerte zu schätzen.

### **1.3.3 Ausreißer**

Auch findet sich eine Auseinandersetzung über den strategischen Umgang mit Ausreißern bei SCHMITZ (1989). „Geht man von der Annahme aus, dass ein Ausreißer messfehlerbedingt ist, so führt eine Ersetzung dieses Wertes zu einer Verringerung

der Fehlervarianz und zu einer besseren Modellschätzung. Es besteht aber die Gefahr einer willkürlichen Modellverbesserung“ (SCHMITZ , 1989, 60). Wir folgen aus diesem Grund der Empfehlung von SCHMITZ und entschieden uns für ein konservatives Verfahren, das keine Korrekturen vornimmt.

#### **1.3.4 Analyseebenen**

Die Daten werden auf zwei Aggregationsniveaus analysiert. Die vorgegebene Ebene ist die Tageseinheit, welche wir als Mikroebene bezeichnen wollen.

Möglicherweise werden bestimmte Belastungen erst dann zur Belastung, wenn sie im Zeitverlauf zu dicht aufeinander auftreten. Deshalb werden wir in Anlehnung an den Zeitraum eines Mikrozyklus im Training gleichartige Daten einer Woche akkumulieren. Daten dieses Aggregationsniveaus stellen die Makroebene der Betrachtung dar. Die Zusammenfassung auf Wochenebene ergab sich aus methodischen und inhaltlichen Erwägungen, da bedeutsame Belastungen evtl. erst durch Häufung von geringfügigen Belastungen im Zeitverlauf entstehen.

Somit können beide Analyseebenen zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Nach SCHMITZ (1989) wird angenommen, dass interne Regulation eher in direkter zeitlicher Beziehung zur Belastung und weniger in der Akkumulation über Tage wirksam wird.

Wie EPSTEIN (1979) weiterhin aufzeigte, kommt akkumulierten Daten eine überaus hohe Validität zu. Insbesondere wird angenommen, dass sowohl die Tages-, als auch die (Mehr-)Wochenebene dem subjektiven Erleben adäquat ist.

Bei der Akkumulation wurden jeweils sieben bzw. 30 aufeinanderfolgende Werte addiert. Wenn die Gesamtreihe kein ganzes Vielfaches von sieben bzw. 30 war, was den Regelfall darstellt, wurden die letzten Zahlen nicht berücksichtigt.

## **2. Die Sportler**

Alle Athleten aus dem Bereich der Leichtathletik unterzogen sich dem aufwändigen Erhebungsverfahren. Lediglich der Ultrasportler (Versuchsperson 8) beschränkte sich auf die morgentlichen Messungen (ohne FVF), sowie die Protokollierung und die Intensitätseinschätzung seines Trainings.

## 2.1 Sprint

An der Untersuchung im Sprint nahmen anfangs sieben Sportler teil, die ihren sportlichen Schwerpunkt im leichtathletischen Sprintbereich gewählt hatten. Ihre Auswahl erfolgte leistungsbezogen. Drei Sprinter stiegen wegen des enormen Erhebungsaufwands nach wenigen Wochen aus der Untersuchung aus. Die Datenlage reichte bei ihnen nicht für eine wissenschaftliche Auswertung auf der Basis der Zeitreihenanalyse aus. Die übrigen Sportler gehörten zum Zeitpunkt der Untersuchung dem D-Kader des Deutschen Leichtathletikverbandes an und waren auf Landesebene Leistungsträger in ihren Spezialdisziplinen. Sie bildeten somit eine relativ leistungshomogene Gruppe. Sie starteten ausnahmslos in der Seniorenklasse. Alle vier Versuchspersonen (Vps) bestritten grundsätzlich Wettkämpfe auf den Strecken 100m, 200m und 400m, wobei die Schwerpunkte bei den längeren Sprintstrecken lagen.

Die Sportler begannen nahezu zeitgleich ihre Teilnahme an der Untersuchung im November bzw. Dezember, also während der Vorbereitungsperiode.

Vp 4 war als einzige weiblichen Geschlechts. Wie Sportler Vp 5 hat sie zahlreiche Erfolge auf Landes- und Bezirksebene erzielt und war im Untersuchungsjahr amtierende Landesmeisterin über 400m. Ihre Bestzeiten bisher waren 12,21 sec. (100m), 24,47 sec. (200m) und 55,22 sec. (400m).

Sie studierte am Heimatort und legte gegen Ende des Erhebungszeitraumes ihr Examen an der Universität ab. Trainiert wurde sie seit vielen Jahren von einem ehrenamtlichen Leichtathletikfunktionär und -übungsleiter.

Sportler Vp5 war im Jahr der Erhebung im Gegensatz zu den anderen Sprintern bereits im steuerberatenden Bereich nach seiner Lehre berufstätig.

Mehrfach erreichte der Sportler Platzierungen und Titel auf Bezirks- und Landesebene. Kurzzeitig führte er sogar die Deutsche Bestenliste zu Beginn der Saison über 100m an. Seine Bestzeiten im Jahr vorher waren 10,63 sec. (100m), 21,22 sec. (200m) und 47,96 sec. (400m). Trainiert wurde er von einem sehr erfahrenen und engagierten ehrenamtlichen Übungsleiter.

Sportler Vp6 wechselte in dieser Saison auf Vertragsbasis zu dem professionell geführten Leichtathletikverein, dem auch die Vp7 angehörte. Für beide wurde vom selben Trainer der Trainingsplan erstellt. Die Vp6 trainierte meist am ca. 100km entfernten Heimatort, teilweise reiste sie auch zum Ort ihres Vereins an, da dort ein Landesleistungszentrum mit einer Leichtathletikhalle eingerichtet war. Die Vp bereitete sich

in diesem Jahr auch auf das Fachabitur vor und wollte danach im Nachbarort ihres Vereins Informatik studieren.

Die Bestzeiten im Wettkampfsjahr vorher betragen 10,72 sec. (100 m) und 21,33 sec. (200m).

Sportler Vp7 ist männlich und stammt aus einer traditionsreichen, sehr prominenten deutschen Leichtathletikfamilie. Er brachte es innerhalb kürzester Zeit in der Jugendklasse zur deutschen Meisterschaft über 200m.

Seine Bestzeiten im Jahr vorher waren über 100m 10,5sec. (handgestoppt) und 21,58 sec. über 200m.

Zum Zeitpunkt der Untersuchung studierte die Vp im naturwissenschaftlichen Bereich und war bei einem professionell geführten Leichtathletikverein mit einem hauptamtlichen Sprinttrainer unter Vertrag.

Wegen einer langwierigen Verletzung musste die Versuchsperson für längere Zeit das Training unterbrechen und beendete vorzeitig die Saison. Aus diesem Grund schied sie nach ca. 190 Tagen aus der Untersuchung aus. Die bis dahin erhobenen Messungen reichten jedoch aus, um zumindest für einen Teil des Trainingsjahres in die Untersuchung einzugehen.

Erwähnenswert ist, dass Vp6 mit seinem Verein 14 Tage im Frühjahr in einem Trainingslager in Portugal verweilte und Vp4 und 6 im Sommer für zwei Wochen mit dem Landeskader nach Neuseeland reisten.

## **2.2 Mittel - und Langstreckenlauf**

An der Studie beteiligten sich ursprünglich vier männliche Athleten aus derselben Trainingsgruppe. Ein Athlet fiel während des Erhebungszeitraums verletzungsbedingt für längere Zeit aus, und musste deshalb aus der Untersuchung ab diesem Zeitpunkt ausscheiden. Die Messzeitpunkte reichten nicht für eine zeitreihenanalytische Teilauswertung aus. Der Trainer dieser Gruppe war während seiner aktiven Zeit als Leichtathlet ein Mannschaftskamerad des Verfassers und entstammt ebenso einer sehr prominenten Sportlerfamilie aus dem Ausdauerbereich.

Die Sportler starteten in nahezu allen Disziplinen des Mittel- und Langstreckenbereiches.

Dabei tendierten die Sportler Vp2 und Vp3 etwas mehr zur Mittel-, Sportler Vp1 mehr zur Langstrecke.

Vom Leistungsniveau gehören sie auf der Ebene des Bezirks zu den Leistungsträgern, auf Landesebene sind sie in ihren Spezialdisziplinen im ersten Drittel der Bestenliste vertreten.

Alle Sportler dieser Gruppe stiegen im November, also während der Vorbereitungsperiode, zum gleichen Zeitpunkt in die Untersuchung ein.

Die Vp1 hatte kurz vor Beginn der Erhebung ihr naturwissenschaftliches Studium beendet und eine Stelle im umweltberatenden Bereich angetreten. Sie nahm ihr Training außerordentlich ernst. Dies zeigte sich u.a. darin, dass sie eigeninitiativ zusätzliche Leistungstests zur Trainingskontrolle (Gatt-Tests) durchführte und aus Gründen der Leistungsoptimierung an einem selbst finanzierten Höhenttraining in Flagstaff (USA) teilnahm. Bedingt durch ihre Übermotivation in Verbindung mit ihrer Unerfahrenheit auf dem Gebiet des Höhenttrainings geriet die Vp in einen sehr negativen Ausgangszustand, der sich in den Untersuchungsergebnissen abzeichnete und in den ersten Wettkampfergebnissen widerspiegelte. Dies zwang den Verfasser zu einer ungeplanten Intervention, so dass die Daten der Vp1 auch für eine Interventionsanalyse geeignet sind.

Die Spezialdisziplin des Sportlers war die 3000m – Hindernis – Distanz, auf der er im Jahr vorher 9:26,46 Min. erreichte. Er war amtierender Bezirksmeister auf dieser Strecke.

Der Sportler Vp2 war bereits 31 Jahre alt und musste während des Erhebungszeitraumes sein Elektrotechnikstudium abbrechen. Seine Bestzeiten des vorherigen Wettkampffjahres waren 2:27,6 Min. (1000m), 3:53,83 Min. (1500m), 8:26,64 Min. (3000m). Er war amtierender Bezirksmeister über 800m.

Erwähnenswert ist seine Vorbereitung auf den Frankfurtmarathon, den er mit Vp1 zusammen bestreiten wollte. Dieser Wettkampf erforderte - wie auch bei Vp1 - gegen Ende der Saison eine spezielle Vorbereitung.

Athlet Vp3 galt als grosses Talent. Er kam vom modernen Fünfkampf und bestritt in diesem Jahr erst seine 2. Wettkampfsaison. Er erreichte im Jahr vorher auf Anhieb eine Zeit von 1:53,84 Min. über 800m. Im Jahr nach der Untersuchung, also in seinem 3. Wettkampffjahr, wurde er bereits Landesmeister über diese Strecke. Er leistete gerade seinen Zivildienst ab und wollte danach Elektrotechnik studieren.



### **2.3 Ultra – Lauf**

Athlet 8 war zu Beginn der Studie 49 Jahre alt. Er gab vor einigen Jahren seinen Beruf als Maschinenführer auf, um sich als Berufsläufer voll auf seine läuferischen Ziele konzentrieren zu können. Er gilt als einer der weltbesten Extremläufer. Er hält fünf deutsche Rekorde vom 48-Std.-Lauf bis zu den 1000 Meilen und hat mehrere deutsche Meister- und Vizemeistertitel im Extrembereich errungen. Er ist der zweit-schnellste Läufer der Welt über die 1000 Meilen und hat zahlreiche, auch internationale Siege, im Extrembereich erzielt. Mit dem DLV-Nationalteam wurde er Vize-Europameister im 24-Std.-Lauf. Er machte, begleitet von einem sehr großen Medieninteresse, durch mehrere spektakuläre Laufprojekte, wie die Italien-, Mallorca-, Europa-, oder Deutschlanddurchquerung auf sich aufmerksam. 2002 wurde er zum DUV-Sportler des Jahres gewählt.

Vp8 hatte keinen Trainer, sondern plant sein Training selbst. Die Erhebung lief ein Jahr und begann in der Vorbereitungsperiode.

### **2.4 Boxen**

Die Vp9 war zum Zeitpunkt der Untersuchung bereits 31 Jahre alt und gehörte somit zur Gruppe der sehr erfahrenen Boxer in der Klasse des Halbschwergewichtes. Nach dem Fachabitur lernte er Maschinenschlosser, übte aber den Beruf nicht aus. Seit mehreren Jahren konzentrierte er sich jedoch voll auf den Boxsport. Neben mehreren Landestiteln und internationalen Einsätzen waren seine größten sportlichen Erfolge die zweimalige Deutsche Meisterschaft bei den Amateuren. Zusätzlich holte er einmal bei den Profis diesen Titel. Im Jahr der Erhebung boxte er zunächst in der 2. Bundesliga und wechselte dann zu einem ostdeutschen Verein in die 1. Bundesliga. Vp9 arbeitet ohne Trainer. Auch in diesem Fall zeichnete sich durch die Wettkampf- und Untersuchungsergebnisse die Notwendigkeit einer Intervention ab, so dass auch die Daten dieser Vp für eine Interventionsanalyse herangezogen werden können.

Der Sportler beteiligte sich sehr zuverlässig im Umfang der Leichtathleten an der Untersuchung.

## 2.5 Basketball

Die 4 Athletinnen Vp10, Vp11, Vp12, Vp13 sind Mitglieder einer Damenregionalligamannschaft im Basketball. Sie sind ausnahmslos Studentinnen, wobei Vp 10 Sport studiert.

Die Erhebung begann für alle Spielerinnen kurz vor Beginn der Punktspiele, also der Wettkampfperiode und lief über ca. 100 Tage. In dieser Phase trainierte die Mannschaft 2-3 mal wöchentlich. Die Mannschaft hatte einen männlichen Trainer.

Erwähnenswert ist, dass die Studie bei dieser Mannschaft über die Weihnachtsferien lief. In dieser Zeit musste das Training aus organisatorischen Gründen (geschlossene Hallen) variiert werden.

Aus Gründen der Akzeptanz, des Erhebungs-, aber auch Auswertungsaufwandes beschränkten wir uns in diesem Fall bei den Würfeln auf die Messzeitpunkte vor und nach dem Training, sowie auf das abendliche standardisierte Tagebuch. Abweichend von den anderen Untersuchungen wurde zudem nur jeweils ein Puls (liegend) genommen.

Das Training protokollierte jeweils der Trainer. Die Befindlichkeiten wurden 3x täglich erhoben.

### 3. Darstellung und Diskussion der Ergebnisse

#### 3.1 Mittel- und Langstreckenlauf

Auf der Basis eines prozesshaften Charakters der sportlichen Leistungsfähigkeit entstanden wie an anderer Stelle aufgezeigt, eine Vielzahl von Ansätzen, die Merkmale solcher Prozesse zu erklären versuchten. Dennoch blieb die Untersuchung von trainingsbedingten sportlichen Prozessen in der Regel auf eine querschnittsorientierte empirische Forschung beschränkt. Longitudinale Studien fehlen fast gänzlich und wenn vorhanden, dann sehen sie nur wenige Messzeitpunkte vor und erfassen somit die Trainingsprozesse nur sehr weitmaschig. Mit anderen Worten: Die Querschnittsorientierung dominiert in der trainingswissenschaftlichen Forschung, auch dann, wenn Prozesse und Dynamiken untersucht werden sollen. An dieser Stelle müssen auch in der Sportwissenschaft Projekte ansetzen, die in den vergangenen Jahren unter Stichworten wie dynamische Systeme, Synergetik oder in der Psychiatrie als dynamical disease begonnen wurden.

Im Folgenden soll daher die trainingsbedingte Belastungssymptomatik aus einer dynamischen Perspektive betrachtet werden. Gegenstand der Betrachtung werden also Prozessgestalten sein, d.h. wir werden uns einer Beschreibung der zugrundeliegenden Systeme in der Zeit zuwenden. Obwohl die untersuchten komplexen Systeme ein einzelnes Individuum abbilden, werden wir die einzelnen Systeme nicht sukzessive in einer Gesamtbetrachtung abhandeln - wie häufig bei Einzelfallanalysen üblich-, sondern die interessierenden Teilprobleme der Belastungsgestaltung sportartbezogen und themenorientiert auf der Basis der Einzelfallanalyse für die untersuchten Athleten darstellen. Wir haben uns für diese Vorgehensweise entschieden, da dadurch Wiederholungen in den Ausführungen vermieden und leichtere Vergleiche zwischen den einzelnen Sportlern möglich sind.

Die Erstellung der grafischen Darstellungen ist vor dem historischen Hintergrund der Entstehung der Arbeit zu sehen. In Ermangelung geeigneter Standardsoftware wurden die Erhebung, Teile der Berechnungen so wie ein Großteil der grafischen Darstellungen mit dem selbsterstellten Softwarepaket TISSY und anderen selbstprogrammierten Grafiktools realisiert. Dies setzte in der Regel einen mehrstufigen edv-technischen Verarbeitungsprozess unter Einbindung von Scanvorgängen bei den Grafiken voraus, was sich an einigen Stellen in der Druckqualität niederschlug. Dieser Nachteil wurde in Kauf genommen, da wir die Auffassung vertreten, dass da-

durch die theoretische Qualität der Aussagen nicht leidet und durch das Fehlen anderer verfügbarer fertiger Werkzeuge im weitesten Sinne ein Anpassen an den „Tools-to-Theories“-Aspekt vermieden wurde (PERL, LAMES & GLITSCH, 2002).

Zum anderen sind die grafischen Darstellungen auch als didaktisches Mittel eingesetzt. Sie sollen bewusst visuell die verbalen Ausführungen unterstreichen und die „Komplexität“ der Systeme aufzeigen. Unaufbereitete und auch versetzt dargestellte und mit Faktorenanalysen zu Faktoren verdichtete Zeitreihen machen es dem Betrachter (z.B. Trainer) in der Praxis unmöglich, Details in den Kurvenverläufen zu erkennen. Allenfalls sind Extremwerte zeitlich zuzuordnen.

Einen für die Praxis akzeptablen Kompromiss stellen die mit dem Verfahren der gleitenden Durchschnitte geglätteten Verlaufskurven der Sportlersysteme dar.

Da es Intention der Arbeit ist, bei der Darstellung von Prozessen relativ große Zeiträume in hoher zeitlicher Auflösung darzustellen, um einen vergleichenden Eindruck von Prozessgestalten im Gesamtverlauf zu bekommen, ist die Übersichtlichkeit der Abbildungen prozessbedingt nicht immer optimal und verlangt vom Leser eine sehr genaue Betrachtungsweise. Diese Problematik ist jedoch für Untersuchungen dieser Art allgemein bekannt (vgl. z.B. TSCHACHER, 1997; SCHIEPEK & STRUNK, 1994).

### **3.1.1 Eckpunkte des Trainingsjahres**

Vp1 möchte in der anstehenden Saison auf den Langstrecken ihre persönlichen Bestzeiten verbessern. Die Trainingsplanung ist eingipflig mit Saisonhöhepunkt bei den Bayerischen Meisterschaften bzw. Deutschen Hochschulmeisterschaften ausgerichtet. Neben der Verteidigung des Bezirkstitels über 3000m-Hindernis ist eine Platzierung auf den vorderen Plätzen bei den Landesmeisterschaften angestrebt. Eine Teilnahme an den Hallenmeisterschaften auf Bezirks- und Landesebene ist geplant, soll jedoch lediglich aus dem Training heraus erfolgen. Als Besonderheit des Jahrestrainings ist ein Höhenttraining in Flagstaff USA im April sowie ein Trainingsaufenthalt in Italien geplant. Gegen Saisonende ist weiterhin ein Start beim Frankfurt Marathon vorgesehen. Die Vp begann ihre Teilnahme am 30.11. und beendete die Untersuchung am 20.10. des Folgejahres. Es liegen somit Daten von 325 Tagen vor.

Wie bei Langstreckenläufern nicht anders zu erwarten, stellt das aerobe-anaerobe Training mit 68% Anteil neben den laktazid-anaeroben (13%) Belastungen die häufigste Trainingsart dar. Bei der Berechnung der Zahlen mit TISSY (Siehe 4.) wurde das absolute Vorkommen der Trainingskategorien im Erfassungszeitraum als Basis verwendet.

Die Vp trainierte an 275 Tagen. Somit betrug die durchschnittliche Trainingsdichte 5,92 Tage pro Woche. An manchen Tagen wurde jedoch zweimaliges Training absolviert.

Die sportartspezifische Trainingsintensität betrug auf einer vom Sportler selbst vorgenommenen Selbsteinstufung (Skala 5-stufig) durchschnittlich 2,87 bei einer Standardabweichung von  $\sigma = 1,14$ .

Die Zielvorgabe von Vp2 entspricht in hohem Maße der von Vp1. Dies bedeutet im Wesentlichen: Verteidigung des Bezirkstitels über 800m, vordere Platzierung bei den Landesmeisterschaften und deutschen Hochschulmeisterschaften. Beide Athleten starteten bei sehr vielen Wettkämpfen gemeinsam. Auch die Trainingsperiodisierung dieser Vp war eingipflig angelegt, wobei auch bei ihr am Ende der Saison ein Marathon eingeplant war.

Die Trainingsstatistik gestaltet sich bei ihr wie folgt: 303 Trainings- bei 371 Untersuchungstagen (durchschnittliche Trainingsfrequenz pro Woche: 5,72 durchschnittliche Trainingsintensität: 3,31 bei einer Standardabweichung von  $\sigma = 0,8985$ ). Die Haupttrainingsarten stellten das aerob-anaerobe (62%) und das alaktazid-anaerobe (23%) Training dar.

Vp3 gilt als Nachwuchsläufer der Läufergruppe. Da er erst seine zweite Leichtathletiksaison absolvierte, wurden als Haupttrainingsziele das vielfältige Sammeln von Erfahrungen in der Seniorenklasse sowie Spitzenplatzierungen auf Bezirks- und im vorderen Bereich auf Landesebene auf den Distanzen der Mittelstrecken definiert. Trotz Teilnahme an den Landeshallenmeisterschaften wurde das Trainingsjahr eingipflig geplant. Seine Trainingsfrequenz betrug 202 bei 377 Untersuchungstagen und im Mittel 3,75 pro Woche. Die durchschnittliche Trainingsintensität wurde mit 3,88 errechnet bei einer Standardabweichung von  $\sigma = 0,77$ . Der aerob-anaerobe als Haupttrainingsanteil betrug bei ihm 58%, der laktazid-anaerobe 27%.

### 3.1.2 Die Komplexität/Dynamik der Systeme

Unter Komplexität eines Systems kann man streng die Informationsmenge verstehen, die nötig ist, um die Struktur des Systems vollständig bzw. in einem bestimmten repräsentativen Zeitausschnitt seiner Dynamik zu beschreiben. Dieses Maß wird auch als information entropy bezeichnet. Die Komplexität hängt somit von der Ordnung oder Unordnung ab, in der sich die Systemelemente befinden.

Einen ersten Eindruck von der Komplexität des Systems erhält man durch eine visuelle Inspektion der Zeitreihe des Gesamtsystems mit Erhebungszeitpunkt morgens vor dem Training. Wie aus Abb. 38 unschwer zu erkennen ist, können in dieser verdichteten Form keinerlei Aussagen zur Beschreibung des Systems gemacht werden, bzw. keinerlei Rückschlüsse auf den psycho-physischen Zustand von Sportlern im Rahmen der Leistungssteuerung gezogen werden.

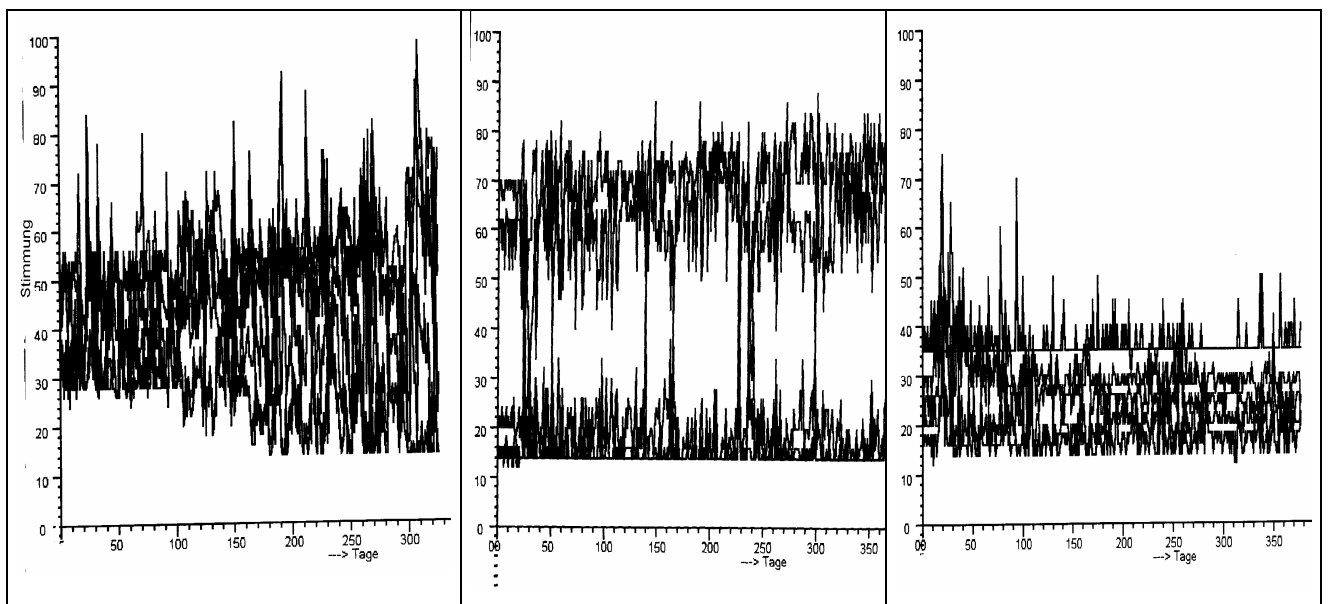


Abb. 38: Gesamtstimmung Vp1, Vp2 und Vp3 morgens vor dem Training

Um uns dem Ziel systemwissenschaftlicher Bemühungen hinsichtlich der Beschreibung des dynamischen Verhaltens komplexer Systeme anzunähern, wählten wir deshalb eine zeitlich versetzte Darstellung der einzelnen Stimmungsgruppen.

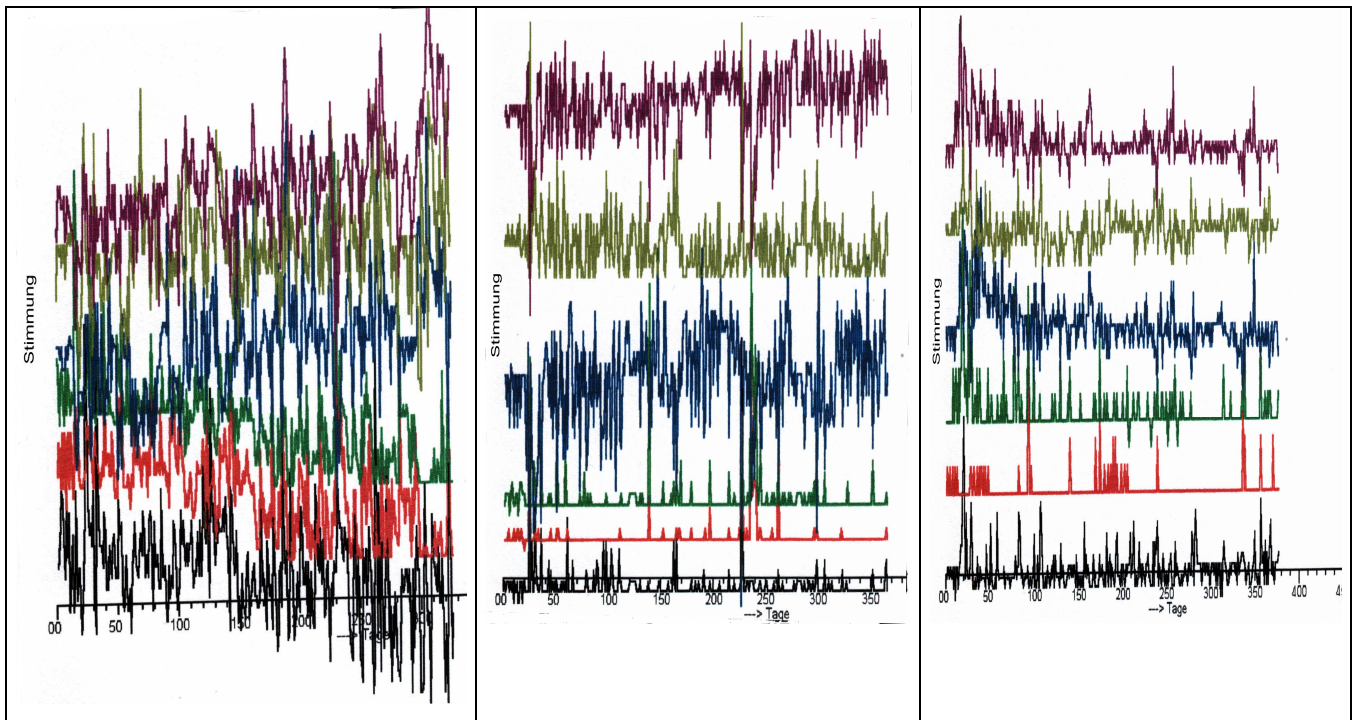


Abb. 39: Gesamtstimmung von Vp1, Vp2, Vp3 morgens vor dem Training (versetzte Darstellung)  
 Legende: schwarz = Müdigkeit, rot = gedrückte Stimmung, grün = Misstimmung, blau = gehobene Stimmung, oliv = Trägheit, lila = ausgelassene Stimmung

Bei genauer Betrachtung ist exemplarisch zu erkennen, dass sich kein einheitlicher Kurvenverlauf zwischen den einzelnen Stimmungsgrößen abzeichnet (= Hypothese 1). So entwickelt sich bei Vp1 beispielsweise an den Tagen 120-140 die Müdigkeit analog der gedrückten Stimmung, während an den Tagen 140-160 eine entgegengesetzte Entwicklung zu verzeichnen ist.

Gleiches gilt für Vp 2 für die gehobene Stimmung und die Trägheit. Im Bereich Tag 160 können wir eine entgegengesetzte Entwicklung erkennen, während im Bereich 50 bis 100 eher ein gleichgerichteter Ausschlag beobachtbar ist. Bei der Müdigkeit bzw. der Misstimmung ist überhaupt kein Zusammenhang zu den anderen Kategorien erkennbar. Dies gilt ebenso für Vp3.

Es ist deshalb unser Anliegen, für Anwendungen der Praxis eine deutliche Komplexitätsreduktion des Gesamtsystems zu erreichen (=Hypothese 2). Wir versuchten deshalb, die Daten aller uns vorliegenden Verläufe mittels einer Faktorenanalyse zu vereinfachen. Sie klärt, welche der sechs Variablen unseres Fragebogens so miteinander korrelieren, dass sie als Bestandteil einer gemeinsamen Belastungsgruppe angesehen werden können.

Konkret wurden die Daten jedes einzelnen Sportlers nach der Hauptkomponentenanalyse nach CATELL über die Datenebene Variablen x Zeitpunkte ausgewertet. Diese reduziert die Kovariation der Merkmale des Sportlersystems (d.h. der Fragebogenitems) über die Zeit hinweg auf wenige Merkmalsfaktoren. Sie erlauben es, die Daten prägnant zusammenzufassen und auf der Basis der sich in der Hauptkomponentenanalyse ergebenden Faktoren neue Zeitreihenvariablen (Scores bzw. Faktorwerte) zu definieren und so Zeitreihen der Merkmalsfaktoren zu erstellen. Nach dem Sprachgebrauch der Synergetik handelt es sich dabei um eine (lineare) Methode, die Dynamik der Ordnungsparameter (dominante Moden) in selbstorganisierten Systemen zu extrahieren und im Zeitverlauf darzustellen. Berücksichtigt wurden alle Faktoren mit einem Eigenwert größer 1, die die Information, die im Datensatz zu einem Sportler gegeben ist, zusammenfassen und komprimieren (TSCHACHER, 1997). Um sicherzustellen, dass die erhobenen Variablen für faktorenanalytische Zwecke geeignet sind, erfolgte vorab eine Überprüfung mittels der Korrelationsmatrix sowie dem MSA-Kriterium von Kaiser-Meyer-Olkin. In keinem Fall wurde der kritische Wert der MSA von 0,5 (= nicht geeignet für die Faktorenanalyse) unterschritten.

In Kapitel C ist die Notwendigkeit betont worden, stationäre Prozesse zu untersuchen. Dies bedeutet, dass nicht zusammenfassende Aussagen gemacht werden dürfen über Sachverhalte, die sich grundsätzlich unterscheiden, schließlich umfasst der Beobachtungszeitraum meist ca. ein Jahr.

In der Literatur (SCHMITZ, 1997) existieren Verfahren (z.B. divisive Prozessanalyse, Clusterverfahren), die einen gesamten Prozessverlauf in Phasen aufteilen, die in sich homogen sind und sich untereinander möglichst gut unterscheiden. Wir orientieren uns an der Einteilung des Trainingsjahres in unterschiedliche Perioden (Vorbereitungs-Wettkampf-Übergangsperiode).

Diese Betrachtungsweise basiert auf der Vermutung, dass die Belastungssituation/Stimmungssituation in der Vorbereitungsperiode bis 1. Mai und in der Wettkampfperiode unterschiedlich sein kann. Es werden deshalb diese beiden etwa gleich langen Phasen von je 5 Monaten für unsere Analyse grundsätzlich unterschieden. Liegen zusätzlich Daten für die Übergangsperiode vor, werden diese nur für den Plot verwendet. Da diese Phase relativ kurz ist, scheidet sie für die Anwendung von Algorithmen der Zeitreihenanalyse aus .



Diese Segmentierung entspricht einer a-priori Prozesszerlegung. Eine weitere Aufgliederung in einzelne Meso- bzw. Makrozyklen ist methodentechnisch nicht mehr möglich, da die Zeitreihen für eine rechnerische Auswertung zu kurz werden.

An dieser Stelle wird also ein Kompromiss erforderlich zwischen der Stationaritätsforderung, der relativ homogene Untersuchungseinheiten entsprechen, und der methodischen Anforderung eines hinreichenden Stichprobenumfangs zur Gewährleistung ausreichender zeitreihenstatistischer Schätzgenauigkeit (SCHMITZ, 1987). Zwar sucht man in der Literatur vergebens nach klaren Richtlinien zur Bestimmung der Anzahl der Messzeitpunkte, jedoch ist davon auszugehen, dass - insbesondere bei Modellbildungen - mindestens 50, besser 100 Messwerte (für Faktorenanalysen Stichprobenumfang  $50 + \text{Anzahl der verwendeten Variablen}$ ) (BRAEUNING & FITCH, 1995) als Untergrenze notwendig sind, da ansonsten eine korrekte Identifikation von statistischen Zusammenhängen nicht mehr gewährleistet erscheint (PETERMANN, 1989).

Für die Aufdeckung nicht linearer Zusammenhänge sind sogar noch wesentlich mehr Werte notwendig (TSCHACHER, 1997; SCHMITZ, 1987).

Zur Überprüfung obiger Hypothese 2 sowie um einen Überblick über den Verlauf der Dimensionalität zu erhalten, kann man die Anzahl der Freiheitsgrade in verschiedenen Trainingsperioden im Verhältnis zum gesamten Trainingsjahr vergleichen. Dazu schiebt man mit der O-Technik gewissermaßen ein „Fenster“ über die Zeitreihe (N) einer Trainingsperiode und bestimmt innerhalb des Fensters die Anzahl der Faktoren mit einem Eigenwert größer 1. Man kann mit diesem Verfahren die Hypothese überprüfen, dass Trainingsbelastungen einhergehen mit einer Veränderung des Sportlersystems, was wiederum eine andere System(fein)struktur und evtl. Dimensionalität nach sich zieht als bei einer Faktorenanalyse über das gesamte Jahrestraining (als Fenster) (= Hypothese 3a). Abb. 40 zeigt für Vp1 bei Faktor 1 und Faktor 2 vor allem in der Wettkampfperiode (ab Tag 150) zum Teil gegenläufige Entwicklungen im Verlauf der Scores über das ganze Jahr berechnet im Vergleich mit dem Verlauf der Scores bei nach Vorbereitungs- und Wettkampfperiode getrennter Berechnung (z.B. bei Faktor 1 zwischen den Tagen 150 und 160 oder bei beiden Faktoren ab Tag 300), obwohl die Prozessgestalt in der Vorbereitungsperiode auf der Basis visueller Inspektion durchaus ähnlich erscheint. Hinweise auf die unterschiedliche Struktur geben auch die Höhe der Faktorladungen der Ausgangsvariablen (vgl. Tab.11) sowie

die Standardabweichungen der Zeitreihen, die andeuten, wie sehr die Einzelwerte um den Mittelwert streuen.

Dieses inhomogene Strukturverhalten der Zeitreihen zeigt sich auch für Vp2 und Vp3. Es ergeben sich ebenso Unterschiede in den Faktorladungen (vgl. Tab.12) und Standardabweichungen der Zeitreihen für das ganze Jahr und für die nach Vor- und Wettkampfperiode segmentierten Scoreberechnungen. Es soll deshalb im Folgenden die Berechnung der Faktorwerte auf der Basis der Zeitreihen für die Vorbereitungsperiode (Vp) und die Wettkampfperiode (Wp) getrennt vorgenommen werden. In der Sportart Leichtathletik umfasst die Vorbereitungsperiode bei eingipfliger Periodisierung üblicherweise den Zeitraum von November bis 1. Mai, die Übergangsperiode den Monat Oktober. Der Rest des Jahres entspricht der Wettkampfperiode.

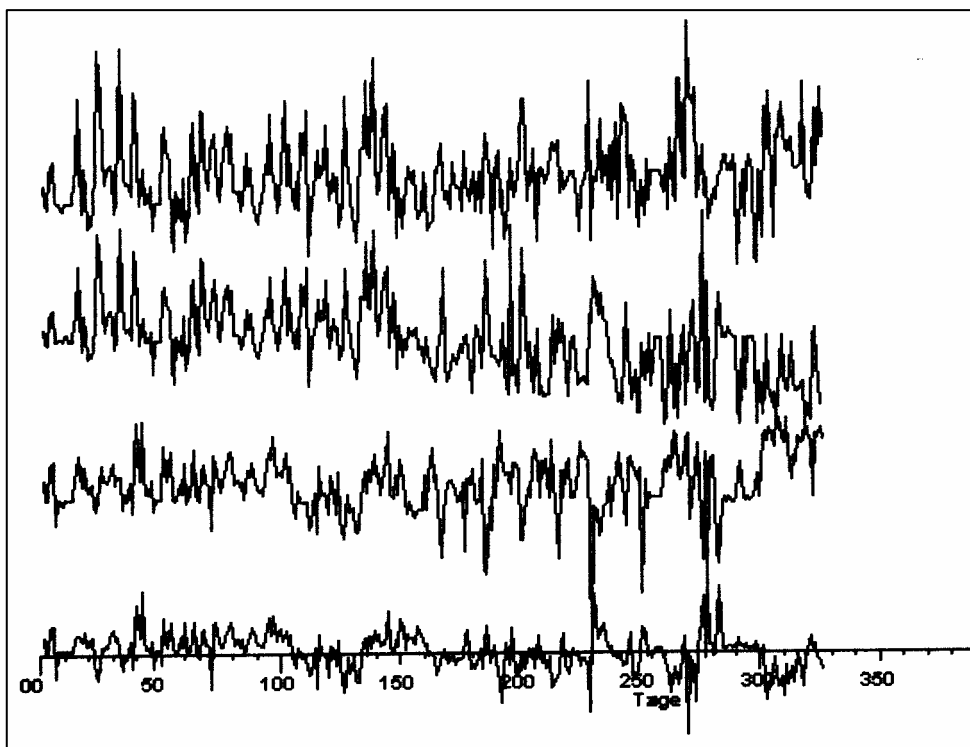


Abb. 40: Scoredarstellung für Vp1 nach dem Training für Faktor 1 und Faktor 2.

Legende: Von unten nach oben:

Faktor 1 (Gesamtscoreberechnung ganzes Jahr),  $\sigma = 0,5515$

Faktor 1 (Scoreberechnung getrennt für Vp und Wp),  $\sigma = 0,8606$

Faktor 2 (Gesamtscoreberechnung ganzes Jahr),  $\sigma = 1,1148$

Faktor 2 (Scoreberechnung getrennt für Vp und Wp),  $\sigma = 1,0862$

Die Dimensionalität ist bestimmt als die Anzahl der Faktoren mit einem Eigenwert größer 1. Der prozentuale Anteil der durch die Faktoren erklärten Varianz ist ebenfalls ein Maß für die Interpretation der Ergebnisse. Die in den folgenden Tabellen

ausgewiesenen Varianzerklärungsanteile (% der Varianz) geben also an, wieviel der jeweilige Faktor an Erklärungsanteil in bezug auf **alle** Ausgangsvariablen besitzt. So erklären für die Untersuchungssituation Stimmung früh bei Vp1 über das ganze Jahr die beiden Faktoren F1 und F2 zusammen 72,31% der Ausgangsvarianz, wobei F1 51,27 % und F2 21,04 % der Ausgangsvarianz bestimmen (vgl. Tab.11).

Auf der Basis obiger Ausführungen sollen im nächsten Schritt die Beschreibung und Entwicklung der Struktur und der Dimensionalität von der Vorbereitungs- zur Wettkampfperiode bzw. zu den Zeitpunkten früh, vor und nach dem Training analysiert werden (= Hypothese 3a).

Die Ergebnisse der Faktorisierung der 6 Merkmalsvariablen sprechen bei Vp1 für eine zweifaktorielle Beschreibung des Belastungsverlaufs. Diese Faktoren erklären etwa zwischen 60% und 70% der Gesamtvarianz. Eine orthogonale Rotation nach dem Varimax-Prinzip ergibt Faktoren, die sich gut in die allgemeinen Vorstellungen zu Trainingsbelastungen einpassen lassen, nämlich einen Faktor der psychischen Belastung (=Faktor 1) und einen eher physischen Belastungsfaktor (=Faktor 2) .

Eine Darstellung der Stimmungsgrößen geordnet nach Faktorladungen zeigt die relative Eindeutigkeit der Zuordnung. Während Faktor 1 besonders hoch bei den psychischen Variablen (gehobene Stimmung, etc.) lädt, beschreibt Faktor 2 eher die physische Seite der Belastung (Müdigkeit, Trägheit).

Somit ist aus dem multivariaten ursprünglichen Verlauf eine prägnant zusammengefasste Zeitreihe der Symptomgruppen geworden (= Hypothese 2).

Bei Vp1 ist insgesamt, also für jeden Betrachtungszeitraum, von einer Dimensionalität von 2 (2 Faktoren) auszugehen. Zu beachten ist jedoch, dass es dennoch zu erheblichen Veränderungen der Faktorgewichte innerhalb der Faktoren und somit der Struktur der Zeitreihe kommt. So stellt bei **Faktor 1 früh** bei der Ganzjahresbetrachtung bzw. in der **Wettkampfperiode** die gedrückte Stimmung (**negative Stimmungvariable**) mit einem beachtlichen Varianzanteil die Führungsgröße dar, während diese Position in den **anderen Phasen** die ausgelassene Stimmung (**positive Stimmungvariable**) einnimmt. Diese Umkehrung in der dominierenden Grundstimmung kann Auswirkungen auf die Prozessgestalt und somit auf die Interpretation beim Kurvenverlauf haben, da aus Gründen der Veranschaulichung die Zeitreihen der Faktorwerte der Vorbereitungs- und der Wettkampfperiode einfach aneinandergekettet wurden. Diese Besonderheit ist bei der Beurteilung der Plots der Faktoren

ganz besonders zu beachten und in jedem Einzelfall zu bewerten, ansonsten kann es zu Fehlinterpretationen kommen.

Auch eine Substraktion von Scorewerten vor dem Training und nach dem Training als Indikator für die Trainingswirkung wurde wegen der sich verändernden Faktorstrukturen fallen gelassen, da uns ein Vergleich nicht identischer Faktorstrukturen bedenklich erscheint.

Weiterhin zeigt sich, dass die Gewichtung (Faktorladungen) innerhalb eines Faktors nicht nur im Verlauf einer Trainingsperiode, sondern sogar im Tagesverlauf variiert, bis dahin, dass sich die Zahl der Faktoren ändert (vgl. z.B. Vp 2) (=Hypothese 3a).

Tab. 11 zeigt in tabellarischer Form Veränderungen in den Merkmalen der Faktorstruktur für das gesamte Trainingsjahr, die Vorbereitungsperiode (bis 1.Mai) und die Wettkampfperiode jeweils für den Zeitpunkt früh, vor und nach dem Training.

Tab. 11: Struktur der Stimmung von Vp1

<b>Ganzes Jahr (n = 325)</b>					
<b>früh</b>		<b>vor dem Training</b>		<b>nach dem Training</b>	
F1	F2	F1	F2	F1	F2
<b>d,p,g,j</b>	<b>m,a</b>	<b>q,e,k,h</b>	<b>n,b</b>	<b>r,f,i,l</b>	<b>o,c</b>
V=51,2713	V=21,0400	V=52,1304	V=21,7914	V=52,1459	V=24,3973
Vsu=72,3112		Vsu=73,9218		Vsu=76,5431	
<b>Vp (n = 152)</b>					
<b>früh</b>		<b>vor dem Training</b>		<b>nach dem Training</b>	
F1	F2	F1	F2	F1	F2
<b>p,d,j,g</b>	<b>m,a</b>	<b>q,k,e,h</b>	<b>n,b</b>	<b>r,f,l,i</b>	<b>o,c</b>
V=38,0877	22,1273	V=45,8950	V=23,4547	V=47,5417	V=27,2248
Vsu=60,2150		Vsu=69,3496		Vsu=74,7665	
<b>Wp (n = 173)</b>					
<b>früh</b>		<b>vor dem Training</b>		<b>nach dem Training</b>	
F1	F2	F1	F2	F1	F2
<b>d,p,g,j</b>	<b>m,a</b>	<b>q,e,h,k</b>	<b>n,b</b>	<b>r,f,l,i</b>	<b>o,c</b>
V=50,3448	V=22,6196	V=50,8121	V=22,6702	V=52,6253	V=24,0568
Vsu=72,9644		Vsu=73,4823		Vsu=76,6821	

Legende:

F1: Faktor/Dimension 1; F2: Faktor/Dimension 2; V= Faktorvarianzanteil; Vsu=Gesamtvarianzanteil  
**a,b,c:** Müdigkeit; **d,e,f:** gedrückte Stimmung; **g,h,i:** Missstimmung; **j,k,l:** gehobene Stimmung;  
**m,n,o:** Trägheit; **p,q,r:** ausgelassene Stimmung.

Eine Analyse der Systemstruktur von Vp2 und Vp3 bestätigt die Hypothese 2, dass es möglich ist, eine deutliche Reduktion der Freiheitsgrade im Verhalten der einzelnen Systemkomponenten (Komplexitätsreduktion) nach dem Versklavungsprinzip herbeizuführen.

Es zeigt sich sowohl die intra- als auch interindividuelle Variabilität der Systemstrukturen der Sportler (= Hypothese 3a).

Exemplarisch sei angeführt, dass bei Vp1 etwa bei Faktor 1 die Führungsgröße durch die gedrückte Stimmung und die ausgelassene Stimmung repräsentiert wird, während bei den anderen Sportlern teilweise die Trägheit im Vordergrund steht. Die Vielfalt weiterer intra- und interindividueller Kombinationen ergibt sich aus Tab.12 und Tab. 13. Besonders fällt auf, dass es bei Vp 2 in der Wettkampfperiode zu einer Zunahme von Freiheitsgraden kommt. Dies bedeutet in der Sprache der Synergetik, dass es zu einer Abnahme von Ordnung kommt (Vgl. TSCHACHER, 1997). Als Erklärungsansatz könnte dienen, dass im Gegensatz zur ruhigeren Vorbereitungsperiode vielfältige Einflüsse und Irritationen wie Unsicherheit vor den Wettkämpfen, erste Wettkampfergebnisse und dadurch induzierte Motivationen die Ordnung stören.

Während das System in der Vorbereitungsperiode durch einen einzigen allgemeinen Faktor F1 abgebildet wird, findet sich - anders als bei Vp1 - keine eindeutige Aufspaltung der Faktoren in eher positive bzw. psychische und negative bzw. physische Faktoren der Ursprungsvariablen .

Es fällt außerdem auf, dass die Hauptkomponentenanalyse in drei von vier Fällen, in denen ein Faktor F2 auftritt, einen relativ großen Anteil der Gesamtvarianz auf den ersten Faktor anhäuft (TSCHACHER, 1997), so dass der Varianzanteil von F2 für eine Systemanalyse allenfalls ergänzenden Charakter haben sollte. Als Hauptbeurteilungsgröße für das System Sportler ist deshalb allgemein von F1 auszugehen.

Tab. 12: Struktur der Stimmung von Vp2

<b>Ganzes Jahr (n = 371)</b>					
<b>früh</b>		<b>vor dem Training</b>		<b>nach dem Training</b>	
F1	F2	F1	F2	F1	F2
<b>d,m,j,g,a,p</b>	--	<b>n,k,e,h</b>	<b>q,b</b>	<b>i,l,f,r,o,c</b>	--
V=48,3572	V=---	V=34,0351	V=17,1736	V=43,2199	V=---
Vsu=48,3572		Vsu=51,2088		Vsu=43,2199	
<b>Vp (n = 152)</b>					
<b>früh</b>		<b>vor dem Training</b>		<b>nach dem Training</b>	
F1	F2	F1	F2	F1	F2
<b>d,m,a,g,j,p</b>	--	<b>k,n,e,h,b,q</b>	--	<b>l,o,i,f,r,c</b>	--
V=50,5857	--	V=35,5556	V=---	V=36,3910	V=---
Vsu = 50,5857		Vsu =35,5556		Vsu=36,3910	
<b>Wp (n = 219)</b>					
<b>früh</b>		<b>vor dem Training</b>		<b>nach dem Training</b>	
F1	F2	F1	F2	F1	F2
<b>m,j,a</b>	<b>g,d,p</b>	<b>n,k,h,e</b>	<b>q,b</b>	<b>f,i,r,l</b>	<b>c,o</b>
V=35,9189	V=34,3447	V=35,2603	V=18,6505	V=47,6263	V=25,8898
Vsu=70,2636		Vsu=53,9109		Vsu=73,5161	

Legende:

F1: Faktor/Dimension 1; F2: Faktor/Dimension 2; V= Faktorvarianzanteil; Vsu=Gesamtvarianzanteil;  
**a,b,c:** Müdigkeit; **d,e,f:** gedrückte Stimmung; **g,h,i:** Missstimmung; j,k,l: gehobene Stimmung;  
**m,n,o:** Trägheit; p,q,r: ausgelassene Stimmung;

Wieder ein anderes Strukturverhalten zeigt sich bei Vp3 (= Hypothese 3a). Die Struktur von Vp 3 gliedert sich bei Vorliegen von zwei Faktoren auch eher in einen Faktor positiver und einen Faktor eher negativer Stimmungsvariablen. In der Wettkampfperiode existiert jedoch früh und vor dem Training nur ein Faktor, nach dem Training kommt ein zweiter Faktor hinzu.

Offensichtlich stört Training kurzfristig das Gleichgewicht, das System gerät in Unordnung, die Freiheitsgrade nehmen nach dem Training zu. Anzumerken ist, dass der Varianzanteil der größten Faktoren mit zum Teil unter 30% und der Anteil an der Gesamtvarianz aller Faktoren mit zum Teil unter 40 % - ähnlich wie schon bei Vp2 - als nicht sehr hoch eingestuft werden muss, was in diesen Fällen die Qualität der Systemstruktur etwas relativieren dürfte.

Tab. 13: Struktur der Stimmung von Vp3

<b>Ganzes Jahr (n =377)</b>					
<b>früh</b>		<b>vor dem Training</b>		<b>nach dem Training</b>	
F1	F2	F1	F2	F1	F2
<b>m,a,g,d</b>	p,j	<b>k,q,b,n</b>	<b>e,h</b>	<b>l,r,c</b>	<b>i,f,o</b>
V=29,1017	V=27,9085	V=28,6995	V=21,2270	V=29,6474	V=27,1441
Vsu=57,0102		Vsu=49,9265		Vsu=56,7915	
<b>Vp (n = 148)</b>					
<b>früh</b>		<b>vor dem Training</b>		<b>nach dem Training</b>	
F1	F2	F1	F2	F1	F2
<b>m,a,g</b>	p,j,d	<b>k,q,b</b>	<b>e,h,n</b>	<b>f,i,o</b>	<b>l,r,c</b>
V=32,3806	26,7411	V=26,3574	V=23,7345	V=31,0372	V=27,5013
Vsu=59,1217		Vsu=50,0918		Vsu=58,5386	
<b>Wp (n = 229)</b>					
<b>früh</b>		<b>vor dem Training</b>		<b>nach dem Training</b>	
F1	F2	F1	F2	F1	F2
p,j,m,g,a,d	--	<b>k,q,n,h,e,b</b>	--	<b>l,r,o</b>	<b>i,f,c</b>
V=45,6477	V=--	V=34,8365	V=--	V=30,8021	V=21,8977
Vsu=45,6477		Vsu=34,8365		Vsu=52,6998	

Legende:

F1: Faktor/Dimension 1; F2: Faktor/Dimension 2; V= Faktorvarianzanteil; Vsu=Gesamtvarianzanteil;  
**a,b,c:** Müdigkeit; **d,e,f:** gedrückte Stimmung; **g,h,i:** Missstimmung; j,k,l: gehobene Stimmung;  
**m,n,o:** Trägheit; p,q,r: ausgelassene Stimmung;

### 3.1.3 Relationale Prozesscharakteristika

Nach der Reduktion der Gesamtsysteme auf wenige Faktoren ist im nächsten Schritt zunächst anhand der Originaldaten Ausmaß und Form der Belastung der Sportler zu beschreiben. Zu diesem Zweck werden im Folgenden die in Vorbereitungs- und Wettkampfperiode segmentierten Zeitreihen für eine visuelle Inspektion des gesamten Trainingsjahres grafisch aneinandergekettet. Die Identifizierung einer klaren Prozessgestalt auf der Basis von Mikro- und Makrozyklen ist durch den einfachen Plot nicht möglich. Die Inaugenscheinnahme ist jedoch konsistent mit der Hypothese, dass es durch Training zu gewissen Homöostasestörungen kommt. Diese Ungleichgewichte haben dazu die Tendenz, in der Regel sehr gut bis zum nächsten Tag kompensiert zu werden (= Hypothese 3b).

Dieser Eindruck wird durch den Einheitswurzeltest nach DICKEY untermauert. Die Zeitreihen weisen keine Einheitswurzel auf. Dies weist auf eine gewisse Stationarität und somit auf das Nichtvorhandensein von Trends hin.

Wir wollen uns bei diesen Kurven auf die Betrachtung der Extremwerte konzentrieren, um die Begleitumstände zu analysieren, die zu einem Maximum (oder Minimum) der Stimmungsfaktoren geführt haben. Extremwerte sind dabei dadurch charakterisiert, dass sie einen besonderen absoluten Zustand darstellen, aber durchaus auch Wendepunkte in Verläufen darstellen können. Sie können zu einem grundlegenden Verständnis der Regulationsvorgänge beitragen. Extremwerte gehören zur Kategorie der relationalen Prozessparameter, da ihre Stellung in Relation zur Umgebung ihre Bedeutung definiert (SCHMITZ, 1987). Plausible Übereinstimmungen zwischen konkreten Ereignissen und den Peaks der das System reduzierenden Faktoren, können ein Indikator dafür sein, dass diese Faktoren die Belastungswirkungen des vereinfachten Gesamtsystems hinreichend beschreiben (=Hypothese 2). In diesem Fall ist zu beachten, dass trotz eines Führungswechsels der beiden höchstgeladenen, aber vom Stimmungscharakter gegensätzlichen Variablen (ausgelassene vs. gedrückte Stimmung) von der Vorbereitungs- zur Wettkampfperiode der Grundcharakter der Prozessgestalt wegen der hohen Faktorladungen der Variablen gleich bleibt. Es ist lediglich mit einem gedämpften Ausschlag der Faktorpeaks zu rechnen. So erkennt man bei Faktor 1 früh sehr gut den enormen Anstieg der gehobenen Stimmung um den 40. Tag, der im Tagebuch einhergeht mit einem sportlichen Leistungssprung. Am 97. Tag erfolgte eine Jobzusage, am 229. Tag wurde Bestzeit über 3000m erzielt, der 264. und 307. Tag waren weiterhin durch Bestzeiten gekennzeichnet. Der Faktor 2 geht sehr gut konform mit körperlich belastenden Ereignissen, wie Wettkämpfen (vgl. Tab. 14).



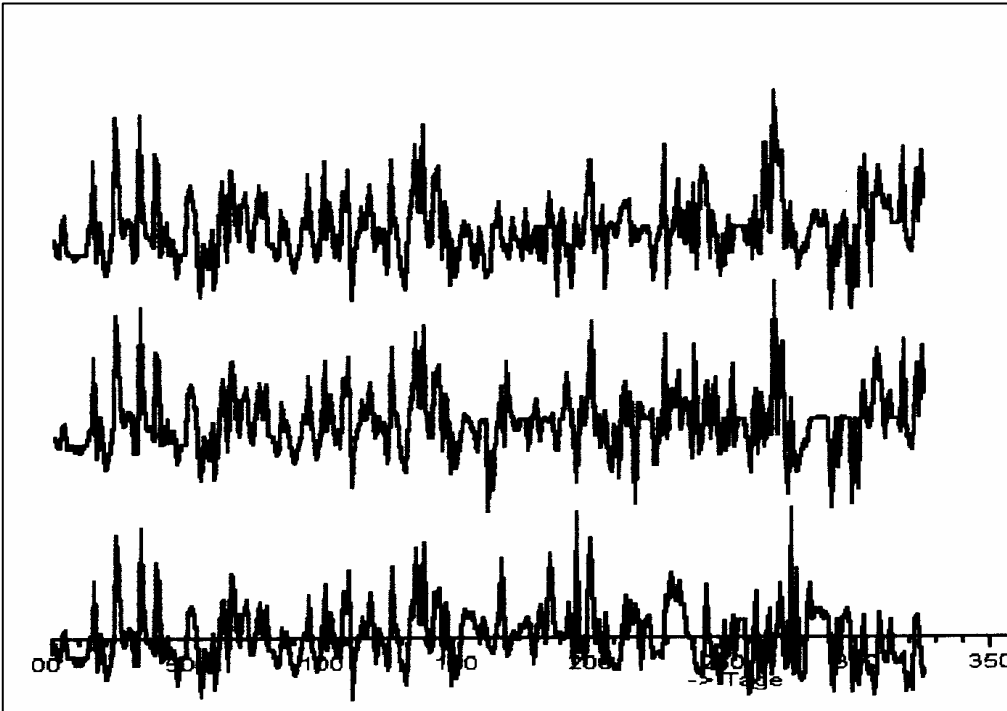


Abb. 41: psychischer Stimmungsfaktor (F1) von Vp1 früh, vor dem Training und nach dem Training (von unten, versetzte Darstellung)  
 Das oben beschriebene besondere Verhalten der führenden Stimmungsfaktoren (VP: positive Stimmungsfaktoren, WP: negative Stimmungsfaktoren) ist bei der Interpretation der Kurve besonders zu beachten.

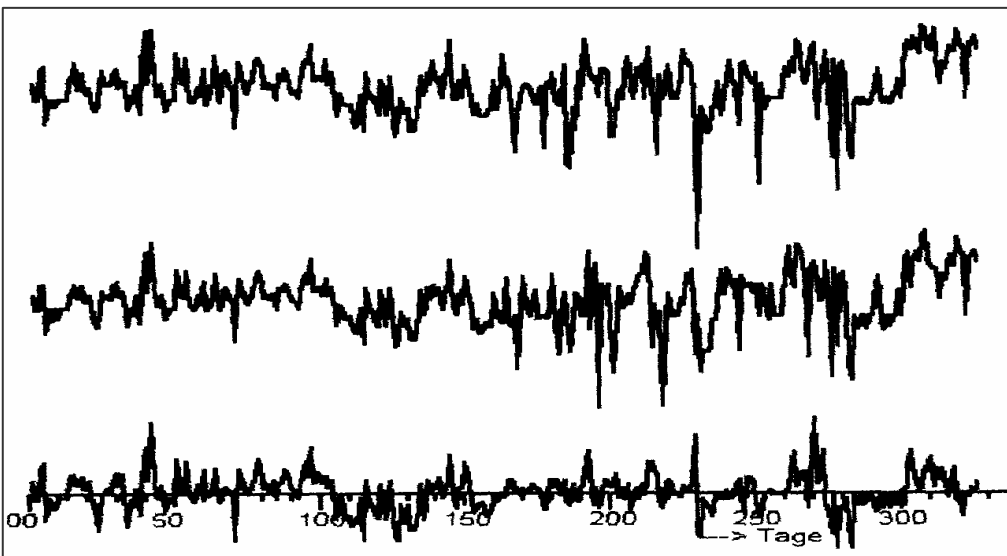


Abb. 42: psychischer Stimmungsfaktor (F2) von Vp1 früh, vor dem Training, nach dem Training (von unten, versetzte Darstellung). Führungsgrößen: Müdigkeit, Trägheit

Tab. 14: Ereignistabelle von Vp1

Datum	Tag	Ereignis
30.11.	1.	Beginn
Dezember		Sehnenscheidenentzündung
5.12.	6.	Volkslauf 10,2 km in 34:10
6.01.	38.	12,1 km Dreikönigslauf 39:03 (Leistungssprung)
10.1.	42.	1500m 4:11,07 verärgert, locker auf letzten 5m überholt)
23.1.	55.	Landes- Hallenmeisterschaften 3000m 9.Platz 8:56 unzufrieden
24.1.	56.	Erschöpft im Training
25.1.	57.	Gatt-Test
31.1.	63.	Bezirkscrossmeisterschaften 8254 m 3.Platz 29:25 ziemlich zufrieden
28.2.-7.3	91-98	Trainingslager Italien
6.3	97.	Jobzusage
9.3	100.	Weiteres Vorstellungsgespräch, hin- und hergerissen
14.3.	105	10 km Geländelauf 10.Platz32:49 0 Punkte
24.3.	115	Gatt-Test
4.4.-15.4	126-137	Höhentraining Flagstaff
7.4.	129	Gatt-Test
14.4	136	Gatt-Test
Hier in etwa		Intervention
19.4.	141	Gatt-Test
24.4.	146	Landesoffenes Sportfest Lichtenfels 3000m 9:08,08 -1 Punkte
26.4	148	Umzug
27.4.	149	Gatt-Test
2.5.	154	Bezirksmeisterschaften 3000m 1.Platz +4 Punkte
8.5	160	Sportfest 1000m 2:36,15 +1;5000m 16:22 -1 Punkte
15.5.	167	Sportfest Wunsiedel 5000m 15:33 1. Platz +4 Punkte
16.5	168	800m Tempomacher 2:14
29.5.	181	Sportfest Hof 5000m 15,36,2 -1 Punkte
2.6.	185	800m Roth 1:59,5 +2 Punkte
6.6.	189	Dt. Hochschulmeisterschaften 3000m 9:42,73 -2 Punkte
12.6.	195	Landesmeisterschaften 3000m 7. Platz 9: 24,85 Bestzeit +5 Punkte
21.6	204	Gatt-Test
24.6	207	Gatt-Test
29.6	212	1000m 2:32,04 +4 Punkte
3.7.	216	Bezirksmeisterschaften 10000m 34:20 1. Platz
9.7	222	Bezirksstaffelmeisterschaften 4X1500 4:10 +2 Punkte
10.7	223	Arbeit emotional belastend
13.7.	226	Gatt-Test
16.7	229	3000m 8:35,06 Bestzeit
21.7	234	Wettkampf 5000m bei 3000m ausgestiegen
24.7.	237	Halsschmerzen
28.7	241	Feier
2.8.	246	Gatt-Test
11.8	255	5000m 15:26,6 -1
17-20.8	261-264	3000m 9:29 +3
11.9	286	5000m 15:50

Datum	Tag	Ereignis
2.10	307	10 000m Bestzeit 32:30 +3
7.10	312	Gatt-Test
11.10	316	Gatt-Test
17.10	322	Frankfurt-Marathon 2:36:48 -2
30.10	335	Saisonende Stadtlauf 10 km -3

Unsere Analyse hat ergeben, dass die Sportlersysteme auch tagsüber zwischen den einzelnen Betrachtungszeitpunkten zumindest in der Feinstruktur ständigen Veränderungen unterliegen (= Hypothese 3a). Die wesentliche Prozessgestalt der Kurven morgens früh und vor dem Training bleibt dabei bei nahezu allen Athleten in dieser Studie erhalten. Für eine Untersuchung zu Homöostase- und Belastungswirkungen (= Hypothese 3b) bieten sich zudem die Zeitpunkte früh (vom Tagesgeschehen noch unbelastetes System) und nach dem Training (Zustand des Systems direkt nach Trainingsbelastung) an. Wir wollen uns im Folgenden deshalb auf diese beiden Ankerpunkte beschränken.

Bei der Interpretation der Extrema von Vp2 ist darauf zu achten, dass für die Faktoren zum Zeitpunkt früh eher negative Stimmungen die Führungsgrößen darstellen. Dagegen ist bei F1 nach dem Training in der Vorbereitungsperiode die gehobene Stimmung dominant. Das erklärt das gegenläufige Verhalten der Kurven in der Vorbereitungsperiode.

Herausragende positive Peaks bei Vp2 stellen deshalb im Gegensatz zu Vp1 negativ belastende Ereignisse dar.

Auch dieser Sportler findet gemäß der Hypothese 3b immer wieder sein Gleichgewicht. Dieses Ergebnis wird durch den Einheitswurzeltest nach DICKEY bestätigt (Stationarität, keine Einheitswurzel, kein Trend). Der Sportler ist vom Level des Stimmungsverlaufes insbesondere in der Wettkampfperiode ziemlich stabil (Standardabweichungen für F1 früh:  $\sigma = 0,6200$  und für den Zeitpunkt nach dem Training:  $\sigma = 0,7313$ ).

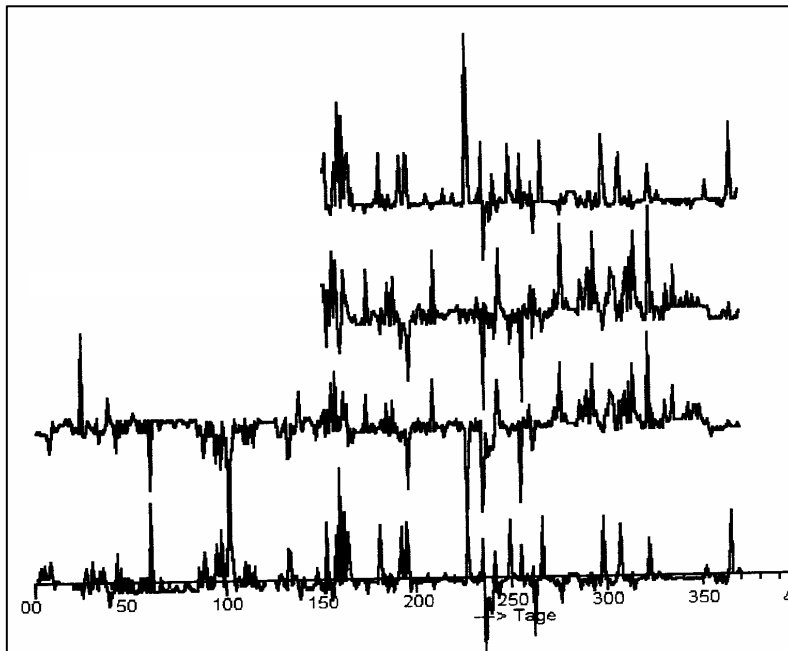


Abb. 43: Stimmungsfaktoren F1 früh, F1 nach d. Tr. und F2 früh und F2 nach d. Tr. von Vp2 (von unten versetzte Darstellung)

Diese eher negativ behafteten Führungsgrößen schlagen sich sehr deutlich in der Faktorstruktur F1 und F2 von Vp2 nieder. So erkennt man sehr genau ab dem 35. Tag die Belastung durch die Verletzung am Knie, sowie die Erkältung ab Tag 102 und die negativen Ereignisse um Tag 137. Im Zeitraum von ca. Tag 265 – 295 befindet sich der Athlet physisch in einer recht stabilen Phase (nur kleine Schwankungen von F1 früh) gleichzeitig mit einer Reihe recht guter Wettkämpfe. Der psychische Faktor F2 zeigt dagegen recht große Ausschläge. Negative Zukunftsgedanken überlagern hier möglicherweise immer wieder die positiven sportlichen Ergebnisse. Sehr gut auszumachen ist auch die praktisch gegenläufige Prozessgestalt von F1 früh und nach dem Training in der Vorbereitungsperiode auf Grund des unterschiedlichen Charakters der führenden Stimmungsrößen in diesem Zeitraum (insbesondere um den Tag 100, aber auch z.B. bei Tag 63). Auch die Folge negativer Ereignisse von Tag 151 - 167 ist gut zu identifizieren. Das schlechte Abschneiden bei den Landesmeisterschaften (Tage 195/196), die wichtigen Prüfungen und die ständig wieder aufflammenden Zukunftsgedanken nach den Prüfungen, die zur Aufgabe des Studiums zwangen, zeichnen sich als herausragende relationale Prozessparameter ab. Klar zu erkennen, insbesondere bei F2, der Einfluss des Marathonlaufs (Tag 322), die ver-

gessene Meldung zur Süddeutschen Meisterschaft (Tag 235, vor allem bei F2 nach dem Training, als der Athlet die schlechte Nachricht vom Abteilungsleiter vernahm). Während F1 dabei mehr zumindest in der Wettkampfperiode die physische Seite repräsentiert, bringt F2 mehr die psychische Komponente zum Ausdruck. Auch gewisse Trainings- und Wettkampfeinflüsse insbesondere in der Wettkampfperiode lassen sich beim visuellen Vergleich zwischen dem Zustand vor und nach dem Training feststellen (=Hypothese 3a).

Tab. 15: Ereignistabelle von Vp2

Datum	Tag	Ereignis
30.11	1.	Beginn
28.12-31.12	29.- 32.	Übelkeit/Erkältung
10.1	42	1500 m Wettkampf Fürth 4:06,46 etwas erfolgreich
3.1.-31.1	35. – 63.	Knieschmerzen nach Sturz
6.3	97	„platt“
11.3-15.3	102 - 106	Erkältung
14.4-15.4	136 - 137	Schwere Beine
16.4	138	Ärger mit Freundin
24.4	146	Lichtenfels 3000m 8:43,74 erfolgreich
29.4.	151	Ärger Nichtnominierung Sportlerehrung
1.5.	153	Schlechter 200m Wettkampf(Gegenwind) 25,70
2.5.	154	Versöhnung Freundin
8.5	160	1000m 2:32 etwas erfolgreich
15.5.	167	Schlechter Wettkampf Wunsiedel 800m 1:59,60 nicht erfolgreich
29.5.	181	Guter Wettkampf Internationales Hof 1500m 3:56,11 erfolgreich
2.6.	185	Nahezu Bestzeit 3000m 8:27,8 Roth erfolgreich
5.6.	188	Dt. Hochschulmeisterschaften Heidelberg 1500m 3:56,76 4.Platz Vorlauf etwas erfolgreich
12/13.6.	195 - 196	1500m VL 3:57,02 ;9. Im Finale 3:59 Landesmeisterschaften 12. erfolgreich 13. nicht erfolgreich
26.6.	209	Neustadt 1500m 3:55,45 erfolgreich
29.6.	212	1000m 2:30,44 etwas erfolgreich
8.7.	221	Prüfungsvorbereitung
9.7.	222	4*1500m 4:05 1. Platz erfolgreich
12.7	225	Prüfung
18.7	231	Prüfungsvorbereitung Mathe
19.7	232	Prüfung und Vorbereitung Physik
21.7	234	Prüfung Physik
21.7.	234	Höchststadt 1000m 2:32,5 erfolgreich
22.7.-28.7	235 - 241	Meldung zur Süddeutschen vom Verein vergessen
5.8.	249	WettkampfLudwigshafen 1500m 3:58,21 1.Platz etwas erfolgreich
11.8	255	Wettkampf Roth 1000m(Aufgabe wegen Schmerzen im Bein)
13.8	257	Feier
17.8	261	Zukunftsgedanken

Datum	Tag	Ereignis
22.8.	266	Dortmund 1000m 2:28,03 erfolgreich
29.8.	273	Konstanz 1500m 3:54,91 etwas erfolgreich
4.9.	279	Stuttgart 300m 8:43,56 1.Platz Alleingang etwas erfolgreich
11.9.	286	Coburg 5000m 15:32 !. Platz Alleingang erfolgreich
18.9.	293	Bad Kissingen 800m 1:56,36 1. Platz erfolgreich
25.9.	300	Bestzeit 5000m erfolgreich
2.10	307	10000m Lauf Sieg erfolgreich
17.10	322	Marathon erfolgreich 2:30,41
21.10-28.10	326 - 333	Training Italien
30.10	335	Prestigewettkampf Citylauf Bayreuth 10km 32:28 1.Platz erfolgreich

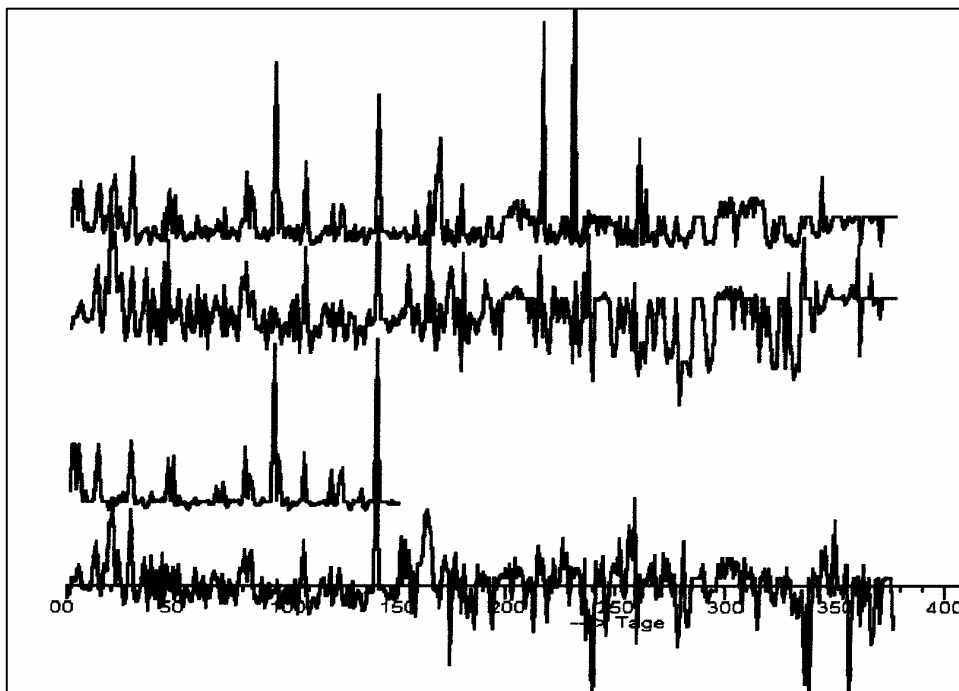


Abb. 44: Vp3; Stimmungsfaktoren F1 früh, F2 früh, nach d. Tr. F1, nach d. Tr. F2, (von unten versetzte Darstellung)

Die Interpretation der Faktorkurven von Vp 3 erfordert besondere Aufmerksamkeit, da in der Vorbereitungsperiode Müdigkeitsvariablen bei F1 bestimmend sind und in der Wettkampfperiode positive Stimmungsgrößen. F2 existiert in der Wettkampfperiode früh (und vor dem Training) nicht, bei F2 nach dem Training dominieren negative Stimmungsfaktoren (Missstimmung, gedrückte Stimmung). In der Vorbereitungsperiode dagegen kommt bei dieser Größe die ausgelassene Stimmung vor der gehobenen und gedrückten Stimmung. Dokumentierte Müdigkeitsspitzen finden sich bei der Erkältung ab Tag 16. Ab dem Tag 135 tritt die Änderung der Führungsgröße in Erscheinung. Während die gute Stimmung bei Tag 90 bei F2 nicht direkt erklärbar ist,

sind im Bereich ab Tag 150 sehr gute Wettkampfergebnisse erzielt worden, begleitet von gelegentlichen gesundheitlichen Problemen. Die guten Ergebnisse bei der Wettkampfhäufung im Juni (4. Platz in Hösbach bei den Landesmeisterschaften) spiegeln sich in einer relativ stabilen positiven Stimmungslage auf nicht sehr hohem Niveau wider.

Die Stimmungskurven lassen auch bei diesem Athleten eine Gleichgewichtstendenz erkennen, welche durch den Einheitswurzeltest nach DICKEY bekräftigt wird, so dass auch für diesen Athleten die Hypothesen 3a und 3b gelten (DICKEY, BELL & MILLER, 1986).

Deutlich sieht man auch den Stimmungsabfall ab Tag 239 durch die beginnende Darminfektion sowie den Stimmungsanstieg nach überwundener Krankheit durch gute Resultate in Roth bzw. beim Triathlon.

Tab. 16: Ereignistabelle von Vp3

Datum	Tag	Ereignis
4.12.	1	Beginn
16.12-24.12	13-21	Achillessehnenbeschwerden
30.12-4.1	27-32	Erkältung
15.1.-21.1	43-49	Kränkeln
23.1	51	4. bei Landeshallenmeisterschaften Bestzeit 1500m 3:57 erfolgreich
1.2-5.2	60-64	Fußbeschwerden
8.2	67	Temperatur
22.2	81	Schlecht gefühlt, deprimiert
21.3-23.3	108-110	Kniebeschwerden, schlecht gefühlt
26.3	113	Schlecht gefühlt
31.3-2.4	118-120	Knöchel
22.4-28.4	140-146	Erkältung
8.5.	156	Ebermannstadt 1000m 2:31,9
15.5	163	Bezirksmeisterschaften Wunsiedel 800m 1:57,98
16.5-19.5	164-167	Knie Bezirksmeisterschaften 1500m 3:57,03
29.5.	177	800m 1:54,58
31.5-1.6	179-180	Ohr
2.6.	181	Roth 3000m 8:29,4
12.6.	191	Hösbach 1500m 3:58,13
13.6.	192	Hösbach 1500m 4. Platz 3:57,17
3.7	212	Regensburg Sporttest für Studium
18.7	227	1500m 3:50,79 Neustadt erfolgreich
30.7-9.8	239-249	Darminfektion
5.8	245	Ludwigshafen nicht angetreten, übergeben
11.8	251	1000m 2,36,4 Roth
14.8	254	Triathlon 1:39,32
29.8	269	Internat. Sportfest Konstanz 800m 1,53,89

### 3.1.4 Prozessanalyse mit Gleitmittelwerten

In den Originaldaten überdecken die kurzfristigen Schwankungen die längerfristigen Entwicklungen, die man jedoch mit den Gleitmittelkurven aufdecken kann und somit ein klareres Bild vom Gesamtverlauf der Kurve erhält. Wir wählen für unsere Beispiele zunächst ein 7-Tage-Gleitmittel, also den Zeitraum einer Trainingswoche (Standardmikrozyklus), der sich daraus ergibt, dass für jeden Tag die Werte dreier Vortage, des jeweils gewählten Tages und der drei nachfolgenden Tage gemittelt werden. Später (vgl. S. 161) aggregieren wir die Daten auf Monatsebene (30 Tage), also für einen Zeitraum, der in etwa einem Makrozyklus in der Trainingslehre entspricht. Wie auf S. 96 dargestellt kommt es bei der grafischen Darstellung des Gleitmittelwertes zu einer Glättung der Kurve, die dem Betrachter (z.B. Trainer) ein übersichtlicheres Bild des Reihenverlaufs liefert. Letztlich geht durch diese Methode zwar Detailinformation verloren. Diese Reduktion ist jedoch für den, einen Prozessverlauf analysierenden Praktiker zunächst unerheblich, da er im Rahmen einer fundierten Trainings- bzw. Leistungssteuerung vorrangig an trendmäßigen Entwicklungstendenzen von Athleten interessiert ist. Weiterhin ist bei der Anwendung von Gleitmittelwertbildungen zu beachten, dass unter dem Aspekt von Markov-Prozessen Intervalllängen der betrachteten Zeitreihen und Gewichtungen der in die Berechnung einlaufenden Größen eine bedeutende Rolle spielen. Wie auf S. 136f. dargestellt berücksichtigen wir diese Problematik, indem wir den gesamten Prozessverlauf a-priori in Phasen unterteilen, die im Normalfall in hohem Maße in sich homogen sind und sich untereinander möglichst gut unterscheiden. In Anlehnung an die allgemeinen und speziellen Trainingslehren sind dies die unterschiedlichen Perioden des Trainingsjahres (Vorbereitungs-, Wettkampf-, Übergangsperiode). Wir führen die Analyse auf der Basis von Gleitmittelwerten mit den sich aus der Faktorenanalyse ergebenden Scores durch. Diese Scores stellen eine Aggregation der gewichteten ursprünglichen Variablen dar. Mit dem Instrument der Prozessanalyse mit Gleitmittelwerten soll die Belastung von Sportlern auf unterschiedlichen Betrachtungsebenen (Mikrozyklus = 7 Tage, Makrozyklus = 30 Tage) untersucht werden.

Es wird angestrebt, die Eigenart von Belastung in Training und ansatzweise im Alltag sowie die Mechanismen ihrer Bewältigung, also ihrer Regulation, zu erfassen und dynamisch zu beschreiben. Abb. 45 bestätigt die bei der relationalen Prozessbe-



trachtung erkannte Prozessgestalt der Gleichgewichtsfindung (= Hypothese 3b). Die Athleten sind offensichtlich in der Lage durch Coping (SCHMITZ, 1987), d.h. durch internes und externes Regulationsbemühen den Anforderungen, welche die Ressourcen eines Athleten belasten, gerecht zu werden. Kurz: Die Sportler können auch starke Belastungen durch interne und externe Regulationsformen bzw. ihr Regulationspotential verkraften.

Die Beschreibung solcher Bewältigungsprozesse durch psychologische Größen haben LAZARUS, KANNER & FOLKMAN (1980) betont.

Beim Coping-Prozess, d.h. beim Bemühen eine Belastung zu bewältigen, kommt der Funktion von (positiven) Emotionen eine wesentliche Bedeutung zu (SCHMITZ, 1987) und wird als Gewähr von Erholung und Aufrechterhalten der eigenen Kräfte beschrieben. Neben der externalen Regulation, also dem erheblichen Einfluss z.B. des Trainers auf den Athleten, nimmt im Zusammenhang mit unseren Betrachtungen die interne Regulation einen außerordentlichen Stellenwert ein. Von interner Regulation spricht man, wenn die Regelstrecke (z.B. körperliche Zustände, Anstrengung) ihren Ort innerhalb der tätigen Person hat und die Regulation nicht ihren Weg über die Umgebung nimmt. Einen Sonderfall stellt der Fall dar, wenn die Regulationsfähigkeit selbst zum Gegenstand der Regulation wird, z.B. bei der Korrektur oder gar dem Wechsel von Coping- bzw. Bewältigungsstrategien, die sicher auch in der Trainingspraxis eine nicht unbedeutende Rolle spielen. Diese Regulation höherer Ordnung, die sich bei der Betrachtung unserer grafischen Abbildungen durchgehend zeigt, entspricht somit einer Selbstkorrektur bzw. -stabilisierung. Oder in der Terminologie der dynamischen Systeme bzw. der Synergetik ausgedrückt: die Systeme unterliegen einem Selbstorganisationsprozess. Wichtig dabei ist, dass die Regulation von äußeren Eingriffen (Trainer-, Beraterinterventionen) begleitet sein kann, in ihren zentralen Anteilen ist sie jedoch immer internal. Mittels interner Coping-Strategien wird vorrangig nicht die Belastungsursache aus der Umwelt eliminiert. Vielmehr versucht man durch intrapsychische Mechanismen (Einstellungsänderung, Sicherheitsgefühl durch Wissen, etc.) das Wohlbefinden der Person bzw. das Gleichgewicht des Systems Sportler zu regulieren und zu stabilisieren.

Das sportliche Training nimmt dabei eine Sonderrolle ein, da durch Training **systematisch** versucht wird, zumindest das körperliche Gleichgewicht zu stören, es aber auf der Basis einer höheren Leistungsfähigkeit (Superkompensation) wieder herzustellen. Man läuft dabei aber Gefahr, dass bei der Auseinandersetzung mit zu hohen

Dauerbelastungen längerfristige Coping-Prozesse erfolgen, die letztlich zu Übertraining mit den dazugehörigen physischen und psychischen Zuständen, Handlungs- und Verhaltensweisen führen können. Für die Ausbildung von Fehlregulationen, wie sie sich aus Übertraining ergeben können, könnten in Anlehnung an die Stressforschung diese längerfristigen, chronifizierten Prozesse erklärend wirken. Umso wichtiger erscheint es, durch konsequente Prozesskontrolle den Homöostasezustand von Sportlern zu überwachen, und beginnende unplanmäßige längerandauernde Ungleichgewichte durch (externale) Interventionen zu eliminieren (mit dem Wissen, dass jede außenwirksame Tätigkeit auch internale Regulationsprozesse impliziert (SCHMITZ, 1987)).

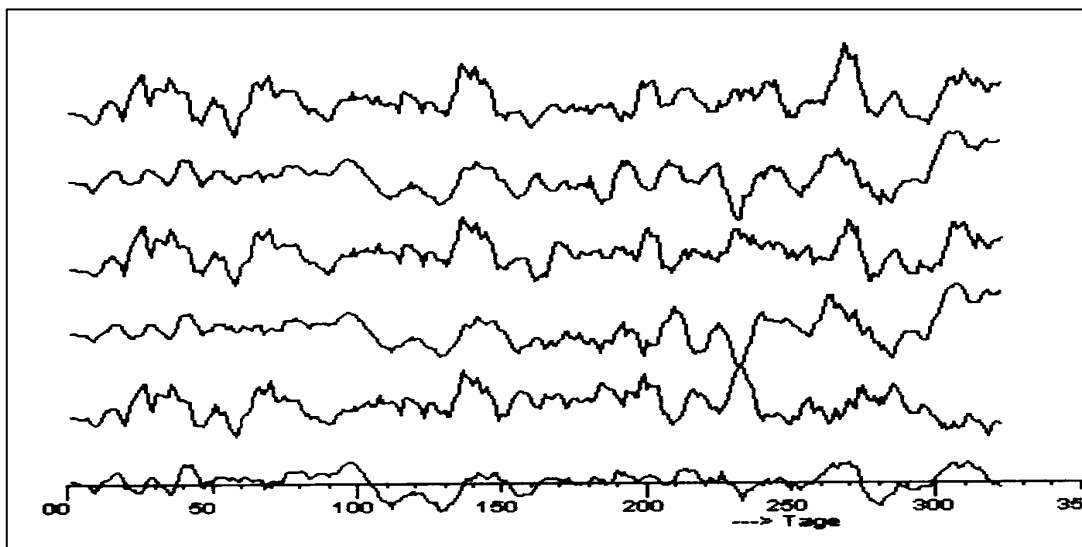


Abb. 45: 7-Tages-Gleitmittelwerte von Vp1 der Faktoren F1 früh, F2 früh, F1 vor d. Tr., F2 v. d. Tr., F1 n.d. Tr., F2 n. d. Tr. (von unten versetzte Darstellung).

Führungsgrößen :

VP: F1 positive Stimmung, F2 Müdigkeit, Trägheit;

WP: F1 früh negative Stimmungsgröße, v.d. Tr. und n.d. Tr. positive Stimmungsgröße, F2 Müdigkeit, Trägheit.

Auch bei den Gleitmitteldarstellungen wird das Verfahren beibehalten, die Kurven für Vorbereitungs- und Wettkampfperiode für grafische Zwecke aneinanderzuketten. Auch wird für diese Art der Darstellung einmal exemplarisch der Zeitraum früh, vor dem Training und nach dem Training abgebildet. Aus Gründen, die auf S. 147 dargestellt wurden und die für die Gleitmittelkurven analog gelten, wird im Folgenden auf die grafische Veranschaulichung des Zustandes vor dem Training verzichtet.

Sehr schön erkennt man bei Vp1 zum Zeitpunkt früh auch die Vielzahl von Mikrozyklen, die alle um einen Gleichgewichtszustand herumpendeln und für F1 kaum einen

kumulativen Effekt zeigen, wie man ihn von Mesozyklen her kennt. Durch visuelle Inspektion ist auch sehr gut erkennbar, dass der einzelne Mikrozyklus in der Regel bei F1 länger als eine Woche dauert. Es beginnt sich auch ab etwa Tag 70 ein Ungleichgewicht chronischen Charakters abzuzeichnen. Dies zeigt sich sowohl für F1 und noch stärker für F2, was eine ungeplante Intervention erforderte. Da der Athlet immer befürchtete zu wenig zu trainieren, musste auf der Basis der Veranschaulichung seiner Trainingskurven mit TISSY erhebliche Überzeugungsarbeit geleistet werden, das Training zurückzufahren. Das Ergebnis der Intervention und der damit verbundenen Regulation der Belastungsbewältigung ist offensichtlich. Während vor dem Eingreifen das Ungleichgewicht der Scores begleitet war von schlechten Ergebnissen, fand der Athlet bald nach der Intervention ein neues Gleichgewicht (= Hypothese 3b) und kam an seine Bestzeiten heran. Die Entwicklung, die zum Umkippen der Stimmung um den 100. Tag nach unten führte, kann man sehr gut verfolgen. Auch zeigt sich bei der Verfolgung des Faktors 2, wie sich bei dem übermotivierten Sportler die Ermüdung bis zur Intervention ständig aufbaute und wie lange es selbst beim Zurückfahren der Belastung dauerte, bis sich im Gegensatz zu Faktor 1 der Müdigkeitsscore 2 normalisiert. Bei Vergleich der beiden Faktoren zeigt sich insgesamt, dass bei F2 auch eher über einen Mikrozyklus hinausgehende kumulative Effekte zu verzeichnen sind.

Erst ab ca. dem 240. Tag ist hier ein deutlich niedrigerer Belastungslevel erkennbar, der sich in einer sehr guten Form gegen Ende der Wettkampfperiode niederschlägt. Analog dazu erzielte der Athlet sehr gute Wettkampfergebnisse (Bestzeit über 3000m), was sich wiederum in der Prozessgestalt des Faktors F1 zeigt, z.B. ab Tag 260 bzw. 300. In den anderen Grafen spiegeln sich die Tagesereignisse bzw. die Trainingswirkungen wider. Das Grundmuster für F1 und F2 scheint sich aber durch den ganzen Tag hindurchzuziehen.

Weitere Information können kumulative Prozesscharakteristika wie Standardabweichung etc. liefern, ebenso wie z.B. der Zusammenhang zwischen Trainingsanstrengung und Einschätzung des Trainingserfolges (Abb. 46). Während vor der Intervention die Tendenz bestand, ein anstrengendes Training als erfolgreich zu bezeichnen, ist nach dem Eingriff eher eine Trendumkehr zu verzeichnen.

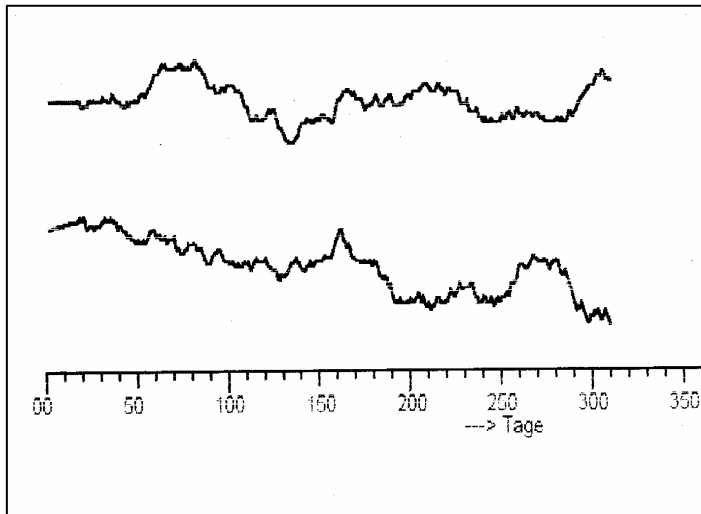


Abb. 46: 31-Tage- Gleitmittelkurve von Vp1 vor und nach der Intervention, oben Trainingserfolg, unten empfundene Trainingsanstrengung (versetzte Darstellung)

Interessante Einblicke in das Regulationspotential von sportlichen Individuen vermittelt auch die Einbeziehung der Arbeits- und Trainingsbelastungskurve in die Betrachtung.

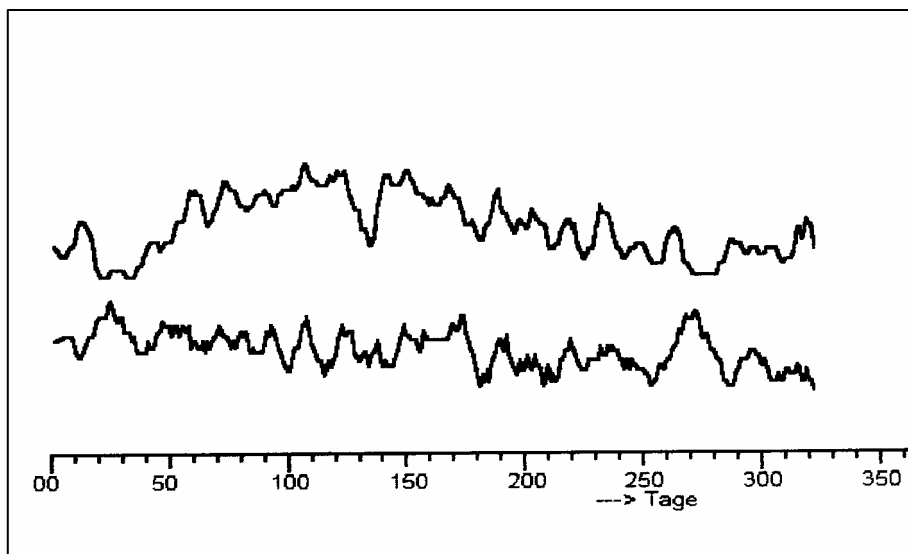


Abb. 47: Arbeitsbelastung (obere Kurve), Trainingsbelastung (untere Kurve) empfunden von Vp1 (7-Tage-Gleitmitteldarstellung)

Als Belastungsfaktoren, die den Grad der Beanspruchung durch die Arbeit Training bzw. das Training erfassen sollten, wurde die subjektive Sicht der Anforderung (primary appraisal) durch eine fünfstufige Schätzskala abgefragt.

Die Arbeitsbelastung zeigt auf der Basis eines zyklischen Ablaufs ein über größere Zeiträume hohes Niveau. Dabei ist ein Trend erkennbar, der anfangs aufwärts und später abwärts verläuft. Sehr klar schlägt sich auch der Flagstaffaufenthalt um den 130. Tag in der Kurve der Arbeitsbelastung nieder.

Offensichtlich ist diese Belastungsart mehr fremdbestimmt und kann weniger auf ein niedrigeres Niveau zurückreguliert werden. Bessere Regulationsmöglichkeiten (Copingstrategien) bieten sich bei der Trainingsbelastung (= Hypothese 3b). Unter Einbeziehung beider Belastungen schafft es der Organismus, Regulationsmechanismen wirken zu lassen, die kumulative Diskordanzen der Arbeit bzw. Beanspruchungen kompensieren. Beim Verlauf erkennt man dies an den Mikrozyklen, die immer wieder auf das Ausgangsniveau zurückgeführt werden und an die Kurven von TSCHIENE (1977) erinnern.

Als Erklärungsansatz für dieses Phänomen könnte folgende Überlegung dienen: Ist eine Regulationsform gefunden, wie in der Trainingssituation, so kann eine relativ starke Belastung verkraftet werden. Diese Belastung kann jedoch nicht im selben Ausmaß bewältigt werden, wenn - wie offensichtlich bei der Arbeit - eine Umstellung oder Einstellung (Änderung!) auf eine neue Regulationsform erfolgt. Hier fehlt eine Anpassung der Regulationsform an den Belastungsgrad und es treten Diskordanzen auf, die offensichtlich sehr belastend wirken und eine beträchtliche Kapazität erfordern. Die (hohe) Arbeitsbelastung scheint eine Anstrengung und einen Einsatz zu erfordern, der eine Regulation im Sinne des Findens und Einstellen einer adäquaten Arbeitsstrategie eher ausschließt, insbesondere da - wie dargestellt - Vp1 Berufsanfänger ist. Der Kurvenverlauf wird auch durch das Ergebnis des Einheitswurzeltests von Dickey statistisch abgesichert.

Den homöostatischen Kompensationseffekt (= Hypothese 3b) beim Training dagegen erkennt man auch sehr gut daran, dass trotz steigender Schritte (vgl. Abb. 62) als Leistungsparameter die Belastung ohne Trend reguliert wird, d. h. stationär bleibt.

Eine Besonderheit eines negativen kumulativen Effektes zeigt die Gleitmittelkurve bei Vp1 nach Flagstaff. Hier zeigt sich ein summativer Aspekt, der einherging mit negativen Trainings- und Wettkampfleistungen. Wie auf S. 155 dargestellt, wurde aus diesem Grund erfolgreich interveniert und die Trainingsbelastung zurückgeführt. Dies

zeigt sich sehr gut an der geringeren Belastungsstruktur des Athleten ab dem 175. Tag mit dem Resultat, dass er danach Bestleistungen aufstellte.

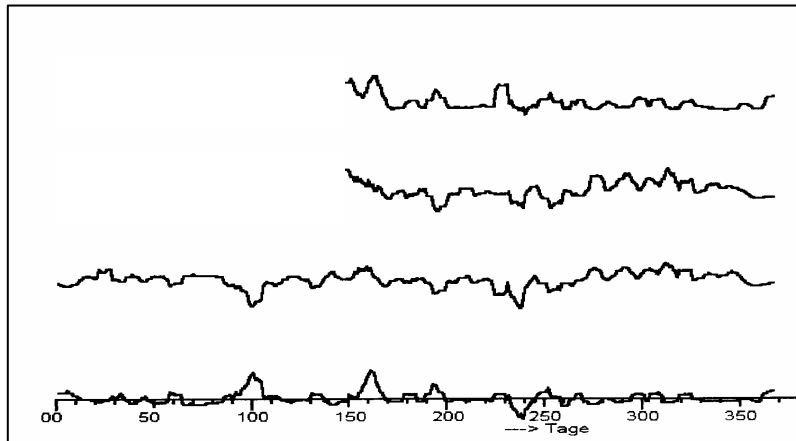


Abb. 48: Faktor1 früh, Faktor1 nach d Tr., Faktor 2 früh, Faktor 2 nach d. Tr. von Vp2 (von unten, versetzte Darstellung, 7-Tage-Gleitmittel)

Wie an anderer Stelle beschrieben, haben wir folgende Führungsgrößen bei Vp2: Faktor 1 früh in der Vorbereitungsperiode die gedrückte Stimmung, während in der Wettkampfperiode die Trägheit dominiert. Nach der Trainingseinwirkung erkennen wir bei diesem Faktor in der Vorbereitungsperiode die gehobene Stimmung als dominierende Größe, während in der Wettkampfperiode die gedrückte Stimmung die höchste Faktorladung aufweist. Während der Faktor 1 früh gut angesteuert wird (=Hypothese 3b), zeigt sich in der Vorbereitungsperiode insgesamt eine Tendenz zu einer positiven Stimmung nach dem Training, ein Phänomen, das bei vorsichtiger Interpretation auf eine Endorphinausschüttung des Athleten zurückzuführen sein könnte. Der leichte Trend in der Wettkampfperiode könnte unter anderem auf die Umfangserhöhung des Trainings als Vorbereitung auf den Marathonlauf zurückzuführen sein. Dieser Effekt tritt am nächsten Morgen offensichtlich nicht mehr stark hervor, der Athlet scheint nicht sehr müde zu sein (Siehe unten) (= Hypothese 3a). Auch bei Faktor 2 früh steigt gegen Ende der Saison die Missstimmung, während nach dem Training die Müdigkeit gut angesteuert wird. Der Varianzanteil ist bei diesem Faktor jedoch nicht sehr hoch. Als Orientierungssteuerungsgröße bietet sich deshalb Faktor 1 früh an. Sehr gut zeigt sich die Erkältung bei F1 früh um den Tag 100 sowie die schlechten Ergebnisse um den 160. Tag, die sich schon einige Tage vorher anbahnten. Die guten Ergebnisse ab Tag 230 zeichnen sich auch für F1 sowohl früh als auch nach dem

Training ab (= Hypothese 2). Die gedrückte Stimmung sinkt bei F1 nach dem Training. Auch in dieser Prozessgestalt finden sich neben typischen Mikrozyklen gewisse Kumulierungstendenzen (z.B. bei F1 nach dem Training), die jedoch nicht mit der Struktur typischer Mesozyklen übereinstimmt. Bei diesem Athleten bestätigt der Einheitswurzelttest ebenso das Ergebnis der visuellen Inspektion.

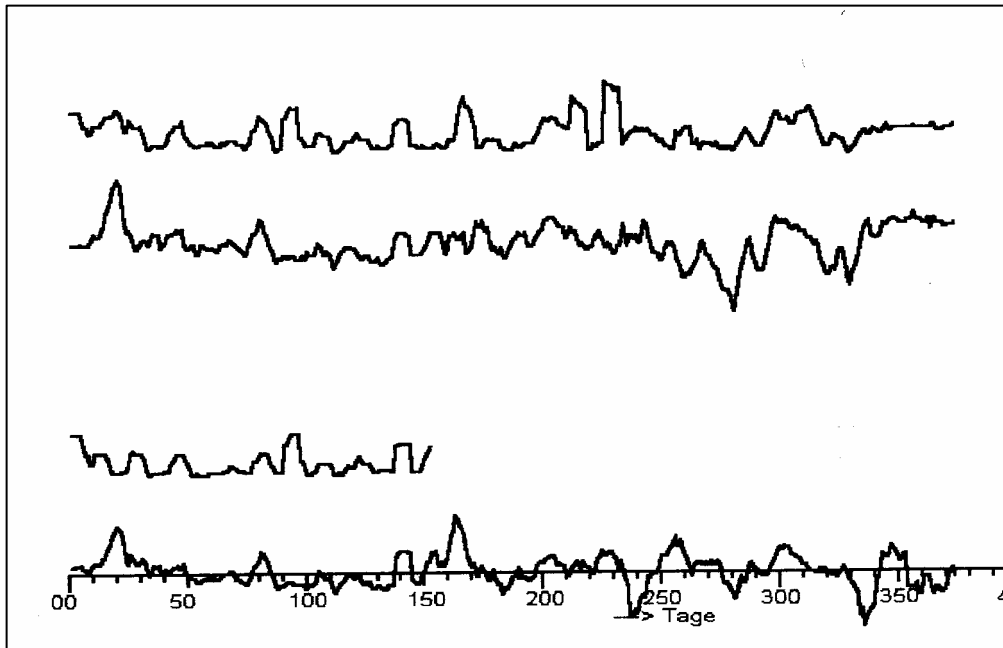


Abb.49: 7-Tage-Gleitmittel von Faktor 1 früh, Faktor 2 früh, Faktor 1 n.d.Tr. und Faktor 2 n. d. Tr.von Vp3 (von unten, versetzte Darstellung)

Führungsgrößen:

Vp: F1 früh: negative Stimmung	Wp: F1 früh: positive Stimmung
Vp: F2 früh: positive Stimmung	Wp F2: früh: -
Vp: F1 n.d. Tr.: negative Stimmung	Wp F1:n.d. Tr. pos. Stimmung
Vp: F2 n.d.TR. :positive Stimmung	Wp F2:n.d. Tr. negative Stimmung

Auch bei Vp3 erkennt man zum einen die Tendenz, dass Trainingswirkungen nach dem Training sehr unterschiedliche Entwicklungen annehmen. Es lassen sich sehr unterschiedliche Zyklen erkennen mit unterschiedlichen Belastungstendenzen. Das Bild reicht von Mikrozyklen mit gleichbleibender Belastung bis hin zu kumulativen Effekten. Beeindruckend ist auch hier das Phänomen, dass der Sportler in der Lage ist die Trainingsbelastungen so zu regulieren, dass sich zum Zeitpunkt morgens ein Gleichgewichtszustand einstellt (= Hypothese 3b).

Auch bei diesem Sportler ist eine relativ große Dynamik im System zu erkennen, sowohl zwischen den Tageszeiten, als auch zwischen den Faktoren und Perioden

(= Hypothese 3a). So wechselt beispielsweise die Variable mit der größten Faktorladung von der Trägheit in der Vorbereitungsperiode bei dem Faktor 1 früh hin zur ausgelassenen Stimmung in der Wettkampfperiode. Dieser Wechsel erfordert erhöhte Aufmerksamkeit bei der Interpretation der Plots. Auch bei diesem Sportler sind die Entwicklungen stimmig mit den Ereignissen des Tagebuches. Exemplarisch seien angeführt, dass der kränkelnde Zustand um Tag 10-30 und die Indisponiertheit sich niederschlägt in der Zunahme der Trägheit. Auch die Erkrankung in der Wettkampfperiode (Tag 239 bis 249) zeigt sich in einem deutlichen Stimmungstief (F1 früh). Die ausgelassene Stimmung der Wettkampfperiode geht ebenso konform mit den guten Wettkampfergebnissen im Bereich der Tage 154 bis 167 und 251 bis 255.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass sich für alle Athleten durch Einsatz von Gleitmittelwerten gewisse Entwicklungen besser abzeichnen. Die Ergebnisse bestätigen auch mit dieser Methode die Hypothesen 2, 3a und 3b. Lediglich Vp1 benötigte einen Interventionsanstoß zur Gleichgewichtsfindung, um nicht zuletzt auch durch das Höhenraining initiierte Fehlregulationen zu korrigieren. Es ist jedoch bei Verwendung von Gleitmittelkurven zu beachten, dass diese nur einen gefilterten, niederfrequenten Teil der Originaldaten wiedergeben. Um auch Aufschluss über die Zusammenhänge niederfrequenter Anteile zu erhalten, betrachten wir die Gleitmittelverläufe die der Konzeption nach auch den Verlauf der „wahren“ Werte der Zeitreihe widerspiegeln. Auf Korrelationen von Gleitmittelwerten als grobe einfache Ähnlichkeitsmaße wurde bis auf eine Ausnahme verzichtet (S. 170), da diese wegen der hohen Autokorrelation und der geringen Variabilität der Gleitmittelreihen keinesfalls wie übliche Kreuzkorrelationen interpretiert werden dürften. Zudem muss bei der Verwendung von Gleitmittelfiltern der Slutsky-Yule-Effekt beachtet werden. In Anlehnung an SCHMITZ halten wir dennoch die Verwertung von Gleitmittelwerten für die grafische Analyse und die Einschätzung von Trends für sehr nützlich, solange die Eigenschaften dieses Filters berücksichtigt werden (SCHMITZ, 1987).

### **3.1.5 Makroebene**

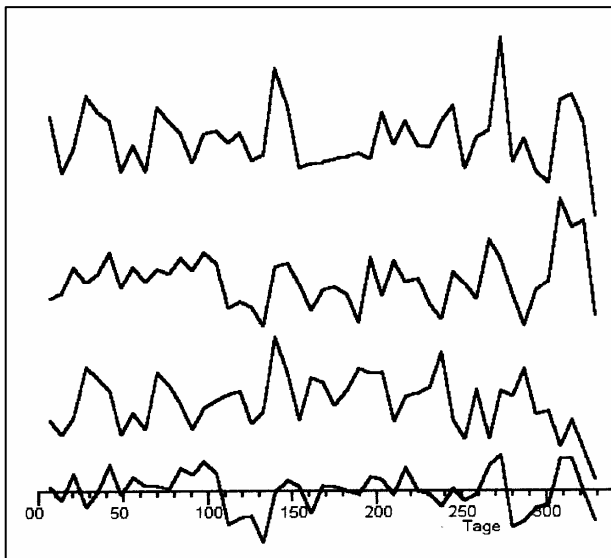
Nun wechseln wir die Betrachtungsebene. Wir verlassen die Durchschnittsbetrachtung und wenden uns kumulierten Fragestellungen zu.

Wie bereits erwähnt ergab sich die Zielsetzung der Aggregation auf Wochen- bzw. Monatsebene aus methodischen Gründen (Mikro-, Makrozyklus) und inhaltlichen Er-

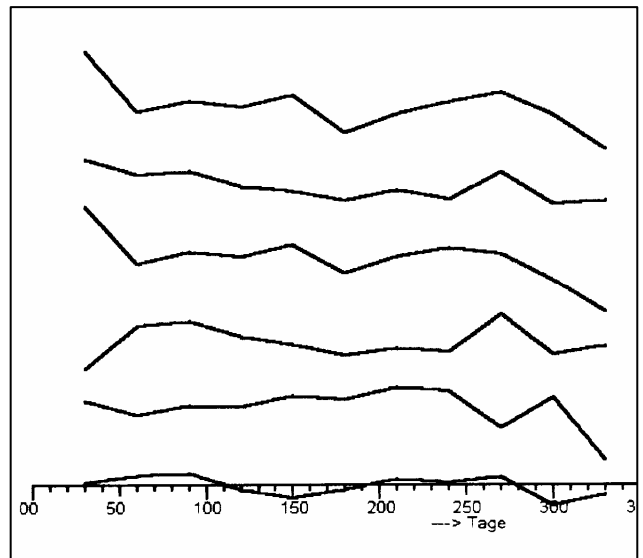


wägungen, da bedeutsame Belastungen vor allem durch Häufung von möglicherweise geringfügigen Belastungen im Zeitverlauf entstehen (= Hypothese 3c).

Die grafische Darstellung für den Zeitverlauf kann auch hier erste Anhaltspunkte zum Prozessgeschehen vermitteln. Durch die Wochen-Monats-Gleitmittelwerte lassen sich längerfristige Bewegungen veranschaulichen .



**Abb. 50: Makroebene Summenbildung Vp1**  
 F1 früh, F2 früh, F1 nach d. Tr., F2 nach d. Tr.  
 (von unten nach oben)  
 Intervall über 7 Tage

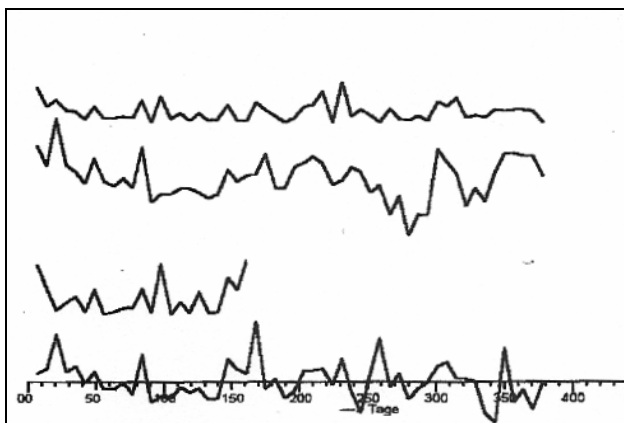


**Abb. 51: Makroebene Summenbildung Vp1**  
 F1 früh, F2 früh, F1 vor d. Tr., F2 vor d. Tr., F1 nach  
 d. Tr., F2 nach d. Tr. (von unten nach oben)  
 Intervall über 30 Tage

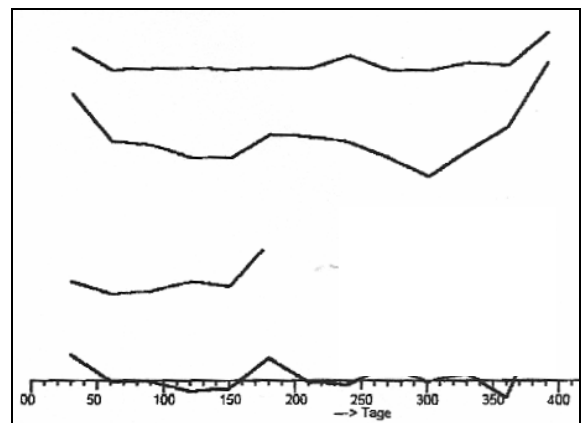
Während im Wochenbereich die Tendenz besteht, immer wieder durch interne Regulationsmechanismen einen homöostatischen Zustand einzunehmen (=Hypothese 3b), ist dies längerfristig nicht mehr möglich. Bei der Akkumulation von 30 Tagen werden bei Vp1 langfristige Trendbewegungen bzw. kumulative Phasen erkennbar, insbesondere bei Faktor 2 morgens (Müdigkeit). Dabei zeigt sich auch, dass offenbar die psychische Belastung langfristiger besser angesteuert werden kann als die physische Komponente. Dieser langfristige Verlauf lässt darauf schließen, dass das Niveau nicht konstant bleibt und Phasen zu unterscheiden sind, in denen grundsätzlich ein anderer Regulationsmechanismus abläuft (SCHMITZ, 1987). Dies entspricht auch durchaus der praktischen Lebens- und Trainingserfahrung. Obwohl in kleineren Zeiteinheiten immer wieder ein subjektives relatives Gleichgewicht erreicht wird, baut

sich langfristig ein Ungleichgewicht auf, das z.B. Regenerationsmaßnahmen in der Übergangsperiode bzw. einen längeren Jahresurlaub erfordert, um wieder auf ein homöostatisches Gleichgewichtsniveau für den neuen Jahrestrainings- bzw. Arbeitszyklus zurückzufinden.

Ein ähnliches Systemverhalten erkennt man bei den akkumulierten Daten von Vp3. Hier baut sich die Belastung direkt nach dem Training auf, aber erst gegen Ende des Untersuchungszeitraumes (ca. Tag 280), während der Zustand morgens durch eine Homöostasetendenz gekennzeichnet ist (=Hypothese 3b). Der Faktor 1 tendiert beim 30-Tage-Intervall zum Gleichgewicht, während der Faktor 2 in der Vorbereitungsperiode ebenso leichte kumulative Effekte aufweist, ehe diese Größe in der Wettkampfperiode abbricht.



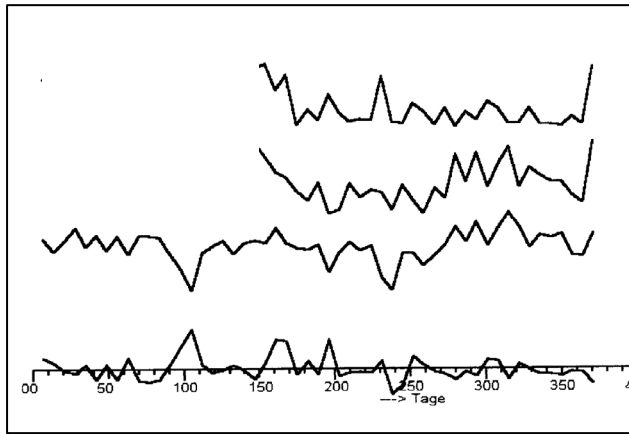
**Abb. 52: Makroebene Summenbildung Vp3**  
F1 früh, F2 früh, F1 nach d. Tr., F2 nach d. Tr.  
(von unten nach oben)  
Intervall über 7 Tage



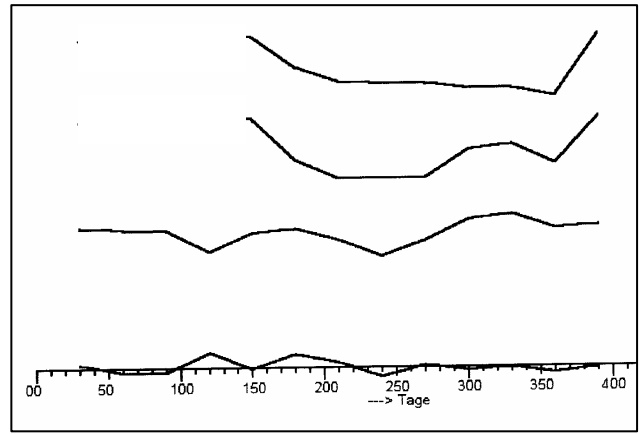
**Abb. 53: Makroebene Summenbildung Vp3**  
F1 früh, F2 früh, F1 nach d. Tr., F2 nach d. Tr.  
(von unten nach oben)  
Intervall über 30 Tage

Für den Zeitraum nach dem Training ist bei Vp3 für den Faktor 1 zu beachten, dass von der Vorbereitungsperiode zur Wettkampfperiode die Führungsgröße der Stimmung wechselt. Dies kann in diesem Fall leicht zu Fehlinterpretationen führen, da in der Vp die gedrückte Stimmung fällt und die gehobene Stimmung steigt. F2 bleibt dagegen ziemlich stabil.

Die Makroprozessgestalt von Vp2 dagegen hat ein differierendes Erscheinungsbild.



**Abb. 54: Makroebene Summenbildung Vp2**  
 F1 früh, F2 früh, F1 nach d. Tr., F2 nach d. Tr.  
 (von unten nach oben)  
 Intervall über 7 Tage



**Abb. 55: Makroebene Summenbildung Vp2**  
 F1 früh, F2 früh, F1 nach d. Tr., F2 nach d. Tr.  
 (von unten nach oben)  
 Intervall über 30 Tage

Besonders auffallend ist bereits beim 7-Tages-Intervall das Verlassen des Gleichgewichtszustandes bei Faktor 2. Diese Entwicklung zeigt sich ganz deutlich bei der Aufsummierung auf 30 Tage. Obwohl nach dem 240. Tag relativ gute Wettkampfergebnisse vorlagen, steigt die Missstimmung bei F2. Ein Erklärungsansatz wäre das Durchschlagen der Zwangsexmatrikulation an der FH wegen unzureichender Prüfungsleistungen und die in diesem Kontext immer wieder auftauchende Auseinandersetzung mit Zukunftsgedanken, welche summativ die Gesamtstimmung beherrschen. Als sehr stabil zeigt sich auch hier der Faktor F1 früh.

### 3.1.6 Regelmäßigkeiten

Auf der Basis einfacher Plots und Gleitmittelwerte sowie der Makroebene lassen sich Einzelereignisse zuordnen und Entwicklungstendenzen feststellen. Für eine fundiertere Beschreibung des Belastungsgeschehens im Trainingsprozess von Sportlern liefert aber das Wissen um Regelmäßigkeiten bei der Belastungsgestaltung wichtige Erkenntnisse.

Diese können mit Hilfe der ACF untersucht werden (= Hypothese 4).

Die visuelle Inspektion der Faktorzeitreihen in der tageweisen Betrachtung lässt in hohem Maße Stationarität vermuten, sieht man von einer möglichen Varianzinstabilität ab. Diese Annahme wird durch den U-root-Test nach DICKEY bestätigt. Dennoch bilden wir für unsere Analyse die erste Differenz der Zeitreihen. Durch die Bildung

der ersten Differenz erhalten wir eine klarere Aussage hinsichtlich der Richtung der Veränderungen, etwa in der Form einer negativen Korrelation, dass man morgen eher weniger belastet ist, wenn man heute eher mehr belastet ist. Berücksichtigt man für die Analyse nur die Autokorrelation der Ursprungsreihe, so kann man positive Korrelationen erhalten, die aber keinen Widerspruch bedeuten müssen. So können bei insgesamt kleineren Schwankungen im positiven Bereich sehr wohl positive Autokorrelationen berechnet werden, da man bei heutiger Müdigkeit morgen eher auch müde ist, aber eben ein bisschen weniger als heute. Es gilt festzuhalten, dass das statistische Stationaritätskonzept eine wichtige Voraussetzung für die ARIMA-Methodik darstellt. Man darf dabei aber nicht vergessen, dass dieses sehr an dem für BOX und JENKINS wesentlichen Zweck des Forecastings orientiert ist. PETERMANN (1989) und SCHMITZ (1987) weisen ausdrücklich darauf hin, dass bei psychologischen Prozessen das Stationaritätskonzept und insbesondere die Bedeutung der Differenzenbildung immer im Zusammenhang mit psychologisch besonders bedeutsamen Sachverhalten, wie Niveau, Variabilität und interner Struktur im Zeitablauf zu sehen ist.

Mit der Spearman-Rang-Autokorrelation kann beschrieben werden, mit welcher Regelmäßigkeit physisches bzw. psychisches Belastungsempfinden auftritt.

Die überzufälligen Autokorrelationen für Vp1 betragen für die einzelnen Faktoren bezogen auf die Trainingsperioden und Tageszeiten:

Tab. 17: Autokorrelationen von Vp1 für verschiedene Tageszeiten und Trainingsperioden

<p><b>F 1 früh Vorbereitungsperiode:</b> Originaldaten: lag 1: 0,39 1. Differenz: lag 1: -0,44</p> <p>Weitere gegen 0 gehende positive ACF deuten auf Periodizität, Trend hin und implizieren somit eine Differenzenbildung</p> <p><b>F 1 früh Wettkampfperiode:</b> Originaldaten: lag 1: 0,39 lag 2: 0,19 1. Differenz: lag 1: -0,32 lag 2: -0,20</p> <p><b>F 2 früh Vorbereitungsperiode:</b> Originaldaten: lag 1: 0,29 lag 9: 0,23 1. Differenz: lag 1: -0,31 lag 9: -0,37</p> <p><b>F 2 früh Wettkampfperiode:</b> Originaldaten: lag 1: 0,21 lag 14: 0,17 1. Differenz: lag 1: -0,43</p>	<p><b>F 1 nach d. Tr. Vorbereitungsperiode:</b> Originaldaten: lag 1: 0,37 1. Differenz: lag 1: -0,41</p> <p><b>F1 nach d. Tr. Wettkampfperiode:</b> Originaldaten: lag 1: 0,40 1. Differenz: lag 1: -0,44</p> <p><b>F 2 nach d. Tr. Vorbereitungsperiode:</b> Originaldaten: lag 1: 0,32 lag 9: 0,21 1. Differenz: lag 1: -0,26 lag 9 : 0,24</p> <p><b>F 2 nach d. Tr. Wettkampfperiode:</b> Originaldaten: lag 1: 0,24 lag 2: 0,14 1. Differenz: lag 1: -0,44</p>
---	---

Neben einzelnen Zusatzperioden, z.B. bei lag 9, kristallisiert sich heraus, dass bei beiden Faktoren Regelmäßigkeiten der Belastung bei lag 1 dominieren. Die negative Korrelation bei der ersten Differenz spricht deutlich für einen von einem Tag zum anderen wechselnden Belastungscharakter. Dies könnte dafür sprechen, dass Trainer oder Sportler oder beide dazu tendieren, Defizite in der Feinstruktur ihres inneren Modells dadurch auszugleichen und einen homöostaseähnlichen Zustand zu schaffen, indem sie auf (Selbst)-Organisationsprozesse zurückgreifen, die auf wechselnder Belastung von einem Tag auf den anderen basieren. Die zwar signifikanten, aber in ihren absoluten Höhen nur mittelmäßig ausgeprägten Korrelationen weisen lediglich darauf hin, dass es eine **gewisse Tendenz** zu dieser Belastungsstruktur bei Vp1 gibt. Vollständig kann das Systemverhalten dadurch nicht abgebildet werden. Tatsächlich stellt sich das Gesamtsystem offensichtlich komplexer dar.

Anzeichen für diese komplexe Struktur ergeben sich auch aus der Spektralanalyse. Die sich im Zeitraum von 2 Tagen wiederholenden Vorgänge beim lag 1 der ACF finden sich ansatzweise auch im Ergebnis der Spektralanalyse, bei der sich eine Periode von 2 bis 3 Tagen (Frequenz von ca. 0,4) am ausgeprägtesten erkennen lässt. Daneben erscheinen nicht sehr ausgeprägte Nebenperioden, die sich - wenn über-

haupt - in der ACF als nichtsignifikante, zufällige Regelmäßigkeiten widerspiegeln bzw. bei Signifikanz der ACF häufig nur einen sehr schwach ausgeprägten Zusammenhang (nahe Null) repräsentieren.

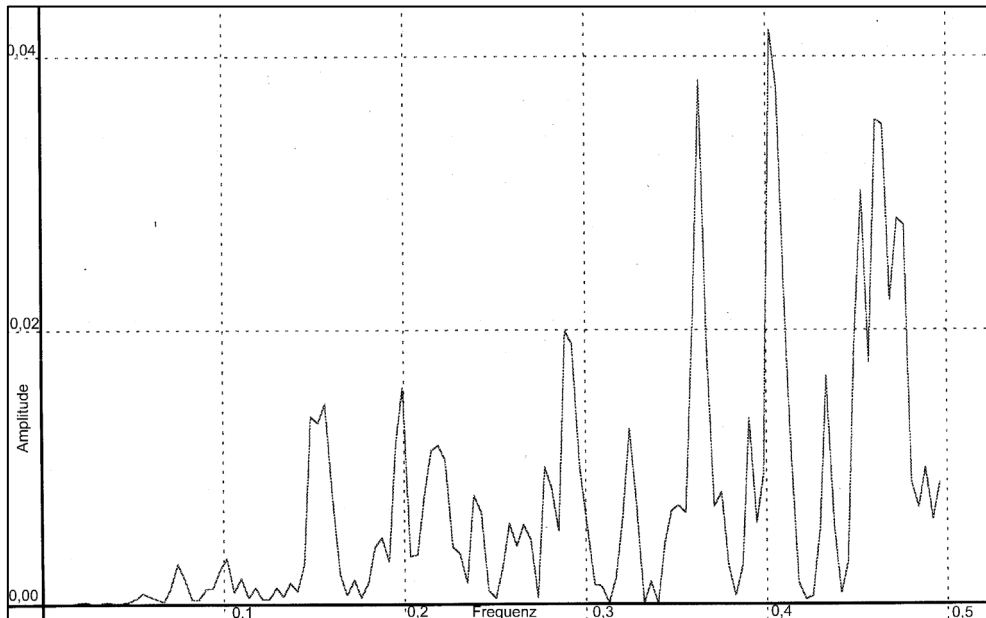


Abb. 56: Fourieranalyse für Faktor 2 früh Wettkampfperiode von Vp1

Dieser Be- und Entlastungsrhythmus bei lag 1 zeigt sich ebenso bei der ACF vor dem Training und als direkte Trainingswirkung ohne Regeneration über die Nacht zum Zeitpunkt nach dem Training.

Die Autokorrelationen von Vp2 und Vp3 weisen dieselbe Regelmäßigkeit auf (vgl. Tab. 18 und 19). Auch bei diesen Athleten ergeben sich die ausgeprägtesten (negativen) Korrelationen bei lag 1 der 1. Differenz.

Tab. 18: Autokorrelationen von Vp2 für verschiedene Tageszeiten und Trainingsperioden

<p><b>F1 früh Vorbereitungsperiode:</b> Originaldaten: lag 1: 0,17, lag 2: 0,16, lag 4: 0,16 1. Differenz: lag 1: -0,50</p> <p><b>F1 früh Wettkampfperiode:</b> Originaldaten: lag 2: 0,17, lag 13: -0,15 1. Differenz: lag 1: -0,56</p> <p><b>F2 früh Vorbereitungsperiode:</b> entfällt</p> <p><b>F2 früh Wettkampfperiode:</b> Originaldaten: lag 1: 0,14, lag 10: 0,15 1. Differenz: lag 1: -0,54</p>	<p><b>F1 nach d.Tr. Vorbereitungsperiode:</b> Originaldaten: lag 1: 0,16, lag 13: 0,14 1. Differenz: lag 1: -0,49</p> <p><b>F1 nach d. Tr. Wettkampfperiode:</b> Originaldaten: lag 1: 0,17, lag 2: 0,19, lag 4: 0,15 1. Differenz: lag 1: -0,51</p> <p><b>F2 nach d.Tr. Vorbereitungsperiode:</b> entfällt</p> <p><b>F2 nach d. Tr. Wettkampfperiode:</b> Originaldaten: Zufall 1. Differenz: lag 1: -0,51</p>
---	---

Tab. 19: Autokorrelationen von Vp3 für verschiedene Tageszeiten und Trainingsperioden

<p><b>F1 früh Vorbereitungsperiode:</b> Originaldaten: lag 1: 0,21 1. Differenz: lag 1: -0,43</p> <p><b>F1 früh Wettkampfperiode:</b> Originaldaten: lag 1: 0,14, lag 2: 0,16 1. Differenz: lag 1: -0,50, lag 19: 0,19</p> <p><b>F2 früh Vorbereitungsperiode:</b> Originaldaten: Zufall 1. Differenz: lag 1: -0,50</p> <p><b>F2 früh Wettkampfperiode:</b> entfällt</p>	<p><b>F1 nach d.Tr. Vorbereitungsperiode:</b> Originaldaten: lag 1: 0,21, lag 2: 0,20 1. Differenz: lag 1: -0,49</p> <p><b>F1 nach d. Tr. Wettkampfperiode:</b> Originaldaten: lag 1: 0,31, lag 3: -0,17, lag 6: 0,20, lag 9: 0,20, lag 10: 0,25, lag 11: 0,20 (3erPeriodik?) 1. Differenz: lag 1: -0,39 1. u. 3. Diff.: lag 1: -0,31 lag 3: -0,50</p> <p><b>F2 nach d.Tr. Vorbereitungsperiode:</b> Originaldaten: Zufall 1. Differenz: lag 1: -0,48</p> <p><b>F2 nach d. Tr. Wettkampfperiode:</b> Originaldaten: lag 14: 0,30 1. Differenz: lag 1: -0,51, lag 14: 0,31</p>
--	---

Um weitere Regelmäßigkeiten im Belastungs-/Regenerationsempfinden der Sportler zu identifizieren, untersuchten wir die partiellen Autokorrelationen über die einzelnen Stimmungs- bzw. Belastungsfaktoren. Wie auf Seite 98 dargestellt, können durch Anwendung der PACF genauere Aussagen zur Dauer der Wirkung einer Belastung am Tag  $t$  bzw. der einsetzenden Regenerationsmechanismen gemacht werden, da durch die PACF der kumulative Einfluss dazwischen liegender (dritter) Belastungen an den Tagen  $t+1$ , etc. ausgeschaltet werden kann.

Tab. 20: Partielle Autokorrelationen von  $Vp1$  für verschiedene Tageszeiten und Trainingsperioden

<p><b>F1 früh Vorbereitungsperiode:</b>  Originaldaten: lag 1 : 0,39 lag 2: 0,21  lag 10: 0,17  1. Differenz: lag 1 :-0,44 lag 2: -0,25  lag 3 :-0,16 lag 4: -0,15  lag 8 :-0,19 lag 9: -0,21</p> <p><b>F1 früh Wettkampfperiode:</b>  Originaldaten: lag 1 : 0,39 lag 7: 0,15  lag 17: -0,16  1. Differenz: lag 1 :-0,32 lag 2:-0,39  lag 3 :-0,20 lag 6: -0,24  lag 13 :-0,13</p> <p><b>F2 früh Vorbereitungsperiode:</b>  Originaldaten: lag 1 : 0,29 lag 9: 0,18,  lag 22: -0,22  1. Differenz: lag 1 :-0,29 lag 2:-0,29  lag 3: -0,23 lag 4: -0,22  lag 5: -0,15 lag 7: -0,25  lag 8: -0,25</p> <p><b>F2 früh Wettkampfperiode:</b>  Originaldaten: lag 1 : 0,21 lag 13: 0,16  lag 16: -0,18 lag 23:-0,18  1. Differenz: lag 1 :-0,43 lag 2 :-0,24  lag 3: -0,27 lag 4 :-0,25</p>	<p><b>F1 n.d. Tr. Vorbereitungsperiode:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,37 lag 2: 0,14  1. Differenz: lag 1: -0,41 lag 2:-0,26  lag 4:-0,19 lag 8:-0,16</p> <p><b>F1 n.d. Tr. Wettkampfperiode:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,40 lag 2: 0,19  1. Differenz: lag 1:-0,44 lag 2: -0,20  lag 3:-0,22 lag 4:-0,15  lag 6:-0,17</p> <p><b>F2 n. d. Tr. Vorbereitungsperiode:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,32 lag 9: 0,15  1. Differenz: lag 1:-0,26 lag 2:-0,27  lag 3: -0,21 lag 4: -0,22  lag 5: -0,16 lag 7: -0,25  lag 8: -0,23</p> <p><b>F2 n. d. Tr. Wettkampfperiode:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,24  1. Differenz: lag 1: -0,44 lag 2: -0,26  lag 3: -0,22 lag 4: -0,27  lag 6: -0,15</p>
--	---

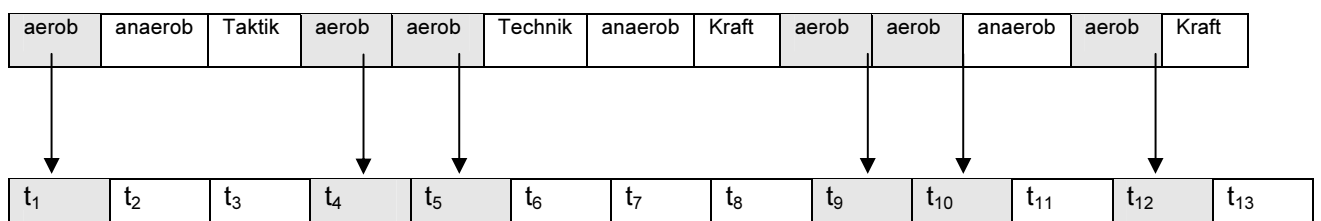
Auch hier zeigt sich sowohl für den Zeitpunkt früh als auch nach dem Training, dass bei lag 1 die größten Regelmäßigkeiten auftreten analog der ACF. Es fällt außerdem



auf, dass insbesondere bei der 1. Differenz der PACF zahlreiche überzufällige Korrelationen erscheinen. Bis auf den lag 1 sind jedoch die meisten Korrelationen in ihrer Höhe sehr niedrig. Dieser Sachverhalt könnte ein weiterer Indikator dafür sein, dass das Gesamtsystem Sportler/Training bei Vp1 sehr komplex hinsichtlich der Trainingswirkungen ist. Auch hier lässt sich nur die Tendenz feststellen, dass bei mittlerer negativer Korrelation bei lag 1 die Regenerationswirkungen am nächsten Tag greifen. Der genaue Verlauf verliert sich danach sehr schnell in seiner Regelmäßigkeit und Aussagekraft (niedrige Höhen der Korrelationen). Differenzierte Analysen hinsichtlich Trainingswirkung und Trainingsart, -intensität und -umfang wären hier angebracht. Dies bringt jedoch im konkreten Fall folgende zwei methodische Probleme mit sich:

- Datenpunkte müssen äquidistant sein. Dies kann zu unterschiedlich langen Zeitreihen führen, wenn eine ereignisäquidistante mit einer zeitäquidistanten Zeitreihe korreliert wird (z.B. Faktor 1 mit aeroben Training). Solche Fälle sind in der Regel nicht in der üblichen Standardsoftware vorgesehen. TISSY kann solche Zeitreihen verarbeiten. Voraussetzung ist allerdings, dass die in die Berechnung eingehenden Zeitreihen nach folgendem Muster (Abb. 57) von Programmseite gefittet werden.

#### Lag 0



#### Lag 1



Abb. 57: Zuordnungsschema für die Berechnung von Kreuzkorrelationen zwischen ereignis- und zeitäquidistanten Zeitreihen

Dieses Verfahren setzt jedoch voraus, dass eingehende Residualeffekte aus benachbarten Belastungen sich über die lange Zeitreihe herausmitteln. Davon kann

u.M. zum Beispiel dann ausgegangen werden, wenn sich die Trainingsinhalte im Trainingsjahr nicht nach einem festen Muster über die Woche verteilen. Würde jedoch regelmäßig am Tag vor dem aeroben Training anaerobe Belastungen auf den Athleten einwirken, so ließe sich der Effekt dieser beiden Trainingsarten rechnerisch kaum trennen.

- Für zeitreihenanalytische Berechnungen in einzelnen Trainingsperioden liegen für die ereignisäquidistanten Reihen in der Regel zu wenige Werte vor, um traditionelle Methoden (z.B. Modellanpassungen) anzuwenden.

Zur Lösung dieses Problems könnte man die Zeitreihen über mehrere Perioden glätten. Dies kann zwar zu Schwierigkeiten bei der Interpretation der Ergebnisse führen, auf der anderen Seite könnten dadurch aber auch verdeckte kumulative Effekte in den Daten aufgedeckt werden.

Die unkonventionelle Methode soll exemplarisch für die Trainingsart aerobes und anaerobes Training in der Vorbereitungsperiode von Vp1 dargestellt werden:

Zunächst ersetzt man die Originalreihen der Länge  $n$  durch die Reihen der 2-Tages-Gleitmittelwerte, indem man den Wert  $x_i$  am Tag  $i$  durch den Mittelwert  $x_i^* = (x_{i-1} + x_i)/2$  ersetzt für  $i = 2$  bis  $n$ . Anschließend berechnet man aus diesen Reihen analog 3-Tages-Gleitmittelwertreihen (d.h. man ersetzt  $x_i^*$  durch  $x_i^{**} = (x_{i-2}^* + x_{i-1}^* + x_{i-3}^*)/3$  für  $i=3$  bis  $n$ ) und daraus errechnet man dann entsprechend 4-Tages-Gleitmittelwertreihen.

Als nächstes verdichtet man die Werte der neuen Reihen, indem man je drei aufeinanderfolgende Werte aufsummiert (d.h.  $y_1 = x_3^{**} + x_4^{**} + x_5^{**}$ ;  $y_2 = x_6^{**} + x_7^{**} + x_8^{**}$ ; usw.). Die neuen Zeitreihen haben dabei nur in etwa ein Drittel der Länge der Originalreihen (Siehe Abb. 58).

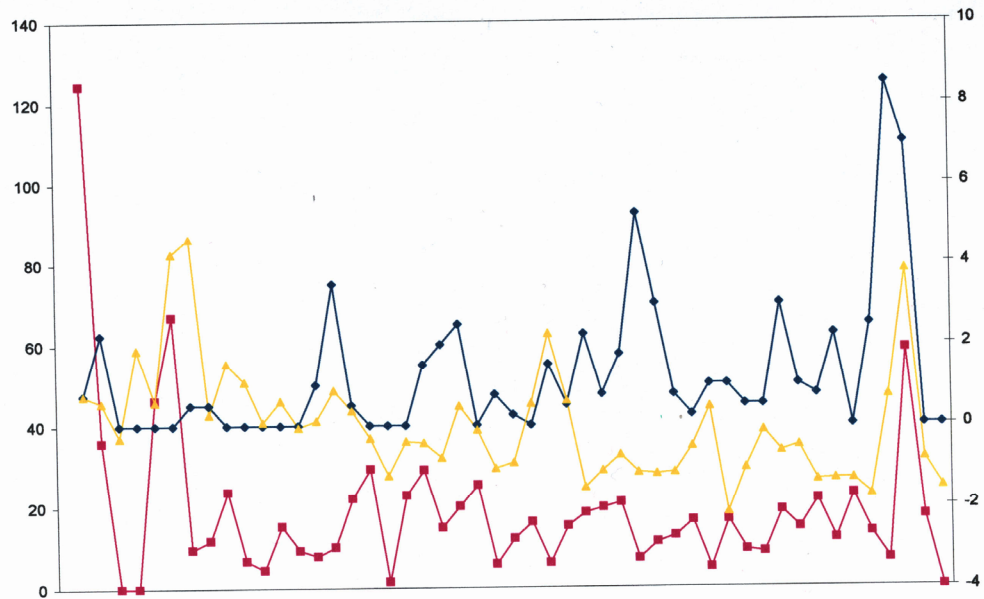


Abb. 58: Nach dem beschriebenen Verfahren verdichtete Reihen von F1, aerobem und anaerobem Training von Vp1 in der Vorbereitungsperiode

Auf der Basis dieser transformierten Reihen haben wir Kreuzkorrelationen berechnet, um ein klareres Wirkungsgefüge zwischen Stimmung F1 und aeroben Training bzw. anaerobem Training aufzudecken. Es ergab sich für F1 und anaerobem Training lediglich für die 1. Differenz bei lag 0 ein mäßiger Zusammenhang von 0,24 und bei aerobem Training für die nichtdifferenzierte Reihe bei lag -4 eine Korrelation von -0,32 und bei lag -5 von -0,35.

Für die erste Differenz ergab sich bei lag -1 ein Wert von 0,27. Detaillierte Trainingswirkungsanalysen im obigen Sinne für alle Trainingsarten und Sportler würden allerdings den Rahmen dieser Arbeit sprengen.

Korrelationen auf der Makroebene erscheinen uns wegen der Untergliederung in Vorbereitungsperiode und Wettkampfperiode wegen der zu kurzen zusammengefassten Zeitreihe (unter 30 Werte) als nicht geeignet.

Die PACF von Vp2 und Vp3 bestätigen das Ergebnis von Vp1 (vgl. Tab. 21 und 22).

Tab. 21: Partielle Autokorrelationen von Vp2 für verschiedene Tageszeiten und Trainingsperioden

<p><b>F1 früh Vorbereitungsperiode:</b>            Originaldaten: lag 1: 0,17            1. Differenz: lag 1: -0,50 lag 2: -0,23                              lag 3: -0,31 lag 4: -0,14                              lag 6: -0,15</p> <p><b>F1 früh Wettkampfperiode:</b>            Originaldaten: lag 2: 0,17 lag 10: - 0,11            1. Differenz: lag 1:-0,56 lag 2: -0,27                              lag 3 :-0,14 lag 4: -0,10                              lag 5 :-0,15 lag 6: -0,16                              lag7 :-0,14 lag 10:-0,17</p> <p><b>F2 früh Vorbereitungsperiode:</b>            entfällt</p> <p><b>F2 früh Wettkampfperiode:</b>            Originaldaten: lag 2: 0,14, lag 10: 0,12            1. Differenz: lag 1: -0,54 lag 2 : -0,32                              lag 3: -0,21 lag 5 : -0,17                              lag 6: -0,13 lag 7 :-0,12                              lag 9: -0,15</p>	<p><b>F1 n.d. Tr. Vorbereitungsperiode:</b>            Originaldaten: lag 1: 0,16            1. Differenz: lag 1: -0,49 lag 2:-0,28                              lag 3:-0,26 lag 4: -0,16                              lag 5:-0,14 lag 7:-0,14</p> <p><b>F1 n.d. Tr.Wettkampfperiode:</b>            Originaldaten: lag 1: 0,17 lag 2: 0,17                              lag 8:0,13            1. Differenz: lag 1:-0,51 lag 2: -0,28                              lag 3 :-0,24 lag 5: -0,14                              lag 6 :-0,14 lag 7: -0,20                              lag 9:-0,15</p> <p><b>F2 n. d. Tr. Vorbereitungsperiode:</b>            entfällt</p> <p><b>F2 n. d. Tr. Wettkampfperiode:</b>            Originaldaten: lag 9: -0,10            1. Differenz: lag 1: -0,51 lag 2: -0,28                              lag 3:-0,19 lag 4:-0,18                              lag 5:-0,13 lag 6:-0,15                              lag 7:-0,16 lag 10:-0,15</p>
---	--

Bei allen drei Versuchspersonen deutet die Höhe der negativen, aber von Tag zu Tag fallenden partiellen Autokorrelationen darauf hin, dass der Einfluss eines Trainings hauptsächlich 2-3 Tage nachwirkt, ehe sich der Belastungseffekt verliert. Es muss jedoch betont werden, dass der Zusammenhang trotz allem relativ schwach ausgeprägt ist.

Tab. 22: Partielle Autokorrelationen von Vp3 für verschiedene Tageszeiten und Trainingsperioden

<p><b>F1 früh Vorbereitungsperiode:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,21  1. Differenz: lag 1: -0,43 lag 2: -0,25  lag 3: -0,23 lag 6: -0,26  lag 7: -0,21</p> <p><b>F1 früh Wettkampfperiode:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,14 lag 2: -0,14  1. Differenz: lag 1: -0,50 lag 2: -0,28  lag 3: -0,15 lag 4: -0,19  lag 5: -0,18 lag 7: -0,15</p> <p><b>F2 früh Vorbereitungsperiode:</b>  Originaldaten: Zufall  1. Differenz: lag 1: -0,50 lag 2: -0,30  lag 7: -0,14</p> <p><b>F2 früh Wettkampfperiode :</b>  entfällt</p>	<p><b>F1 n. d. Tr. Vorbereitungsperiode:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,25 lag 7: 0,14  1. Differenz: lag 1: -0,40 lag 2: -0,26  lag 3: -0,20 lag 6: -0,30  lag 7: -0,18 lag 8: -0,14</p> <p><b>F1 n. d. Tr. Wettkampfperiode:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,31 lag 6: 0,11  lag 9: 0,15 lag 10: 0,17  1. Differenz: lag 1: -0,39 lag 2: -0,32  lag 4: -0,16 lag 5: -0,23  lag 8: -0,21 lag 9: -0,22</p> <p><b>F2 n. d. Tr. Vorbereitungsperiode:</b>  Originaldaten: Zufall  1. Differenz: lag 1: -0,48 lag 2: -0,26  lag 3: -0,15 lag 4: -0,18  lag 6: -0,18 lag 7: -0,16  lag 9: -0,17</p> <p><b>F2 n. d. Tr. Wettkampfperiode:</b>  Originaldaten: Zufall  1. Differenz: lag 1: -0,51 lag 2: -0,33  lag 3: -0,19 lag 4: -0,25  lag 5: -0,12 lag 6: -0,15  lag 7: -0,11 lag 8: -0,18  lag 10: -0,12</p>
--	---

### 3.1.7 Wirkungsgefüge

Nachdem zunächst kurz einige Charakteristika des Belastungsverlaufs dargestellt wurden, soll nun der Zusammenhang zu anderen Variablen bzw. Faktoren beschrieben werden (=Hypothese 5). Neben synchronen Beziehungen werden auch gelagte Kreuzkorrelationen berechnet, um zeitverschobene und zeitgleiche Zusammenhänge bzw. Prognostizierbarkeit und Feedback zu testen. Dabei werden die Kreuzkorrelationen berechnet, wobei die Stimmungsvariablen bzw. Faktoren verschoben und damit als Prädiktoren von Belastung (physisch/psychisch) angesehen werden. Diese Zeitreihen der Symptomgruppen erlauben nun die Berechnung eines Wirkungsgefüges. Wir benutzen zu diesem Zweck eine multivariate Zeitreihenanalyse, mit der sich das Ausmaß bestimmen lässt, in welchem eine Variable bzw. ein Faktor die zeitlich nach-

folgenden Werte der anderen Variablen bzw. Faktoren beeinflusst. Ergebnis der Analyse sind die Regressionen zwischen den in der Zeit verschobenen Belastungsgruppen. Die Regressionskoeffizienten beantworten somit die Frage, welche Symptome an einem Tag t-1 welche anderen Symptome am folgenden Tag t wie beeinflussen. Das Ergebnis dieser Zeitreihenanalyse für Vp1 ist in Abb. 59 dargestellt. Mit der Darstellung des Zustandsraumes entsteht das Modell eines Wirkungsgefüges für Vp1, das zwar die Zusammenhänge zwischen den einzelnen ursprünglichen Stimmungsgrößen im Einzelfall modelliert, als praktikable Arbeitsgröße für die tägliche Trainingsarbeit zu vieldimensional bzw. unübersichtlich ist.

Die Modellierung wurde aus Gründen der Vereinfachung und Veranschaulichung auf ein lag 1-Modell sowie bei insgesamt 36 signifikanten Korrelationen auf solche mit einem Betrag größer 0,25 (Zustandsraummodell 1. Ordnung) beschränkt.

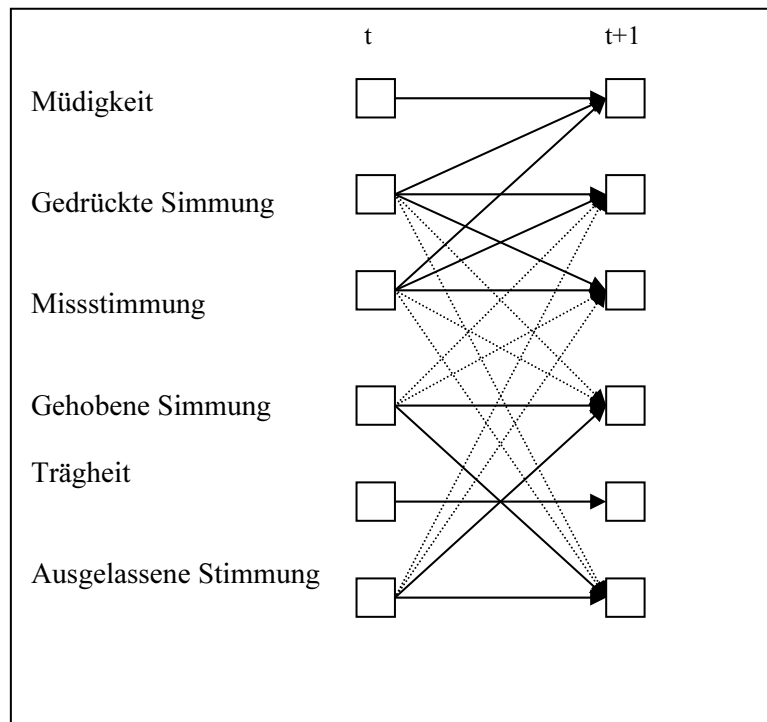


Abb. 59: Die signifikanten Regressionen  $>0,25$  sind als Pfeile gezeichnet (durchbrochene Pfeile: negative Regressionen, durchgehende Pfeile: positive Regressionen)

Abb. 60 zeigt das weitaus klarere Zustandsraummodell von Vp1 nach der Komplexitätsreduzierung und Faktorisierung.

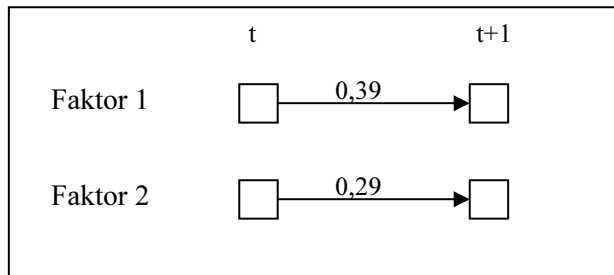


Abb.60: Zustandsraummodell der Faktoren von Vp1

Im Phasenraum würde sich für Vp1 in der Vorbereitungsperiode für F1 und F2 folgendes Bild ergeben:

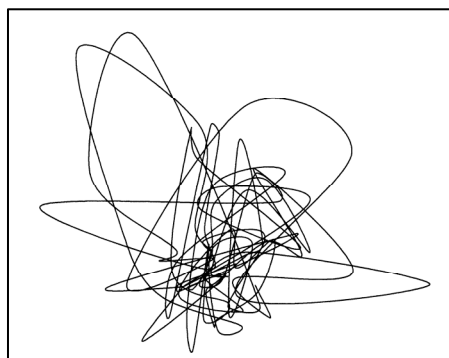


Abb. 61: Phasenraum von Vp1 für F1, F2 in der Vorbereitungsperiode

Zustandsraummodell und Phasenraum sind für Vp1 exemplarisch dargestellt als Möglichkeit, Zusammenhänge von Systemfaktoren abzubilden. Der Erkenntnisgewinn für Fragestellungen zur Trainingsgestaltung erscheint uns aus diesen Darstellungen aber relativ gering.

Für die Trainingssteuerung wäre es jedoch ein bedeutenderes Hilfsmittel, wenn man unter Verwendung von Kreuzkorrelationen ein Wirkungsgefüge identifizieren könnte, bei dem die Entwicklung von Stimmungsfaktoren (z.B. F1 früh) Leistungsindikatoren (z.B. Skippings früh) voraus gehen (= Hypothese 5).

Abb. 62 zeigt den zeitlichen Verlauf dieser beiden Größen.

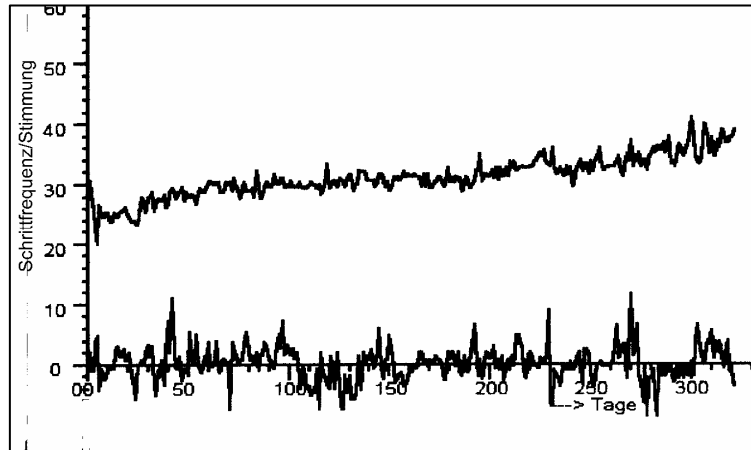


Abb.62: Faktor 1 früh und Skippings früh von Vp1

Wie leicht zu erkennen ist, folgt die Entwicklung der Schritte einem positiven Trend. Dieser visuelle Eindruck wird durch den U – root - Test von DICKEY bestätigt. Es liegt eine Einheitswurzel vor.

Bei der Interpretation der Kreuzkorrelation ist es dabei wichtig, die Führungsvariable zu unterscheiden. In Abhängigkeit davon und auf Basis von Tab. 23 können zwei Arten von Grundaussagen für unsere Analyse festgelegt werden:

1. Wenn die Stimmung heute eher steigt/sinkt, dann steigt/sinkt in t Tagen etc. eher die Schrittzahl (lag -t).
2. Wenn die Schritte heute eher steigen/sinken, dann steigt/sinkt in t Tagen etc. eher die Stimmung (lag +t).

Unter dem Leistungsgedanken des Trainings interessiert uns nur die Fragestellung 1. Derartige Zusammenhänge finden sich grundsätzlich, außer bei b). Die Korrelationen, obwohl überzufällig, sind sehr niedrig und für die Festlegung von Regelmäßigkeiten im Sinne eines Wirkungsgefüges zumindest sehr kritisch zu hinterfragen (z.B.: wenn die Stimmung heute eher steigt, dann sinken in vier Tagen eher die Schritte bei einem Wert von nur -0,16 (vgl. Tab 23, a)). Vielmehr unterstreicht auch dieses Ergebnis, die Möglichkeit, dass wir es mit einem komplexen System mit einer Vielzahl unterschiedlicher Trainingsarten, -intensitäten, -umfänge, etc. zu tun haben, bei dem keine gesetzmäßigen Regelmäßigkeiten offensichtlich sind.



Lediglich im Falle des Faktors 1 in der Vorbereitungsperiode erscheint uns folgender Sinnzusammenhang schlüssig. Eine eher steigende Stimmung F1 früh lässt eine eher steigende Schrittzahl am Folgetag früh erwarten, danach verliert sich diese Regelmäßigkeit wieder. Diese steigende Schrittzahl setzt bei lag 0 zwar noch nicht früh, aber bereits vor dem Training ein und setzt sich nach dem Training, eben bis zum nächsten Tag früh fort.

Die Ergebnisse für den Faktor 2, dargestellt in Tabelle 24, sind analog.

Tab. 23: Kreuzkorrelationen der 1. Differenzen von Faktor1 früh und Schritten für Vp1

**a) Faktor 1 früh und Schritte früh (Vorbereitungsperiode)**

lag -1: 0,29 lag -4: -0,16 lag -5: 0,21 lag -8: -0,15

**b) Faktor 1 früh und Schritte früh (Wettkampfperiode)**

lag 3: 0,17 lag 6: -0,16 lag 9: 0,14

**c) Faktor 1 früh und Schritte vor dem Tr. (Vorbereitungsperiode)**

lag 0: 0,16

lag -8: -0,21 lag -9: 0,21

**d) Faktor 1 früh und Schritte vor dem Tr. (Wettkampfperiode)**

lag 3: -0,16

lag -3: 0,24 lag -4: 0,25

**e) Faktor 1 früh und Schritte nach dem Tr. (Vorbereitungsperiode)**

lag 0: -0,27

lag -3: -0,17 lag -8: -0,20

**f) Faktor 1 früh und Schritte nach dem Tr. (Wettkampfperiode)**

lag -4: -0,25 lag -5: 0,15

Tab. 24: Kreuzkorrelationen der 1. Differenzen von Faktor2 früh und Schritten für Vp1

**a) Faktor 2 früh und Schritte früh (Vorbereitungsperiode)**

lag 0: -0,18

lag 8: 0,19

**b) Faktor 2 früh und Schritte früh (Wettkampfperiode)**

lag 0: -0,14

lag 5: -0,18

**c) Faktor 2 früh und Schritte vor dem Tr. (Vorbereitungsperiode)**

lag 3: 0,18    lag 8: 0,20    lag 9: 0,23

**d) Faktor 2 früh und Schritte vor dem Tr. (Wettkampfperiode)**

lag -1: 0,18

lag 3: 0,17

**e) Faktor 2 früh und Schritte nach dem Tr. (Vorbereitungsperiode)**

lag -2: 0,17    lag -4: -20

lag 1: -0,15    lag 3: 0,16    lag 8: 0,20

**f) Faktor 2 früh und Schritte nach dem Tr. (Wettkampfperiode)**

lag -4: -0,18

lag 1: -0,16

Bei der Interpretation der Ergebnisse sind bei der Signifikanzprüfung die Probleme von Scheinkorrelation und Scheinunabhängigkeit zu bedenken (SCHMITZ, 1987). Eigene Simulationen haben jedoch gezeigt, dass die Auswirkungen von Autokorrelationen erst von einem bestimmten Ausmaß an und bei ausgeprägten zeitverschobenen Beziehungen zu Verzerrungen der Kreuzkorrelationen führen können.

Die Korrelationen, die angeführt sind, sind alle überzufällig, jedoch sind die absoluten Höhen dieser Zusammenhänge und damit auch die Maße der praktischen Bedeutung gering (BREDENKAMP, 1972). Wir halten eine Interpretation in beschränktem Umfang dennoch für sinnvoll, da insbesondere zeitverschobene Korrelationen üblicherweise geringer ausfallen als synchrone und auch Querschnittszusammenhänge, da die Variablen nur einen eingeschränkten Variationsbereich haben, und die Analysen der Mikroebene durch die Makroebene ergänzt werden.

Eine andere Größe, die nach der Synergetik als Ordnungsparameter fungieren könnte, da sie das Gesamt an psychischen und physischen Belastungen in sich vereint, sind die Pulse bzw. die Differenz der Pulse nach dem auf S. 88 beschriebenen Verfahren.

Der Differenzpuls morgens ergibt eine ACF/1. Differenz von -0,46 bei lag 1 in der Vorbereitungsperiode und -0,48 in der Wettkampfperiode. Somit spiegelt sich die Selbstregulierung durch abwechselnde Belastung von einem Tag zum anderen auch in diesem Parameter wieder. Sieht man den Puls als einen die Belastung beschreibenden Ordnungsparameter an, so erkennen wir in der Höhe der 1. Differenz der PACF ein Belastungs/Regenerationsmuster von ca 2- 4 Tagen:

PACF/1.Dif VP lag 1: -0,46; lag 2: -0,3; lag 3:-0,28; lag 4: -0,22

PACF/1.Dif WP lag 1: -0,49; lag 2: -0,34; lag 3:-0,26; lag 4: -0,23

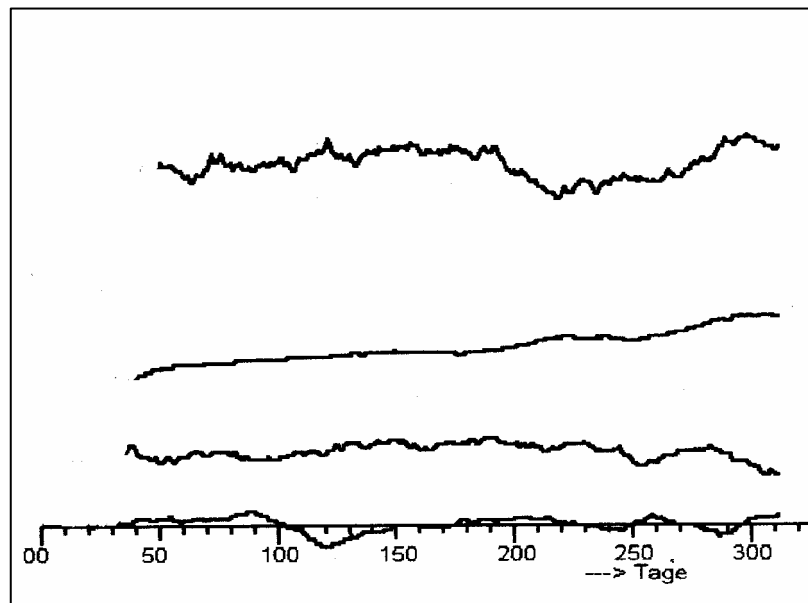


Abb. 63: 31-Tage-Gleitwert von unten F1, F2, Schritte früh, Pulsdifferenz (früh stehend minus früh liegend) von Vp1, versetzte Darstellung.

Die Kreuzkorrelation zwischen 1. Differenz Schritte früh und Differenzpuls früh liefert keine überzufälligen Aussagen zum Vorseilen des Pulses vor der Schrittfrequenz in der Vorbereitungsperiode.

In der Wettkampfperiode findet sich ein schwacher überzufälliger Zusammenhang bei lag -2 (0,19) und lag -1 (-0,19). Dies bedeutet: wenn der Puls heute eher steigt, dann fallen die Schritte morgen eher und steigen übermorgen eher.

Ein klares Wirkungsgefüge, das geeignet wäre, im Rahmen der Trainingssteuerung Aussagen über Leistungsindikatoren in Abhängigkeit von einer 2. Variablen zu treffen, liegt hier nicht vor.

Wie die Abb. 63 zeigt, unterliegt der Puls einer interessanten Entwicklung. Während er bei Vp1 ziemlich konstant im 31-Tage-Gleitwert in der Vorbereitungsperiode erscheint, strebt er nicht wie F1 und F2 trotz steigender Leistungsfähigkeit (Trend bei Schritten früh!) einen Gleichgewichtszustand an. Vielmehr sind bei ihm in der Vorbereitungsperiode attraktorbildende Eigenschaften zu erkennen ehe ein Phasenübergang (fallend) in der Wettkampfperiode zu verzeichnen ist, und ein Wiederansteigen gegen Ende der Saison/Übergang zur Übergangsperiode zu erkennen ist. Im Zeitraum des fallenden Pulses erzielte der Athlet sehr gute Wettkampfleistungen.

Auffallend ist, dass die Schrittzahl noch steigt bzw. gehalten wird, nachdem der Differenzpuls die Phase der Hochform vom Puls her überschritten hat. Dies entspricht der allgemeinen Erkenntnis, dass die Form noch eine Zeitlang gehalten werden kann (HOHMANN, 2001), auch wenn die Trainingsbelastung schon wieder abnimmt (Hystereseeffekt).

Bei der Flimmerverschmelzungsfrequenz konnte nur die Wettkampfperiode untersucht werden, da die Messgeräte verspätet gefertigt wurden, und somit nur ca. 70 Werte in die Untersuchung eingehen konnten, was uns für eine Zeitreihenanalyse nicht ausreicht. In der Wettkampfperiode liegen alle Werte der Kreuzkorrelation für die Flimmerverschmelzungsfrequenz früh und die Schritte früh, aber auch für die Flimmerverschmelzungsfrequenz vor dem Training und die Schritte vor dem Training im Zufallsbereich.

Die Abb. 64 untermauert obige Aussagen. Beim 7-Tages-Gleitmittelwert ergeben sich so gut wie keine Schwankungen zur Feststellung von Regelmäßigkeiten.

Dennoch bestätigt die ACF in der Wp mit -0,54 bei lag 1 allerdings auch in diesem Fall die wechselnde Belastung von einem Tag auf den anderen.

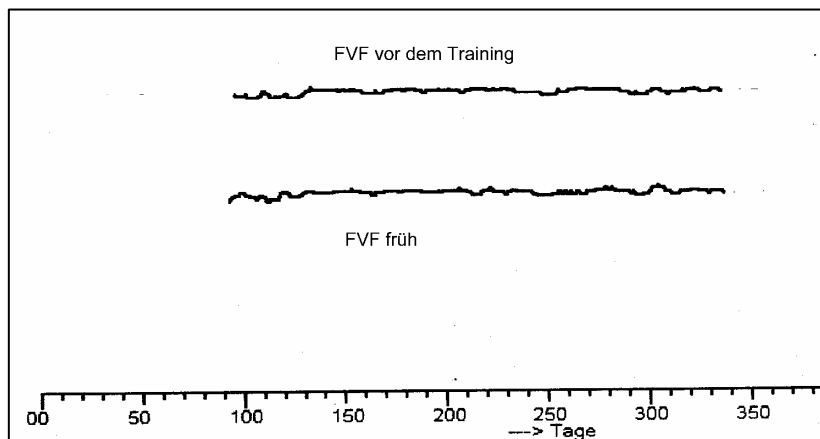


Abb. 64: Gleitmittelwert der FVF von Vp1 früh und vor dem Training

Für die praktische Trainingsarbeit bedeuten die Ergebnisse, dass der Trainer bzw. Athlet die Stimmungsgrößen dahingehend beobachten muss, dass sie das Gleichgewicht nicht langfristig verlassen, während die zunehmende Leistung mittels der positiv steigenden Trendgeraden der Schritte, bzw. der fallenden Kurve des Differenzpulses verfolgt werden kann. Regelmäßige Wirkungsgefüge sind nicht erkennbar.

Die analoge Betrachtung für Versuchsperson 2 ergab folgende Ergebnisse:

Die Kreuzkorrelation von F1 (mit negativer Führungsgröße) mit den Schritten früh als auch mit den Schritten vor dem Training, ergab sowohl für die Vorbereitungsperiode als auch für die Wettkampfperiode für die Fragestellung, wie sich die Stimmung F1 zeitverschoben auf die Schrittfrequenz auswirkt (= Hypothese 5), lediglich Resultate im zufälligen Bereich.

Überzufällige Werte ergaben sich nur für die hier weniger interessierende umgekehrte Fragestellung hinsichtlich der Auswirkungen der Schrittfrequenz zeitverschoben auf die Stimmung. Die Tage  $n=132$  ergeben sich dadurch, dass Vp 2 mit Schrittzählungen 20 Tage später begonnen hat als mit der Erhebung der Stimmungen. Dadurch mussten die Zeitreihen auf gleiche Länge gefittet werden.

Tab. 25: Kreuzkorrelationen der 1. Differenzen von Faktor 1 früh und Schritten für Vp2

**Faktor 1 früh und Schritte früh (Vorbereitungsperiode)**

lag -1: 0,15; lag -8: 0,19;

lag 0: -0,31

**Faktor 1 früh und Schritte früh (Wettkampfperiode)**

lag -2: 0,20; lag -3: -0,18; lag -4: 0,16; lag -7: 0,17

**Faktor 1 früh Schritte vor dem Tr. (Vorbereitungsperiode)**

lag -1: 0,27; lag -6: 0,22; lag -7: 0,19; lag -10: -0,14

**Faktor 1 früh Schritte vor dem Tr. (Wettkampfperiode)**

lag -5: 0,17; lag -5: -0,14; lag -8: -0,13

lag 0: -0,16

**Faktor 1 früh und Schritte nach dem Tr. (Vorbereitungsperiode)**

lag -1: 0,31; lag -2: -0,19

lag 0: -0,28

**Faktor 1 früh und Schritte nach dem Tr. (Wettkampfperiode)**

lag -2: -0,10; lag -9: 0,13

Bei dieser Kreuzkorrelation entfällt durch die Systemstruktur der Faktor 2 in der Vorbereitungsperiode. Berücksichtigt werden im Folgenden nur noch Zusammenhänge bzgl. der Fragestellung, inwieweit die Stimmung früh die Schrittfrequenz beeinflusst.

Tab. 26: Kreuzkorrelationen der 1. Differenzen von Faktor 1/2 früh und Schritten für Vp2 in der Wettkampfperiode

**Faktor 2 früh und Schritte früh**

lag -5: -0,18; lag -6: 0,14

**Faktor 2 früh und Schritte vor dem Training**

lag -4: 0,16; lag -5: 0,19; lag -8: -0,17

**Faktor 1 früh und Schritte nach dem Training**

Keine überzufälligen Korrelationen

Bei Betrachtung des Differenzpulses und der Flimmerverschmelzungsfrequenz erkennen wir ein ähnliches Bild wie bei Vp1. Der Puls früh deutet mit einer ACF/1. Differenz von -0,41 in der Vorbereitungsperiode und -0,48 in der Wettkampfperiode auf wechselnde Belastung von einem Tag auf den anderen hin.

Die überzufälligen Werte der 1. Differenz der PACF lauten:

Vorbereitungsperiode: lag 1: -0,41      lag 2: -0,25    lag 5: -0,23

Wettkampfperiode:    lag 1: -0,48      lag 2: -0,24    lag 4: -0,24

Die Interpretation von Vp1 gilt bei Vp2 für die PACF analog.

Die Kreuzkorrelation zwischen 1. Differenz Schritte früh und Pulsdifferenz früh liefert keine überzufälligen Aussagen zum Vorseilen des Pulses vor der Schrittfrequenz in der Wettkampfperiode. Für die Vorbereitungsperiode findet sich ein schwacher Zusammenhang bei lag 0 (-0,22) und bei lag -6 (-0,18). Von einem Wirkungsgefüge kann hier aber nicht die Rede sein.

Das gleiche gilt für die Flimmerverschmelzungsfrequenz morgens und vor dem Training. Wie Abb. 65 zeigt, ist das Instrument zu unempfindlich für eine Trainingsfeinsteuerung. Es bildet Trainingsentwicklungen bzw. -belastungen offensichtlich zu ungenau ab.

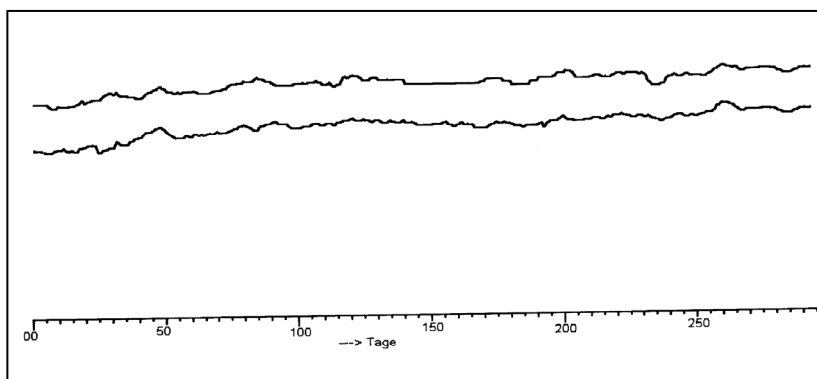


Abb.65:FVF morgens und vor dem Training von Vp2

Zwar gibt es auch hier einen schwachen Zusammenhang von 0,22 bei lag -5 in der Vorbereitungsperiode und 0,16 bei lag 0 in der Wettkampfperiode. Bei diesen geringen Korrelationen kann aber nicht von einem Wirkungsgefüge gesprochen werden.

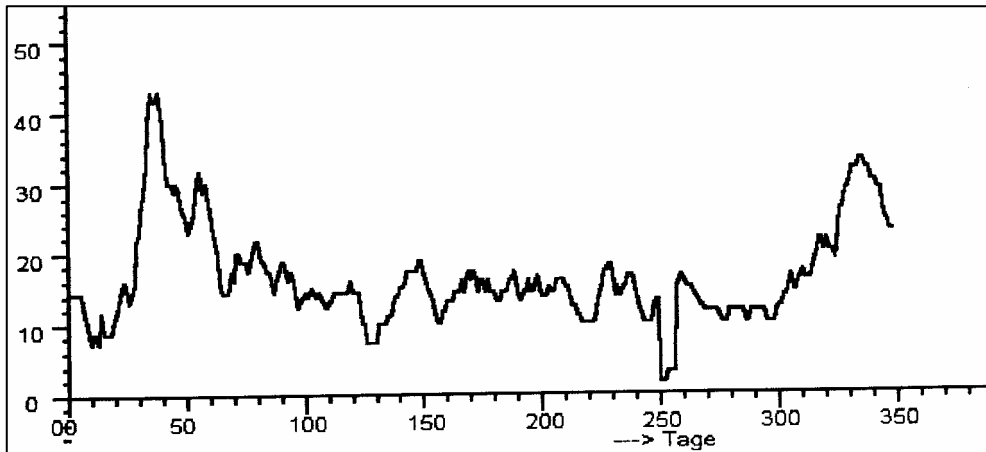


Abb. 66: 7-Tage-Gleitmittelkurve der Pulsdifferenzen (früh stehend - früh liegend) von Vp2

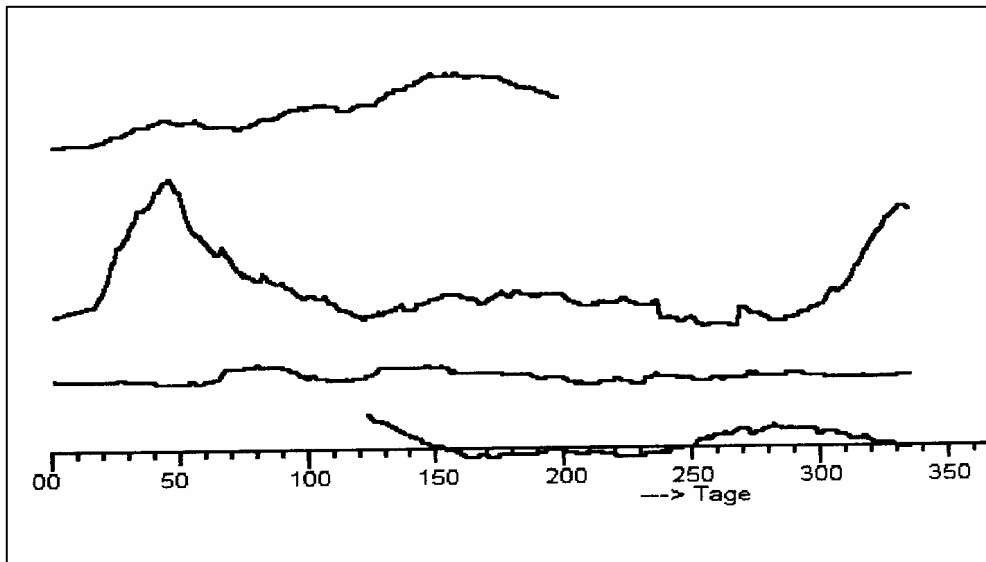


Abb. 67: 31-Tage-Gleitmittelkurven von F2 früh, F1 früh, Differenz der Pulse früh stehend – früh liegend und Skippings früh von Vp2 (von unten)

Bei Vp2 können wir auch aus den Kreuzkorrelationen von Stimmung früh/Schritte früh und Pulsdifferenzen früh/Schritte früh kein überzeugendes Wirkungsgefüge ableiten. Es gilt aber auch in diesem Fall, dass die Schrittfrequenz steigt. Die Erfassung der Skippings wurde seitens des Athleten allerdings um den 190. Tag eingestellt. Auch hier gibt es gewisse Anzeichen, dass die sinkende Pulsdifferenz einhergeht mit steigenden Leistungen. So erzielt der Athlet sehr gute Leistungen gegen Ende der Saison im Bereich der sinkenden Pulsdifferenz. Diese Beobachtung gilt auch für eine



feinere Betrachtungsweise, nämlich wenn die Pulsdifferenz nicht als 31-Tage-, sondern als 7-Tage-Gleitmittelwert abgebildet wird (Abb. 66). So erzielt der Athlet sehr gute Wettkampfleistungen gegen Ende der Saison (ca. ab Tag 134).

Auch bei Vp3 werden nur Korrelationen berücksichtigt, die ausgehend von der Stimmung einen Zusammenhang zur Schrittfrequenz berücksichtigen.

Tab. 27: Kreuzkorrelationen der 1. Differenzen von Faktor 1 früh und Schritten für Vp3

**Faktor 1 früh und Schritte früh (Vorbereitungsperiode)**

Zufall

**Faktor 1 früh und Schritte früh (Wettkampfperiode)**

lag -1: -0,31

lag 0: 0,34

**Faktor 1 früh und Schritte vor dem Tr. (Vorbereitungsperiode)**

lag -2: 0,16

**Faktor 1 früh und Schritte vor dem Tr. (Wettkampfperiode)**

lag -9: 0,19; lag -10: -0,34

**Faktor 1 früh und Schritte nach dem Tr. (Vorbereitungsperiode)**

Zufall

**Faktor 1 früh und Schritte nach dem Tr. (Wettkampfperiode)**

lag -6: 0,26; lag -10: -0,25

Bei diesen Kreuzkorrelationen entfällt anders als bei Vp2 durch die Systemstruktur der Faktor 2 in der Wettkampfperiode. Berücksichtigt werden wieder nur Kreuzkorrelationen, die Aussagen zur Schrittfrequenz in Abhängigkeit von der Stimmung früh machen.

Tab. 28: Kreuzkorrelationen der 1. Differenzen von Faktor 2 früh und Schritten für Vp3

**Faktor 2 früh und Schritte früh**

Zufall

**Faktor 2 früh und Schritte vor dem Tr.**

lag 0 : -0,15

**Faktor 2 früh und Schritte nach dem Tr.**

Zufall

Untersucht man den Morgenpuls als Differenz liegend/stehend, ergibt sich bei Vp3 für die ACF der Pulsdifferenz früh in der Vorbereitungsperiode (135 Tage, vorher keine verwertbaren Werte) ein Wert von -0,40 bei lag 1 und in der Wettkampfperiode bei lag 1 ein überzufälliger Zusammenhang der ACF von -0,35 bei lag 7, von 0,19 bei lag 8, von -0,25 und lag 10 von 0,19.

Die PACF der Pulsdifferenz morgens in der Vorbereitungsperiode liegen bei:  
lag 1: -0,40, lag 2: -0,39; lag 3: -0,18; lag 5: -0,16; lag 8: -0,19; lag 9: -0,19.

Und in der Wettkampfperiode liegen die PACF bei:

lag 1: -0,35; lag 2: -0,18; lag 3: -0,20; lag 4: -0,25; lag 6: -0,15; lag 8: -0,20;  
lag 9: -0,29.

Die Kreuzkorrelationen zwischen Pulsdifferenz früh und Schritte früh sprechen in der Vorbereitungsperiode für einen zufälligen Zusammenhang.

Dasgleiche gilt für die Pulsdifferenz früh und die Schritte vor dem Training. Die beiden Größen sind nicht korreliert.

Für die Wettkampfperiode gilt für die Kreuzkorrelationen Pulsdifferenz früh und Schritte früh:

lag -4: -0,24; lag -5: 0,29; lag -9 : 0,28; lag -10: -0,26.

Für die Wettkampfperiode ergeben sich folgende Korrelationen zwischen der Pulsdifferenz früh und den Schritten vor dem Training:

lag 0: -0,19; lag -5: 0,16; lag -7: -0,27; lag -8: 0,23.

Für die Flimmerverschmelzungsfrequenz konnte nur in der Wettkampfperiode eine Auswertung erfolgen.

Die ACF in der Wettkampfperiode liegt bei lag 1 bei -0,51.

Die Kreuzkorrelationen zwischen Flimmerfrequenz früh und Schritte früh ergeben für die 1. Differenz eine relativ schwache Korrelation bei lag -6 von 0,27 und für lag -7 von -0,29. Ähnliches gilt für die Wettkampfperiode. Hier liegt der schwache Zusammenhang bei lag -7 bei -0,22.

Auch bei diesen Sportlern konnten wir mit allen untersuchten Parametern eine wechselnde Belastung von einem Tag zum anderen erkennen (= Hypothese 4). Überzeugende Wirkungsgefüge konnten wir auf Grund der schwachen Zusammenhänge jedoch auch in diesem Fall nicht identifizieren (= Hypothese 5).

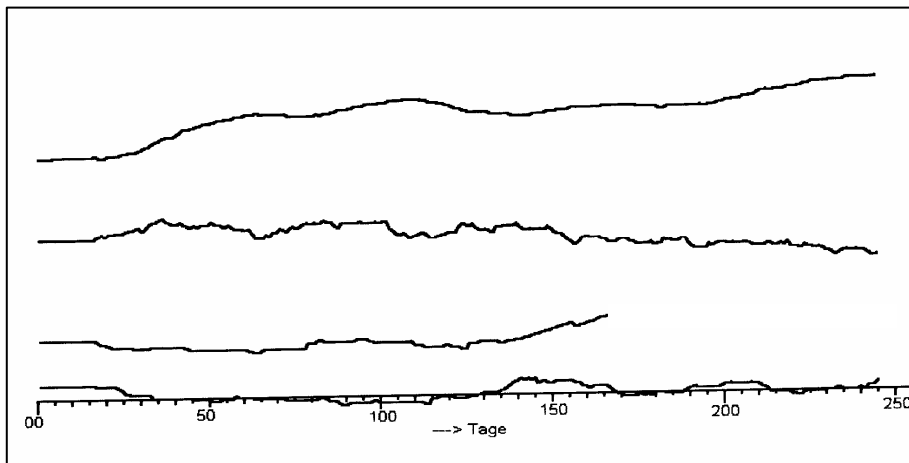


Abb. 68: 31-Tage Gleitmittelwerte von unten F1 früh, F2 früh, Pulsdifferenzen früh und Schritte früh von Vp3

Dennoch können wir auch hier durch Gleitmittelbetrachtungen Aussagen zur Formentwicklung des Athleten 3 machen.

Er tendiert kontinuierlich zu einer Spätform. Dies zeigt sich an der durchgehend fallenden Pulsdifferenz und der steigenden Schrittzahl. So läuft der Athlet z.B. am 18.7. die 1500m 7 Sekunden schneller als zu den Bayerischen Meisterschaften. Dabei hält er seinen psychischen Gleichgewichtszustand.

### 3.1.8 Modellcharakter

Die Unregelmäßigkeit in den bisherigen Ergebnissen könnte ein Hinweis auf eine komplexe Dynamik der Systeme sein. Abschließend wollen wir deshalb versuchen, den Charakter der Dynamik unserer Sportlersysteme einzugrenzen (=Hypothese 6). Dazu greifen wir auf die Methodik des Bootstrapping zurück. Die Methode wurde ausführlich auf S. 117 dargestellt. Man benötigt dafür eine dynamische Prüfgröße. In unserem Fall wurde die Vorhersagemethode nach SUGIHARA und MAY gewählt. Dabei bestimmt man den entsprechenden Wert der Prüfgröße für eine Anzahl von Surrogatdaten, in unserem Fall N=50 künstlich hergestellte "Zeitreihen", die bezüglich Mittelwert, Varianz und Stichprobenumfang mit der gemessenen Zeitreihe iden-

tisch sind. Auf diese Weise erhält man eine Verteilung von Prüfgrößen der künstlichen Datensätze. Damit kann getestet werden, ob und wie sehr sich die empirische Zeitreihe bezüglich der Prüfgröße von der Population der Surrogatdaten unterscheidet.

Diese Prüfung erfolgt in zweierlei Hinsicht: zunächst wird getestet, ob die empirischen Zeitreihen besser vorhergesagt werden können als Zufalls"zeitreihen"; zweitens werden lineare Modelle für die Originalzeitreihen gefittet, als Surrogatdaten verwendet und daraufhin überprüft, ob die erhobenen Zeitreihen besser vorhergesagt werden können als ihre linearen Modelle. Mit der Surrogatdatenmethode stellen wir also zwei Nullhypothesen auf, die wir zu verwerfen versuchen:

- **Nullhypothese (1):** Die zu prüfende Zeitreihe verhält sich bezüglich der Prüfgröße wie eine Reihe von Zufallsdaten. Die Surrogatdaten werden hier durch willkürliches Durchmischen der Originaldaten realisiert, d.h. Zeitreihenlänge, Mittelwert und Standardabweichung bleiben gleich, die serielle Abhängigkeit wird aber eliminiert. Es liegt also ein mehr oder weniger rein stochastischer Prozess vor.

- **Nullhypothese (2):** Die zu prüfende Zeitreihe verhält sich bezüglich der Prüfgröße wie ein linearer autoregressiver Prozess 1. Ordnung (ein sog. Ornstein-Uhlenbeck-Prozess:  $x_t = a_0 + a_1 x_{t-1} + \delta e_t$ ). Die Surrogatdaten sind in diesem Test verschiedene Realisationen eines AR(1)-Modells der Zeitreihe. Die Parameter des Ornstein-Uhlenbeck-Prozesses werden anhand der Originalzeitreihe nach der üblichen Methode kleinster Quadrate gefittet ( $a_0$ : Konstante des AR-Prozesses;  $a_1$ : AR(1)-Koeffizient;  $\delta$ : Faktor, der dafür sorgt, dass die Surrogatzeitreihen gleiche Varianz wie die Originalzeitreihe haben). AR-Prozesse sind eine einfache Form, zeitliche Abfolgen linear zu modellieren. Der Zustand eines Systems kann als Ergebnis des vorherigen Zustands, multipliziert mit einem konstanten Koeffizienten angesehen werden (SCHMITZ, 1989).

Wenn man als Prüfgröße die Vorhersagbarkeit nach dem Algorithmus von SUGIHARA und MAY einsetzt, belegt die Zurückweisung beider Nullhypothesen, dass die Zeitreihe eine überzufällige serielle Struktur enthält und nicht autoregressiv-linear ist. Es handelt sich dann um ein nichtlineares dynamisches System. Ein solches ist Voraussetzung für Chaos und Selbstorganisation.

Die Restmenge an möglichen Dynamiken ist natürlich gross. Bei THEILER, GALDRAKIAN, LONGTIN, EUBANK & FARMER (1992) werden noch weitere auszuschließende Nullhypothesen beschrieben, ehe auf einen typischen nicht linearen Prozess geschlossen werden kann (z.B. Hypothese verrauschter Grenzyklen). Der Vorteil des Bootstrapping liegt darin, dass beliebige Nullhypothesen formuliert werden können. In einem falsifikatorischen Verfahren kann man sich so der voliegenden Systemdynamik iterativ annähern.

Da es sich um die dynamische Analyse von univariaten Zeitreihen handelt, muss für die Anwendung nichtlinearer Methoden der Phasenraum nach der Methode von TAKENS rekonstruiert werden. Als Zeitverzögerungskonstante wird gemäß der Faustregel für  $\tau$  derjenige lag verwendet, bei dem die Autokorrelationsfunktion ihr erstes Minimum aufweist( vgl. genauer S. 111f.). Die Vorhersagbarkeit kann damit für verschiedene Einbettungsdimensionen  $m$  und für zunehmende Vorhersagezeiträume berechnet werden. Wir benutzen den parameterfreien Vorhersagealgorithmus von SUGHIHARA und MAY und verwenden dazu die Software von SCHEICHER. In Abb. 69 sind die Vorhersagegüten als Korrelationen des vorhergesagten vs. realen Wertes für die jeweils 6 nächsten Tage und der Einbettungsdimension  $m=2$  für Vp1 Faktor 2 früh in der Vorbereitungsperiode dargestellt.

Ein exponentiell abfallender Verlauf des Grafen, also eine rasche Abnahme der Vorhersagbarkeit, ist ein Kennzeichen für Prozesse mit sensibler Abhängigkeit von Anfangsbedingungen, aber auch für andere stochastische Systeme. Der höchste Wert der Vorhersagbarkeit beläuft sich auf etwa  $r=0,39$ . Somit ist ein beträchtlicher Anteil an Fluktuationen in der Messung zu berücksichtigen. Die optimale Einbettungsdimension kann als diejenige Einbettung geschätzt werden, bei der das System die höchste Prognostizierbarkeit aufweist. Dies ist bei Vp1 in der Vorbereitungsperiode für F2 früh bei  $m=2$  der Fall.

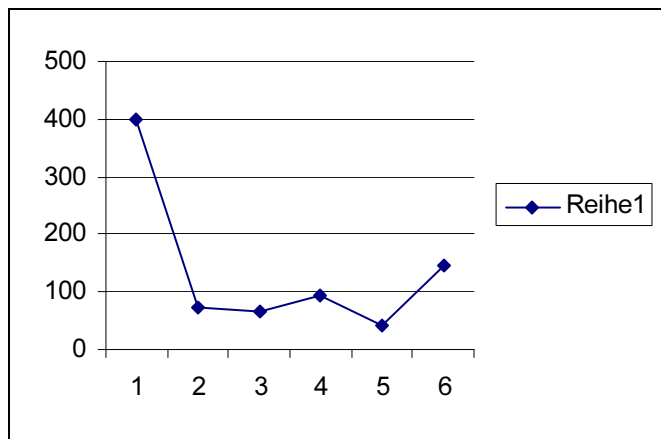


Abb. 69: Vorhersagegütern von Faktor 2 von Vp1 in der Vorbereitungsperiode bei  $\tau = 6$  und  $m=2$  (Maßstab: x 1000)

Auf der Basis der Vorhersagegütern wurden für die Zeitreihen der Vorbereitungsperiode und der Wettkampfperiode die Nullhypothesen Zufall und Linearität geprüft. Dabei wurden  $N=50$  Surrogatdatensätze verwendet. Die Testergebnisse sind in Tab. 29 und Tab. 30 zusammengefasst.

Die Zeitreihe des Faktors 1 kann bei Vp1 in der Vp und Wp von einem rein stochastischen System hochsignifikant unterschieden werden ( $m=2$ ,  $\tau=6$ ). Die Nullhypothese 2, dass den Daten ein linearer Prozess zugrundeliegt, kann allerdings nicht zurückgewiesen werden.

Bei Faktor 2 können beide Nullhypothesen zurückgewiesen werden. In diesem Fall handelt es sich offensichtlich um kein zufälliges, aber auch um ein nichtlineares System. In diesem Fall ist es sinnvoll den Lyapunov-Exponenten  $\lambda$  zu bestimmen, da diese Größe einen Hinweis darauf gibt, ob Nichtlinearität im Sinne von deterministischen Chaos vorliegt. Allerdings ist der experimentelle Einsatz von Algorithmen zur Bestimmung dieses Maßes mit Problemen verbunden, da beispielsweise auch MA-Prozesses positive Lyapunov-Exponenten aufweisen und die verlässliche Berechnung an das Vorhandensein einer sehr hohen Anzahl von Messzeitpunkten geknüpft ist (OTT, SAUER & YORKE, 1994). Der von uns berechnete Wert von  $\lambda = 0,214$  deutet bei aller gebotenen Vorsicht bei der Interpretation auf Divergenz im Phasenraum hin, die durch die Chaotizität der dem Rauschverhalten zugrundeliegenden Prozesse hervorgerufen sein könnte.

Bei Faktor 2 bei Vp2 finden wir ein ähnliches Systemverhalten in der Vp und Wp.

Sehr diffus ist das Ergebnis für diesen Faktor für Vp1 in der Wp, da hier beide Nullhypothesen nicht abgelehnt werden können. Dies heißt, das System könnte u.a. rein stochastisch oder auch linearer Art sein. Das gleiche Systemverhalten findet sich auch in der Vp bei Vp2 für F1, sowie insgesamt bei Vp3. Mit dem t-Wert 1,97 bei der Nullhypothese 2 für Vp2 kann hier aber eventuell auch von einem linearen Systemverhalten ausgegangen werden.

Tab. 29: Ergebnisse der Modellanalyse - Vorbereitungsperiode (auf der Basis zugehöriger Signifikanztests)

	Faktor	$\tau$	m	max. Vorhersagegüte	Nullhypothese1	Nullhypothese2	$\lambda$	Modell
<b>Vp1</b>	1	7	1	0,352	4,08	1,50	-	linear
	2	6	2	0,399	5,44	2,22	0,214	chaos
<b>Vp2</b>	1	3	2	0,116	0,09	0,38		Zufall linear
	2	1	5	0,212	3,40	2,99	0,242	chaos
<b>Vp3</b>	1	5	3	0,134	0,694	0,187		Zufall linear
	2	3	5	0,169	1,33	1,97		Zufall?

Legende:  $\tau$ : Zeitverzögerungskonstante, m: Einbettungsdimension, Vorhersagegüte: Grad der Vorhersagbarkeit, Nullhypothese 1: Zufalls-Effektmaß, Nullhypothese 2: Linearitätseffektmaß,  $\lambda$ : Wert des größten Lyapunov-Exponenten

Tab. 30: Ergebnisse der Modellanalyse - Wettkampfperiode (auf der Basis zugehöriger Signifikanztests)

	Faktor	$\tau$	m	max. Vorhersagegüte	Nullhypothese 1	Nullhypothese 2	$\lambda$	Modell
<b>Vp1</b>	1	2	3	0,253	2,09	1,25	-	linear
	2	3	1	0,176	0,97	1,15	-	Zufall linear
<b>Vp2</b>	-							
	2	5	1	0,231	2,43	3,19	0,27	chaos
<b>Vp3</b>	1	5	2	0,130	0,73	0,35		Zufall linear
	-			-				

Legende:  $\tau$ : Zeitverzögerungskonstante, m: Einbettungsdimension, Vorhersagegüte: Grad der Vorhersagbarkeit, Nullhypothese 1: Zufalls-Effektmaß, Nullhypothese 2: Linearitätseffektmaß,  $\lambda$ : Wert des größten Lyapunov-Exponenten

### 3.1.9 Zusammenfassung und Vergleich Mittel – und Langstreckenlauf

Ausgehend von der Variabilität der inneren Dynamik des trainierenden Menschen ist es uns gelungen, mittels Faktorenanalyse das komplexe Variablensystem des SES nach den Regeln der Synergetik auf wenige Ordnungsparameter (Faktoren) zu reduzieren. Diese Scores beschreiben die Belastungen, die auf das Gesamtsystem wirken, hinreichend.

Als Ergebnis ist festzuhalten, dass sich die reduzierten Systeme inter- und intraindividuell in ihren Strukturen sowohl hinsichtlich Dimensionalität als auch im Verlauf (visuelle Inspektion) und insbesondere in Bezug auf Anzahl und Gewichtung der an einem Faktor beteiligten Variablen zum Teil erheblich voneinander unterscheiden.

Nachfolgende Tabelle veranschaulicht nochmals zusammenfassend die Dynamik in den Sportlersystemen unter Angabe der Leadvariablen.

Tab. 31: Überblick über die Systemdynamik der Faktoren F1 und F2 von Vp1, Vp2 und Vp3

<b>Sp</b>	<b>Vp</b>						<b>Wp</b>					
	F1f	F2f	F1v	F2v	F1n	F2n	F1f	F2f	F1v	F2v	F1n	F2n
<b>Vp1</b>	p	m	q	n	r	o	d	m	q	n	r	o
<b>Vp2</b>	d	-	k	-	l	-	m	g	n	q	f	c
<b>Vp3</b>	m	p	k	e	f	l	p	-	k	-	l	i

Legende: früh: f, vor dem Training: v, nach dem Training: n;  
**a, b, c:** Müdigkeit; **d, e, f:** gedrückte Stimmung; **g, h, i:** Missstimmung; j, k, l: gehobene Stimmung; **m, n, o:** Trägheit; p, q, r: ausgelassene Stimmung

Weitere Strukturvergleiche, z.B. in Form einer Agglutination von Daten sind nicht möglich.

Hat man differenzierte Verlaufsinformationen vorliegen, so ließen sich durchaus inter- und intraindividuelle Vergleiche von einer wesentlich gesicherteren Datenbasis anstellen, da Messungen über einen längeren Zeitraum zusammengefasst werden könnten.

Ein Vergleich der Strukturen hinsichtlich Verlauf und Level erfordert jedoch eine gleiche Zusammensetzung der Faktoren, die sich auf Grund der Faktorenanalyse ergeben. Ansonsten gäbe der Strukturvergleich wenig Sinn. Man würde Äpfel mit Birnen,



bzw. etwa den Level der gehobenen mit der Missstimmung vergleichen. Die hier vorliegenden Strukturen sind hinsichtlich ihrer Faktorenstruktur aber nicht homogen.

Es konnte jedoch durch visuelle Inspektion festgestellt werden, dass zumindest für den Faktor 1 mit dem höheren Varianzanteil zum Zeitpunkt früh eindeutig die Tendenz zur Gleichgewichtsfindung besteht. Für die Trainingspraxis hat dies zur Folge, dass der Trainer bei langfristigen Abweichungen von diesem Gleichgewicht korrigierend eingreifen muss, um chronische Fehlbelastungen (Übertraining) zu vermeiden. Dass dies mit Erfolg praktiziert werden kann, haben wir am Beispiel von Vp1 im Rahmen der Interventionsanalyse demonstriert.

Beim Versuch, Regelmäßigkeiten im Systemverhalten aufzudecken, konnten wir weiterhin feststellen, dass eine eindeutige entgegengesetzte Belastungsstruktur von einem Tag zum anderen besteht. Weitere -wenn auch überzufällige- Korrelationen liegen doch recht nahe bei Null und deuten eher auf keinen Zusammenhang bzw. auf die Komplexität der Systeme hin.

Bei der Detektion von Wirkungsgefügen hatten wir ebenso nur schwach korrelierte Zusammenhänge ausmachen können. Wir konnten aber herausfinden, dass steigende Schrittfrequenz und sinkende Pulsdifferenz im langfristigen Verlauf sehr wohl auf die Entwicklung einer Form hinweisen können. Die Verfolgung dieser beiden Größen kann deshalb sehr genaue Hinweise auf den möglichen sportlichen Zustand des Sportlers geben und bildet im Zusammenhang mit dem Gleichgewichtsstreben des oben angeführten Faktors 1 eine zentrale Möglichkeit der Steuerung für den Trainer.

Weniger erfolgsversprechend erschien uns der weitere Einsatz der Flimmerverschmelzungsfrequenz wegen der zu geringen Empfindlichkeit der Methode.

Auf Grund des diffusen Ergebnisses hinsichtlich der Wirkungsgefüge wurde mittels eines der Monte-Carlo-Methode verwandten Verfahrens versucht, einzugrenzen, welche Systemart den einzelnen Sportlern zugrunde liegt. Auch hier gibt es kein abschließendes Ergebnis.

Das Resultat ist in nachfolgender Tabelle zusammengefasst:

Tab.32: Mögliche Modellierungen der Belastungsverläufe von Vp1, Vp2 und Vp3

Sportler	Faktor	Vorbereitungsperiode	Wettkampfperiode
Vp1	F1	linear	linear
	F2	Chaos	linear, Zufall
Vp2	F1	linear, Zufall	-
	F2	Chaos	Chaos
Vp3	F1	linear, Zufall	linear, Zufall
	F2	Zufall ?	-

## 3.2 Sprint

Im vorhergehenden Kapitel war die Auseinandersetzung mit Systemeigenschaften von Ausdauerläufern Gegenstand der Betrachtung. Es soll im Folgenden untersucht werden, welche Aussagen über Sportlersysteme weiterer Sportarten getroffen werden können.

Das System Sportler soll nun anhand von vier Sprintern analysiert werden, wobei drei männlichen Geschlechts sind.

### 3.2.1 Eckpunkte des Trainingsjahres

Die Spezialdisziplin von Vp4 ist der Langsprint. Sie ist amtierende Bezirks- und Landesmeisterin über diese Disziplin, startet aber auch über die Kurzspindistanz. Jahresziel der eingipfeligen Periodisierung ist die erfolgreiche Verteidigung ihrer Titel bei gleichzeitiger Verbesserung der persönlichen Bestzeiten. Der Start bei den nationalen Meisterschaften wird ebenso angestrebt. Die Athletin wurde in dem Trainingsjahr mit dem D-Kader zu einer Wettkampfreise nach Neuseeland eingeladen. Außerdem möchte sie im Sommer ihr Universitätsstudium beenden. Die Sportlerin nahm an 268 Tagen an der Untersuchung teil, davon trainierte sie an 138 Tagen. Dies entspricht einer durchschnittlichen Trainingsdichte von 3,60. Dabei nahmen die Haupttrainingsanteile mit 23% das laktazid-anaerobe sowie mit 22% das koordinative und mit 12% das alaktazide Training ein. Die sportartspezifische Trainingsintensität betrug durchschnittlich 3,96 bei einer Standardabweichung von 0,670.

Der Athlet Vp5 möchte aus dem Training heraus den Landesmeistertitel über 400m in der Halle erringen und neben weiteren Platzierungen auf Bezirks- und Landesebene auf allen Sprintstrecken eine gute Positionierung auf der nationalen Bestenliste erreichen. Auch dieser Athlet ist mit dem D-Kader nach Neuseeland eingeladen.

Die Trainingsstatistik gestaltete sich bei ihm wie folgt: 173 Trainings- bei 292 Untersuchungstagen (durchschnittliche Trainingsfrequenz pro Woche: 4,14 durchschnittliche Trainingsintensität: 4,76 bei einer Standardabweichung von  $\sigma = 0,543$ ). Die Haupttrainingsarten stellten das laktazid-anaerobe (26%) und das koordinative (18%) Training dar.

Vp6 hat in dieser Saison den Verein gewechselt. Neben neuen Bestzeiten auf der 200m- und 100m-Distanz ist sein Ziel, in der neuen Umgebung Fuß zu fassen. Er möchte mit der Staffel auf nationaler Ebene mindestens den Endlauf erreichen. Beruflich strebt er das Fachabitur im Sommer des Untersuchungsjahres an. Seine Trainingsfrequenz betrug 134 bei 242 Untersuchungstagen und im Mittel 3,88 pro Woche. Die durchschnittliche Trainingsintensität erreicht mit 4,81 bei einer Standardabweichung von  $\sigma = 0,494$  einen sehr hohen Wert. Der laktazid- anaerobe Trainingsanteil betrug bei ihm 29%, der koordinative 25%.

Nach der Deutschen Jugendmeisterschaft über 200m hatte der Athlet Vp7 eine längere Durststrecke aufgrund fortgesetzten Verletzungspechs zu bewältigen. Sein Ziel ist, seine Leistungen wieder zu stabilisieren und mit der Vereinsstaffel Erfolge auf Landes- und nationaler Ebene zu feiern. Der Athlet nahm verletzungsbedingt nur an 190 Tagen im Wesentlichen in der Vorbereitungsperiode an der Untersuchung teil. Trainingsvergleichswerte zu den anderen Athleten bieten sich deshalb nicht an.

### 3.2.2 Die Komplexität/Dynamik der Systeme

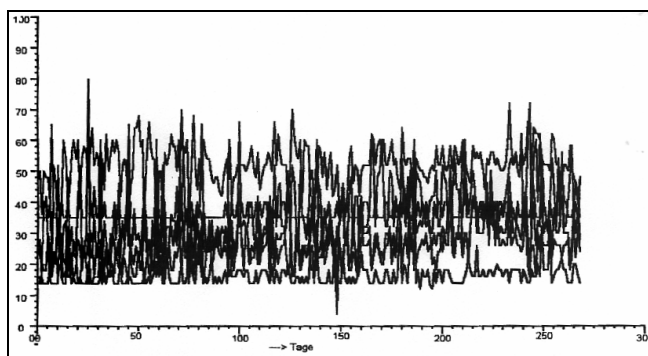


Abb. 70: Gesamtstruktur der Stimmung früh Vp4

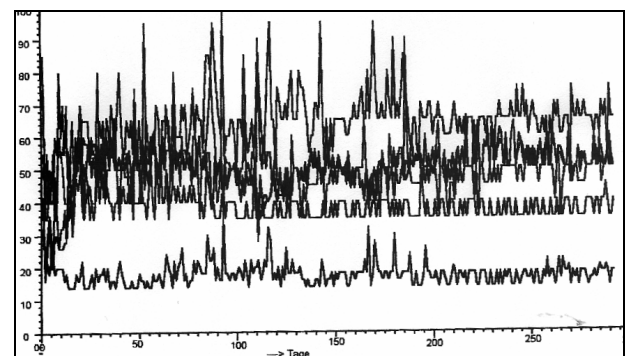


Abb. 71: Gesamtstruktur der Stimmung früh Vp5

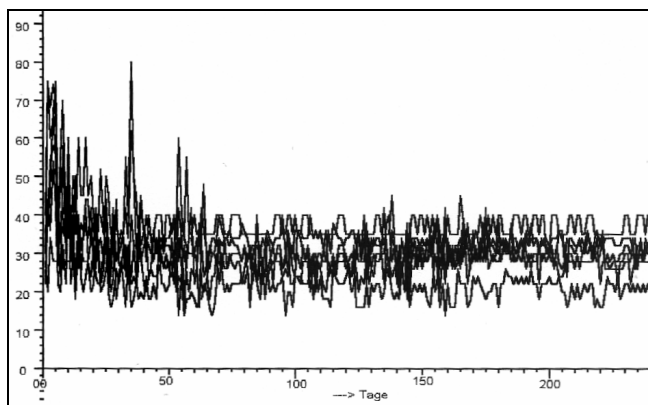


Abb. 72: Gesamtstruktur der Stimmung früh Vp6

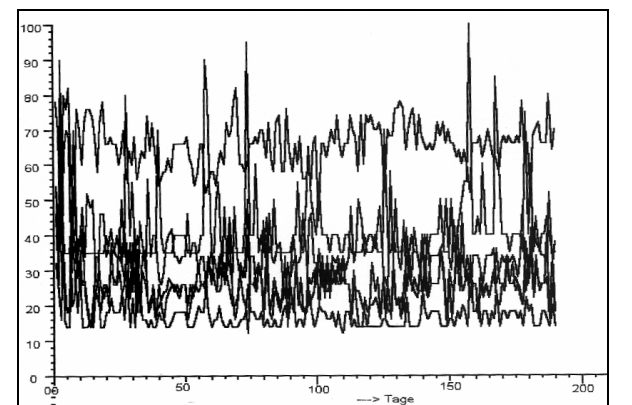


Abb. 73: Gesamtstruktur der Stimmung früh Vp7

Auch bei diesen Sportlern erhält man einen ersten Eindruck von der Komplexität des Systems durch eine visuelle Inspektion der Zeitreihe des Gesamtsystems mit Erhebungszeitpunkt morgens vor dem Training. Um Aussagen zur dynamischen Beschreibung des Systems machen zu können, müssen wir als ersten Zugang hier auch eine zeitlich versetzte Darstellung der einzelnen Stimmungsrgruppen wählen.

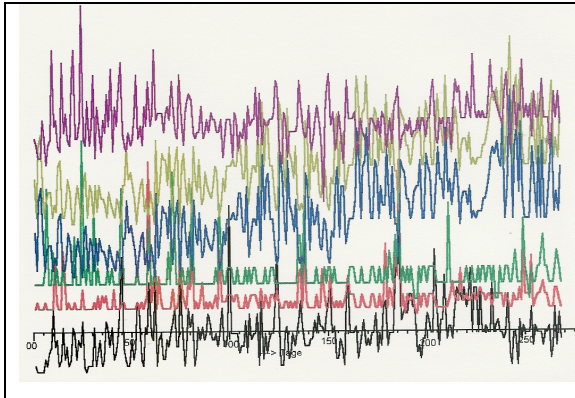


Abb. 74: Vp4

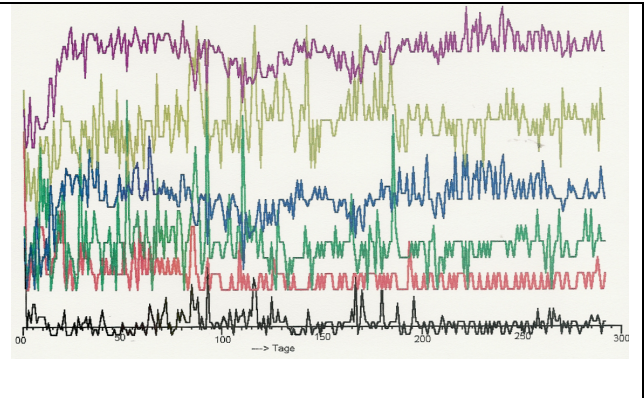


Abb. 75: Vp5

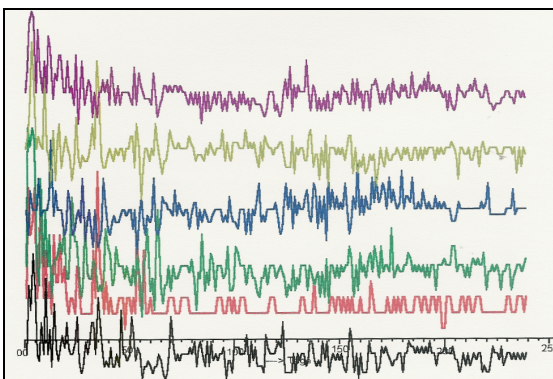


Abb. 76: Vp6

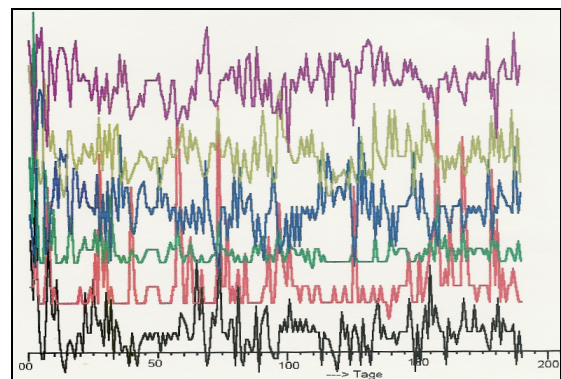


Abb. 77: Vp7

Abb. 74-77: Gesamtstimmung von Vp4,Vp5,Vp6, Vp7 morgens vor d. Training (versetzte Darstellung)  
 Legende: schwarz = Müdigkeit, rot = gedrückte Stimmung, grün = Misstimmung, blau = gehobene Stimmung, oliv = Trägheit, lila = ausgelassene Stimmung

Bei genauer Betrachtung ist zu erkennen, dass sich bei den sportlichen Systemen im Sprint ebenfalls kein einheitlicher Kurvenverlauf zwischen den einzelnen Stimmungsgrößen abzeichnet. So entwickelt sich beispielsweise bei Vp5 an den Tagen 130 bis 160 die schwarze Kurve gegenläufig zur blauen, während ab Tag 230 eher eine gleichlaufende Entwicklung zu verzeichnen ist, ebenso wie bei Vp7 die blaue und olive Kurve im Bereich von Tag 100 bis 140 deutlich gegenläufig sind und sich danach eher ähnlich entwickeln. Dies sind nur zwei Beispiele für die zahlreichen Un-

regelmäßigkeiten in der Prozessgestalt der abgebildeten Sportlersysteme (= Hypothese 1).

Zur Komplexitätsreduktion der Systeme (= Hypothese 2) wurden die Daten der Stimmungsverläufe wieder mittels einer Hauptkomponentenanalyse faktorisiert. Wie bereits bei den Ausdauersportlern möchte man auf diese Weise herausfinden, welche Variablen so miteinander kovariieren, dass sie als Bestandteil eines evtl. gemeinsamen Merkmalsfaktors angesehen werden können. Vorab erfolgte eine faktorenanalytische Eignungsprüfung der Korrelationsmatrix der Variablen. Das MSA-Kriterium ergab keine kritischen Werte. Untersucht wurde auch hier die Systemdynamik durch Analyse von Veränderungen in den Merkmalen der Faktorenstruktur für das gesamte Trainingsjahr sowie die Vorbereitungsperiode (bis 1.Mai) und die Wettkampfperiode getrennt, jeweils für den Zeitpunkt früh, vor und nach dem Training.

Das Ergebnis rechtfertigt auch im Sprintbereich eine differenzierte Faktorisierung von Vorbereitungs- und Wettkampfperiode.

Tab. 33: Struktur der Stimmung von Vp4

<b>Ganzes Jahr (n = 268)</b>					
<b>früh</b>		<b>vor dem Training</b>		<b>nach dem Training</b>	
F1	F2	F1	F2	F1	F2
p,m,d,g,j,a	-	q,e,n,k,b,h	-	r,l,f	i,c,o
V=38,6142	-	V=38,8784	-	V=32,0927	27,7463
Vsu=38,6142		Vsu=38,8784		Vsu=59,8390	
<b>Vp (n=128)</b>					
<b>früh</b>		<b>vor dem Training</b>		<b>nach dem Training</b>	
F1	F2	F1	F2	F1	F2
p,m,j,a,g,d	-	q,k,n,b,e,h	-	r,l,f,i	c,o
V=44,1612	-	V=47,6919	-	V=31,3086	V=28,8979
Vsu=44,1612		Vsu=47,6919		Vsu=60,2065	
<b>Wp (n=140)</b>					
<b>früh</b>		<b>vor dem Training</b>		<b>nach dem Training</b>	
F1	F2	F1	F2	F1	F2
d,j,p,g,a,m	-	q,k,h	n,b,e	r,l,f,i	o,c
V=40,4419	-	V=31,7580	V=30,6686	V=35,4852	V=31,8152
Vsu=40,4419		Vsu=62,4266		Vsu=67,3004	

Legende: F1: Faktor/Dimension 1; F2: Faktor/Dimension 2; V = Varianzanteil; Vsu = Gesamtvarianzanteil; a, b, c: Müdigkeit; d, e, f: gedrückte Stimmung; g, h, i: Misstimmung; j, k, l: gehobene Stimmung; m, n, o: Trägheit; p, q, r: ausgelassene Stimmung

Die Ergebnisse der Faktorisierung der 6 Merkmalsvariablen ergeben bei Vp4 für den Zeitpunkt früh vor dem Training eine einfaktorielle Beschreibung des Belastungsverlaufs. Dieser Faktor erklärt nur etwa 40% der Gesamtvarianz. Während in der Vorbereitungsperiode die ausgelassene Stimmung besonders hoch lädt, dominiert in der Wettkampfperiode die gedrückte Stimmung. Nach dem Training gerät das System in Unordnung. Es wird von zwei Faktoren dominiert, einem Faktor 1 der psychischen Belastung und einem eher physischen Belastungsfaktor 2. Dies entspricht somit im Wesentlichen der elementaren Systemstruktur von Vp4 im Ausdauerbereich. Es gelingt auch hier aus dem multivariaten ursprünglichen Verlauf eine prägnant zusammengefasste Zeitreihe der Symptomgruppen zu kreieren. Der Varianzanteil der einzelnen Faktoren ist mit ca. 30% allerdings relativ gering. Ergebnisse mit Varianzanteilen von weniger als 30%, bzw. sogar 50% sollten unserer Auffassung nach nur mit äußerster Vorsicht und sorgfältigster Plausibilitätsprüfung, z.B. zur Ergänzung von Faktoren mit höherem Anteil an der Varianz, interpretativ berücksichtigt werden.

Tab. 34: Struktur der Stimmung von Vp5

<b>Ganzes Jahr (n = 292)</b>					
<b>früh</b>		<b>vor dem Training</b>		<b>nach dem Training</b>	
F1	F2	F1	F2	F1	F2
p,j,d,	m,a,g	q,k,e,b,n,h	-	r,l,f,c,o,i	-
V=31,9873	V=20,3097	V=39,6858	-	V=34,3819	-
Vsu=52,2970		Vsu=39,6858		Vsu=34,3819	
<b>Vp (n = 160)</b>					
<b>früh</b>		<b>vor dem Training</b>		<b>nach dem Training</b>	
F1	F2	F1	F2	F1	F2
p,j,d	m,a,g	q,k,e,b,n,h	-	r,l,f	c,o,i
V=30,9533	V=21,2609	V=38,4007	-	V=33,4345	V=17,5153
Vsu=52,2142		Vsu=38,4007		Vsu=50,9498	
<b>Wp (n = 132)</b>					
<b>früh</b>		<b>vor dem Training</b>		<b>nach dem Training</b>	
F1	F2	F1	F2	F1	F2
j,p,a,m,d,g	-	k,q,b,e,h,n	-	r,l,f,c,o,i	-
V=36,6850	-	V=42,5492	-	V=46,1539	-
Vsu=36,6850		Vsu=42,5492		Vsu=46,1539	

Legende: F1: Faktor/Dimension 1; F2: Faktor/Dimension 2; V = Varianzanteil; Vsu = Gesamtvarianzanteil; a, b, c: Müdigkeit; d, e, f: gedrückte Stimmung; g, h, i: Misstimmung; j, k, l: gehobene Stimmung; m, n, o: Trägheit; p, q, r: ausgelassene Stimmung

Das System des Athleten 5 ist dadurch gekennzeichnet, dass es sich von der Phase der Vorbereitungsperiode bei Vorhandensein eines psychischen und eines physischen Faktors durch Abnahme an Freiheitsgraden in der Wettkampfperiode zu einem System mit nur einem Faktor hin entwickelt. Dies bedeutet in der Sprache der Synergetik, dass es in diesem System mit fortschreitendem Trainingsjahr zu einer Zunahme an Ordnung kommt. Insgesamt dominiert im psychischen Bereich die optimistische positive Stimmungslage. Der Varianzanteil ist nicht sehr hoch.

Tab 35: Struktur der Stimmung von Vp6

<b>Ganzes Jahr (n = 242)</b>					
<b>früh</b>		<b>vor dem Training</b>		<b>nach dem Training</b>	
F1	F2	F1	F2	F1	F2
<b>a,m,d,g</b>	p,j	<b>b,n,e,h</b>	k,q	<b>o,f,c,i</b>	l,r
V=46,1358	V=21,8797	V=49,5803	V=23,7196	V=39,4293	V=27,0804
Vsu=68,0155		Vsu=73,2999		Vsu=66,5096	
<b>Vp (n = 166)</b>					
<b>früh</b>		<b>vor dem Training</b>		<b>nach dem Training</b>	
F1	F2	F1	F2	F1	F2
<b>a,m,d,g</b>	p,j	<b>b,e,n,h</b>	k,q	<b>f,o,c,i</b>	l,r
V=47,2102	22,4023	V=51,5311	V=23,9310	V=40,5407	V=27,7189
Vsu=69,6125		Vsu=75,4620		Vsu=68,2596	
<b>Wp (n = 76)</b>					
<b>früh</b>		<b>vor dem Training</b>		<b>nach dem Training</b>	
F1	F2	F1	F2	F1	F2
<b>d,m,a</b>	p,j,g	<b>n,b,e</b>	k,q,h	l,i,r	<b>c,f,o</b>
V=27,7178	V=27,1254	V=39,1358	V=26,5139	V=29,9491	V=25,1736
Vsu=54,8437		Vsu=65,6497		Vsu=55,1227	

Legende:

F1: Faktor/Dimension 1; F2: Faktor/Dimension 2; V = Varianzanteil; Vsu = Gesamtvarianzanteil;  
**a, b, c:** Müdigkeit; **d, e, f:** gedrückte Stimmung; **g, h, i:** Missstimmung; j, k, l: gehobene Stimmung;  
**m, n, o:** Trägheit; p, q, r: ausgelassene Stimmung

Im Gegensatz dazu zeigt Vp6 ein durchgehend zweifaktorielles System. Sein System ist komplexer, wobei bei ihm der Faktor 1 in der Vorbereitungsperiode einen weitaus höheren Varianzanteil besitzt als in der Wettkampfperiode. Auffallend ist, dass in der Wettkampfperiode beide Faktoren einen relativ geringen Varianzanteil haben. Bei



diesem Athleten teilen sich die Faktoren eher in eine positive (F2) und eine negative Stimmungslage mit gewissen Müdigkeitsanteilen (F1) auf.

Tab. 36: Struktur der Stimmung von Vp7

<b>Ganzes Jahr (n = 190)</b>					
<b>früh</b>		<b>vor dem Training</b>		<b>nach dem Training</b>	
F1	F2	F1	F2	F1	F2
<b>j,a,m,p,g,d</b>	-	<b>k,n,h,e,q,b</b>	-	<b>i,o,l,f,r,c</b>	-
V=46,3037	-	V=47,2448	-	V=42,3505	-
Vsu=46,3037		Vsu=47,2448		Vsu=42,3505	
<b>Vp (n = 168)</b>					
<b>früh</b>		<b>vor dem Training</b>		<b>nach dem Training</b>	
F1	F2	F1	F2	F1	F2
<b>j,a,m,g,p,d</b>	-	<b>k,h,n,e,q,b</b>	-	<b>f,i,o,l,r,c</b>	-
V=45,6077	-	V=48,2371	-	V=43,6636	-
Vsu=45,6077		Vsu=48,2371		Vsu=43,6636	
<b>Wp (zu wenig Werte)</b>					

Legende:

F1: Faktor/Dimension 1; F2: Faktor/Dimension 2; V = Varianzanteil; Vsu = Gesamtvarianzanteil;  
**a, b, c:** Müdigkeit; **d, e, f:** gedrückte Stimmung; **g, h, i:** Missstimmung; j, k, l: gehobene Stimmung;  
**m, n, o:** Trägheit; p, q, r: ausgelassene Stimmung

Bei Sportler 7 finden wir ein einfaches einfaktorielles System vor. Bemerkenswert in diesem Fall ist die Veränderung der Stimmungslage in F1 von einer eher positiven Grundstimmung früh zu einer eher gedrückten Stimmung nach dem Training. Wie an anderer Stelle dargestellt wird, könnte möglicherweise diese negative Wirkung des Trainings auf die Stimmungslage des Athleten durch die ständigen gesundheitlichen Rückschläge nach sportlichen Belastungen, die schließlich zum vorzeitigen Abbruch der Saison geführt haben, verursacht worden sein.

### 3.2.3 Relationale Prozesscharakteristika

In Anlehnung an die Vorgehensweise in den Ausdauersportarten, soll anhand der Originaldaten früh morgens vor dem Training beschrieben werden, in welchem Ausmaß und in welcher Form Belastung überhaupt auftritt. Da der einfache Plot relativ unübersichtlich ist, wollen wir uns auch bei diesen Grafen auf die Inspektion der Extremwerte (relationale Prozessparameter) konzentrieren. Wir möchten herausfinden,

ob gewisse Begleitumstände im Lebensgesamt der Athleten stimmig sind mit Maxima (oder Minima) der Stimmungsfaktoren (= Hypothese 2).

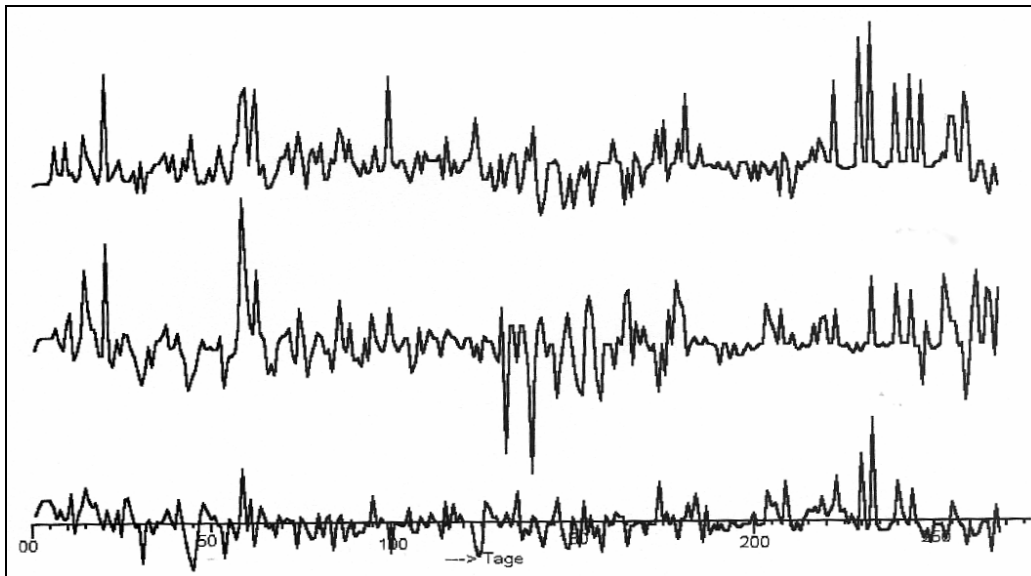


Abb. 78: Faktor F1 von Vp4 früh und nach dem Training, sowie Faktor F2 nach dem Training (von unten, versetzte Darstellung)

Tab. 37: Ereignistabelle Vp4

Datum	Tag	Ereignis
23.12.	1	Beginn
28.12	6	Regel
25.1	34	Regel
29.1	38	Schiwochenende Ischgl
4..2 – 5..2.	44-45	Seminar München
22.2	62	Ergebnis Diplomarbeit positiv
6.-9.3	74-77	Übelkeit
19.3	87	Privaten Ärger
3.4.	102	Neuseeland
3.5.-6.5	132-135	Schlapp
8.9.5	137-138	Bauchschmerzen
29.4.	128	200m 25,24
2.5.	131	400m 55,53
6.5.	135	100m 12,65
15.5.	144	Bezirksmeisterschaften 100m 12,18 200m 24,73 400m 55,74 in 3,5 Stunden
23.5.	152	100m 12,19 200m 24,83
29.5.	158	Sindelfingen 400m Hürden 61,5
12.6.	172	Landesmeisterschaften 400m 55,97 1. Platz
13.6.	173	Landesmeisterschaften 200m 25,20 im Endlauf

Datum	Tag	Ereignis
Anfang bis Mitte Juni		Heuschnupfen
19.6-25.6	179-185	Müde und Stress
10.7.	200	100m 12,22
12.7	202	berufliches Auswahlgespräch in Frankreich
17.7.	207	100m 12,19
2.8-12.8	223-239	Examensklausuren ( 9.8. größte Belastung)
16.8-25.8	237-245	Gebirgsurlaub
27.8	248	Lust Saison zu beenden, Demotivation
6/7.9	258-259	Bauchschmerzen, schlapp
13.9	265	Kreislauf, schlapp
19.9	271	400m 58,2 4·100m Hochsprung

Auffallend ist, dass auch hier das Phänomen erkennbar ist, dass der Faktor 1 für den Zeitpunkt früh nach kürzeren Schwankungen immer wieder zum Gleichgewicht tendiert, was dafür spricht, dass Belastungen als Homöostasestörungen sehr gut bewältigt werden können (= Hypothese 3b). Die Prozessgestalt für den Zeitraum nach dem Training zeigt dagegen auch hier wie bei den anderen Athleten gewisse kumulative Effekte. Dieser Effekt in den Trainingswirkungen schlägt sich auch in den Standardabweichungen nieder ( $\sigma = 0,579$  früh, vs.  $\sigma = 0,796$  n.d.Tr.für Faktor 1).

So ist das anstrengende Seminar in München (Tag 44/45), das negativ auf die Stimmung durchschlägt, ebenso wie das erfreuliche Ergebnis der Diplomarbeit (Tag 62) eindeutig erkennbar. In der Wettkampfsaison ist eine wechselnde Führungsgröße (gedrückte Stimmung) zu beachten. Die Anspannungen im Zusammenhang mit dem Examen im August sind eindeutig zu identifizieren. Insgesamt aber scheint die Athletin über Regulationsmechanismen zu verfügen, die sie sehr stabil machen, so dass höchste Belastungen kurzfristig kompensiert werden können.

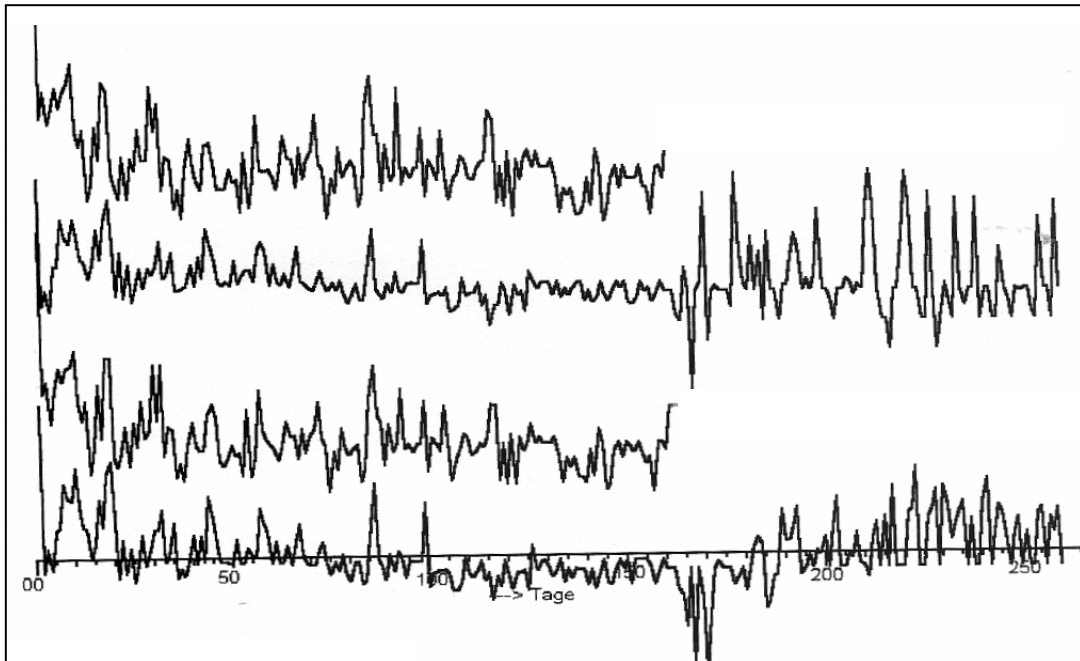


Abb. 79: Vp5 Faktor F1 früh und nach dem Training, sowie Faktor F2 früh und nach dem Training (von unten, versetzte Darstellung)

Tab. 38: Ereignistabelle Vp5

Datum	Tag	Ereignis
22.11.	1	Beginn
22.11-26.11	1-5	Hüfte (ganz gut drauf manchmal)
30.1	70	4*200 Staffel, Quali für Deutsche 1:29,7
31.1	71	2*200m, 1*400m, Landesmeister über 400m
22.2-28.2	93-99	Erkältung
16.3	115	sehr müde
20-28.3	119-127	Erkältung
Ab 1.4	131	Neuseeland
9.4.	139	100m Wettkampf
26.4-29.4	156-159	Erkältung
2.5	162	Röthenbach 100m 10,58, 400m 48,37, Staffel 42,85
6.5	166	Nürnberg 4*100m 42,86, 200m 2m/s Gw 21,71
15.5	175	Nürnberg 10,89,10,98 100m, 4*100m 42,35, 200m 21,31
17.5	177	Neue Stelle suchen
26/27. 5.	186-187	Stress mit Chef
29.5	189	Sindelfingen 100m 11,06 3m/s Gw, 200m Verletzung
31.5.	191	400m 200m
12.6.-18.6	203-209	Verletzung
23.6	214	todmüde

Datum	Tag	Ereignis
28.6-1.7	219-222	Erkältung
4.7-20.7	225-241	Immer wieder Verletzung
4.7.	225	4*400m Staffel, Verletzung
31.7	252	Bestzeit mit Staffel
Aug/Sept		Immer wieder gesundheitliche Probleme
20.8	272	Schwandorf 100m 11,24, 200m 21,90

Bei der Analyse der relationalen Prozessparameter erscheinen bei Vp5 die extremsten Peaks nicht stimmig mit tatsächlichen sportlichen Ereignissen. So treten gute Ergebnisse während der Wettkampfsaison eher nicht grafisch in Erscheinung, während die lange Verletzungsphase im Sommer eher positive Stimmungs-Peaks verursacht. Lediglich der private Stress im Zusammenhang mit dem Wechsel der Arbeitsstelle zeigt sich deutlich in einem zusätzlichen Abfallen der positiven Stimmung (ca. Tag 185 – 190). Die Interpretation der Gleitmittelwerte liefert wertvolle Hinweise zum Verständnis dieses zunächst widersprüchlich erscheinenden Ergebnisses (vgl. Abb. 83).

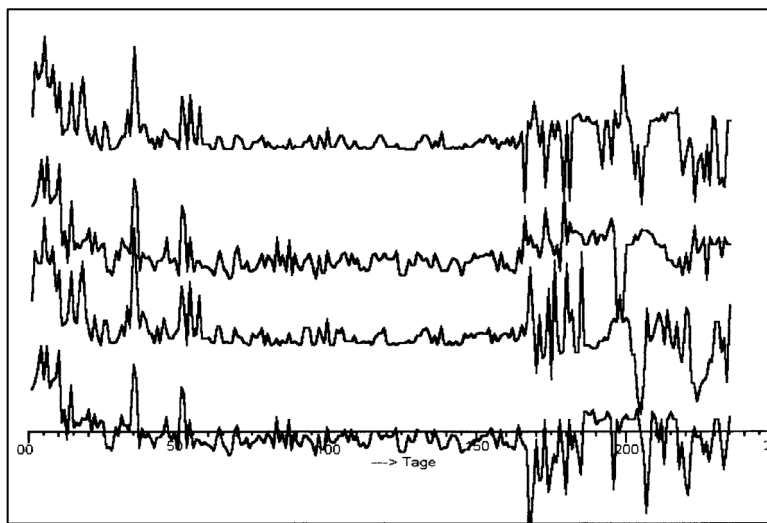


Abb. 80: Vp6 Faktoren F1/F2 früh und nach dem Training (von unten, versetzte Darstellung).

Tab. 39: Ereignistabelle Vp6

Datum	Tag	Ereignis
16.11.	1	Beginn
17.11	2	Schulaufgabe+gute Noten
2.12.	17	Schulaufgabe
7.12.	22	gute Noten
10.12.	25	Schulaufgabe misslungen
18-22.12	33- 37	Grippe
10.1.	56	60m 7,08

Datum	Tag	Ereignis
20.1.	66	Schlechte Zensuren
22.1.	68	Gefürchtete Prüfung
23.1.	69	60m 6,99, 200m 22,27, 4*200m 1:29,11
26.1.	72	Tief in der Schule
28.1.	74	Gute Noten
29.1.	75	Schulaufgabe
30.1.	76	60m 7,02
31.1.	77	200m 22,08 Bayer. Hallenmeisterschaften
7.2.-9.2	84-86	Facharbeit
20.2.	97	Persönliche Bestzeit 60m 6,94, 4*200m
5.3.	110	Schulaufgabe
9.3.	114	Schulaufgabe
12.3.	117	Schlechte Zensuren
24.3.	129	Schulaufgabe
2.4.	138	Prüfung (Stegreifaufgabe) misslungen
10.4-16.4	146-152	Trainingslager mit Sprintkader in Cesenatico
21.4.	157	Schulaufgabe
23.4	159	Schulaufgabe
29.4.	165	Schulaufgabe
2.5.	168	200m 21,46
5.5.-23.5.	171-189	Lernstress auf Fachabitur
15.5.	181	Bezirksmeisterschaften 100m 10,96, 4*100m 40,80
22.5.	188	100m 11,01, - 0,7m Gw., 4*100
24.5.-28.5.	190-194	Abschlussprüfungen
29.5.	195	100m 11,02, - 1,4 Gw., 200m 21,50, +0,5 Rw., 4*100 41,33
19.6.	216	Aufgabe wegen Magenverstimmung
26.6.	223	Abinoten
3.-4.7.	230-231	Staffeltrainingslager
9.7.	236	DLV Meisterschaften 4*100 m VL 41,60
11.7.	238	DLV Meisterschaften 200m VL 21,52
17.7.	244	Sportfest Germering 100m 10,75, 200m 21,68
21.7.	248	Internat. Sportfest Ingolstadt mit Weltstars, 200m

Sehr gut nachvollziehbar sind wieder die Extremwerte von Vp6. Die Grippe im Dezember (18.-22.) sowie die sehr guten Wettkampfergebnisse im Mai und die erheblichen Belastungen im Zusammenhang mit der Abschlussprüfung schlagen sich beispielsweise klar sichtbar in der Prozessgestalt der Belastungskurve des Athleten nieder.

Auffallend sind auch die deutlich höheren Belastungsausschläge in der Wettkampfperiode ( $\sigma = 1,07$ ) im Verhältnis zur Vorbereitungsperiode ( $\sigma = 0,92$ ) (vgl. Abb. 80).

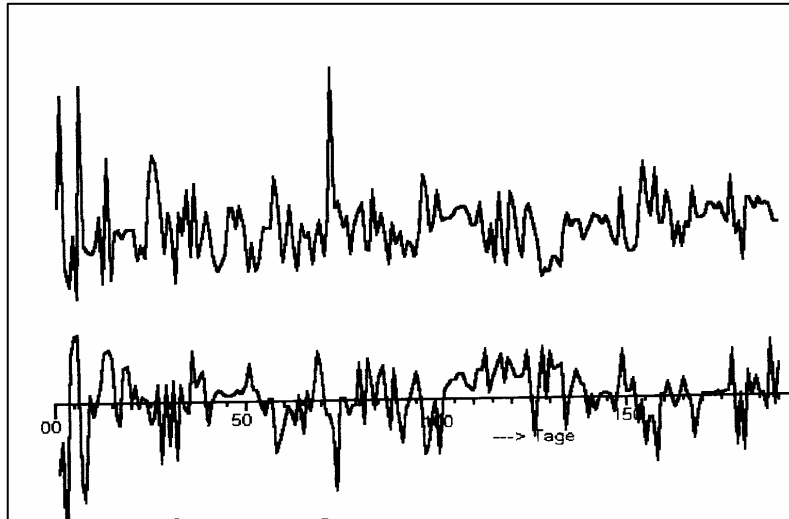


Abb. 81: Vp7; Faktoren F1 früh und nach dem Training (von unten, versetzte Darstellung)

Tab. 40: Ereignistabelle Vp 7

Datum	Tag	Ereignis
13.11.	1	Beginn
Nov-Mitte 12	1-30	Kniebeschwerden
11.12-19.12	28-36	Grippe
Jan. – Feb.		Immer wieder Rückenbeschwerden
19.2.	98	Schlechte Prüfung
Ab März	Ab 107	Weniger Beschwerden
7.4.	145	Darminfektion
Ab 16.4.	154	Wieder Knie
Ab Mai	Ab 168	Zusätzlich Ischias

Die relationalen Prozessparameter bei Vp7 sind durch das ständige Auf und Ab im Gesundheitszustand des Athleten über den gesamten Untersuchungszeitraum von geringer Aussagekraft. Es fällt auf, dass die Versuchsperson trotz ihrer schwierigen Verletzungssituation in der Lage ist, einen homöostatischen Zustand zu halten. Im Zeitraum von Tag 100 - 130 kommt es allerdings zu einer längeren Phase über dem Durchschnitt liegenden positiven Stimmung, was sicher darauf zurückzuführen ist, dass die körperlichen Beschwerden hier endlich nachlassen. Auch kann der Sportler die im Plot sichtbare Belastungswirkung nach dem Training in der Wettkampfperiode sehr gut bis zum Zustand „Früh vor dem Training“ kompensieren.

### 3.2.4 Prozessanalyse mit Gleitmittelwerten

Zum Aufdecken von längerfristigen Belastungsentwicklungen, verwenden wir wieder die Methode der 7-Tages-Gleitmittelwerte.

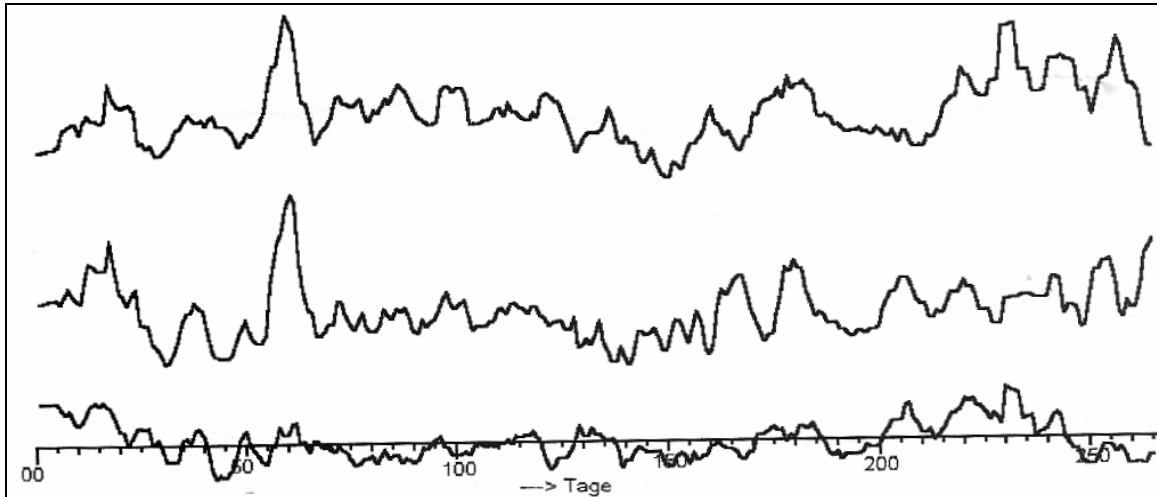


Abb. 82: 7-Tages-Gleitmittelwerte des Faktors F1 früh und nach dem Training sowie des Faktors F2 nach dem Training von Vp4

Der Zeitraum nach dem Training lässt bei Vp4 unterschiedlichste Mikro- und Makrozyklen der empfundenen Belastung erkennen.

Das Training beeinflusst die Stimmung und führt zu längeren Ungleichgewichten bei den Befindlichkeiten direkt nach dem Training. Besonders stark ist diese trendmäßige Entwicklung beim Faktor 2 ausgeprägt. Obwohl die Sportlerin ansonsten in der Lage ist für den Zeitraum früh ihr Gleichgewicht immer wieder zu finden, ist die Belastung durch das Examen so groß, dass dieser Zustand ab ca. Tag 200 nachhaltig verlassen wird. Das Warten auf das Ergebnis der Diplomarbeit (Tag 45), Indisponiertheit und privater Ärger (Tag 74-90) sind weitere Situationen, die die Gefühlslage der Athletin aus dem Gleichgewicht bringen, aber relativ schnell wieder kompensiert werden.



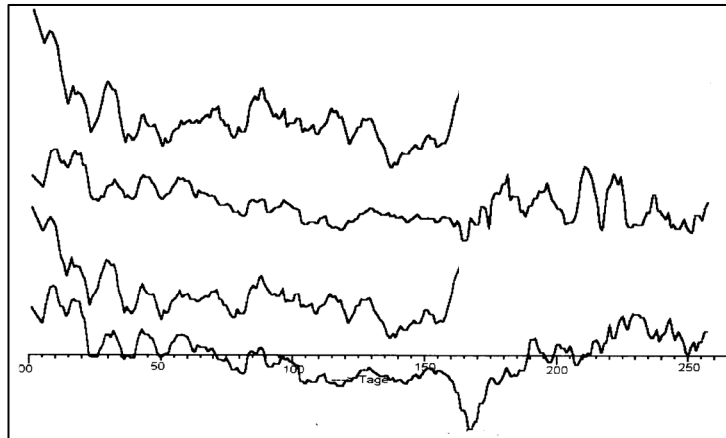


Abb. 83: 7-Tages-Gleitmittelwerte der Faktoren F1 und F2 früh und nach dem Training von Vp5.

Eine sehr eigenartige Entwicklung nehmen die Scores von Vp5. Die Müdigkeit nach dem Training (Faktor 2) steigt in der Vorbereitungsperiode, um zu Beginn der Saison (ca. Tag 135) wieder zu fallen. Die Stimmung (Faktor 1 früh und nach dem Training) fällt nachhaltig ab ca. Tag 100 sehr stark nach Beginn der Wettkampfsaison und zwar trotz zum Teil sehr guter Ergebnisse im Wettkampf. Die Stimmung entwickelt sich erst wieder zum Positiven nachdem der Athlet sich verletzt (!! ) und die Saison eigentlich für beendet erklärt hat (ab ca. Tag 200). Dies erscheint im ersten Moment widersprüchlich, gibt aber Raum für interpretative Überlegungen, wenn man berücksichtigt, dass der Athlet bis auf die Hallenmeisterschaften alle größeren Wettkämpfe gemieden hat und alle Ergebnisse (die ihn für einen kurzen Zeitraum sogar die nationale Bestenliste anführen ließen) ausschließlich auf kleineren Sportfesten gegen schwache Konkurrenz erzielt hat. Auffällig waren auch ständige Anrufe beim Untersuchungsleiter vor größeren Wettkämpfen, um Trainingsentwicklungen über sich selbst und Mitkonkurrenten zu erfahren (was natürlich aus Gründen des Datenschutzes und der Untersuchungsmethodik verweigert wurde). Möglicherweise war der als psychisch äußerst anfällig geltende Athlet dem Erwartungsdruck nicht gewachsen. Seine Befindlichkeit wurde erst besser, als diese Last mit der Entscheidung, die Saison zu beenden, von ihm genommen wurde. Der Athlet nahm nur noch an zwei unbedeutenden Wettkämpfen - zum Teil nur als Staffelläufer - teil.

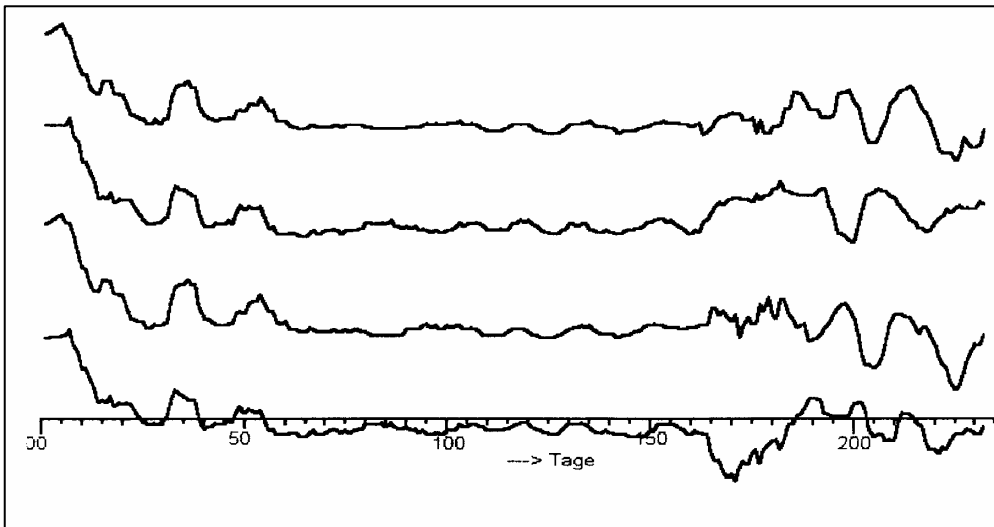


Abb. 84: 7-Tages-Gleitmittelwerte der Faktoren F1 und F2 früh und nach dem Training von Vp6 (von unten, versetzte Darstellung).

Bei Vp6 erkennt man ein sehr ausgeglichenes Verhalten. Bei Faktor F1 (Müdigkeit bzw. gedrückte Stimmung führende Größen) zeichnet sich die Belastung durch die Grippe (Tag 34) sehr gut ab. Der Abiturstress wird durch die sehr guten Wettkampfergebnisse und die Befreiung vom Prüfungsdruck offensichtlich ausgezeichnet kompensiert (Zeitraum von Tag 165 -185). Dies zeichnet sich sehr gut ab für F1 früh und F2 früh (ausgelassene Stimmung führend).

Erstaunlich bei diesem Probanden ist, dass alle vier Kurven in der Vorbereitungsperiode einen sehr ähnlichen Verlauf haben, obwohl F1 eher vom Stimmungscharakter negativ und F2 eher positiv geprägt sind. Ein Erklärungsansatz wäre der sehr geringe Varianzanteil der Faktoren bei diesem Athleten.

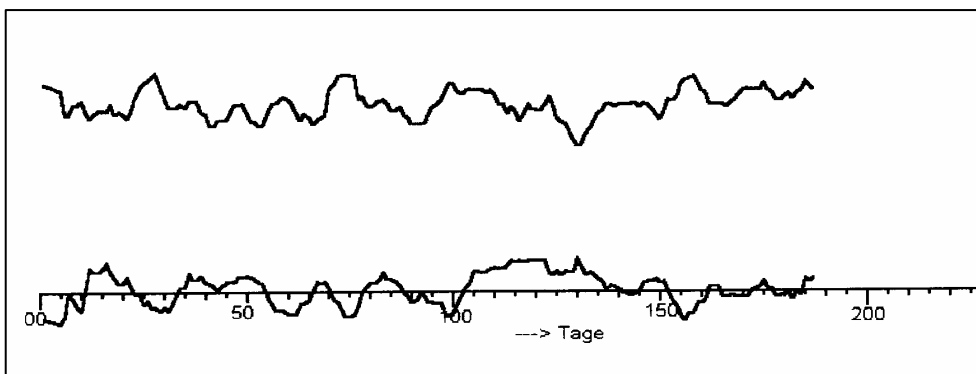


Abb. 85: 7-Tages-Gleitmittelwerte des Faktors F1 früh und nach dem Tr. von Vp7 (von unten, versetzte Darstellung)

Bei diesem Athleten verursacht das Ende der langen Zeit unter Schmerzen offensichtlich ab Tag 100 ein Hochgefühl, nachdem für diesen Zeitraum Beschwerdefreiheit zu verzeichnen war und trainiert werden konnte.

### 3.2.5 Makroebene

Auch in diesem Fall wechseln wir wieder die Betrachtungsebene, um bedeutsame Belastungen, die durch eine Vielzahl von kleineren Belastungen induziert wurden, aufzudecken (= Hypothese 3c).

Die grafische Darstellung für den Zeitverlauf kann auch hier erste Anhaltspunkte zum Prozessgeschehen vermitteln. Durch die Wochen-Monats-Summenkurve lassen sich längerfristige Bewegungen veranschaulichen. Dabei werden insbesondere bei der Akkumulation auf Monatebene die kürzeren periodischen Anteile herausgefiltert.

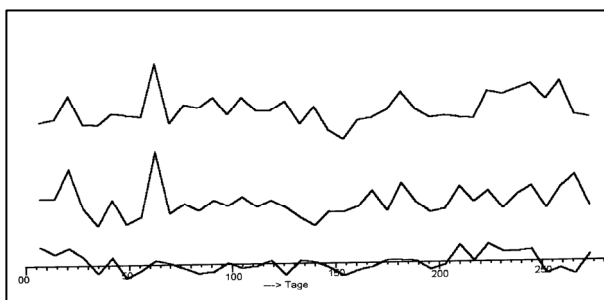


Abb. 86: Makroebene Summenbildung 7 Tage

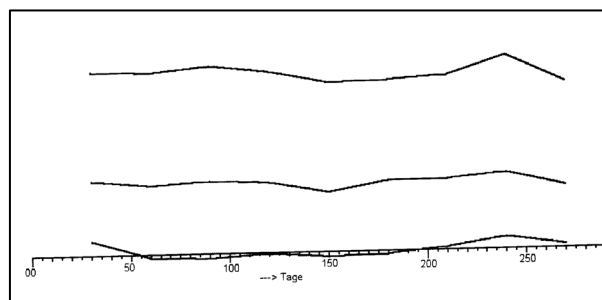


Abb. 87: Makroebene Summenbildung 30 Tage

Abb. 86 - 87: Vp4 ; Faktor 1 früh, Faktor 1 nach dem Training, Faktor 2 nach dem Training (von unten nach oben)

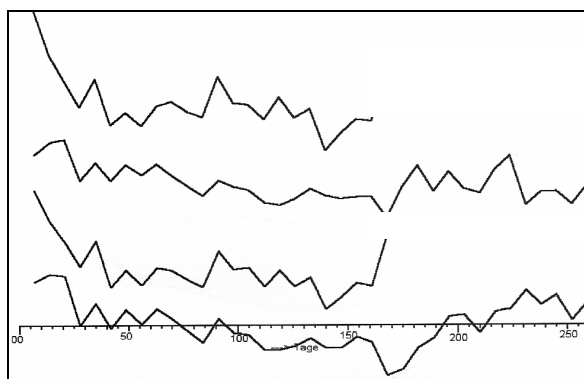


Abb. 88: Makroebene Summenbildung 7 Tage

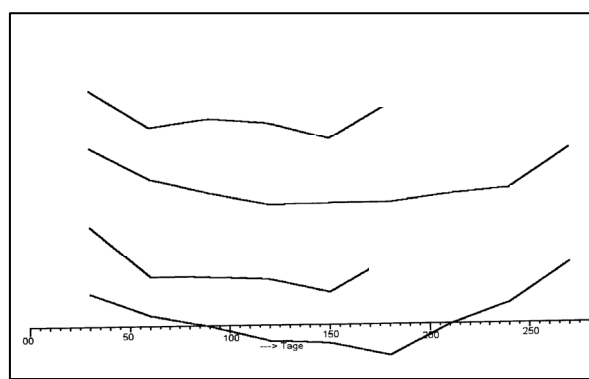


Abb. 89: Makroebene Summenbildung 30 Tage

Abb. 88 - 89: Vp5 ; Faktor 1 früh, Faktor 2 früh, Faktor 1 nach d. Training, Faktor 2 nach d. Training (von unten nach oben)

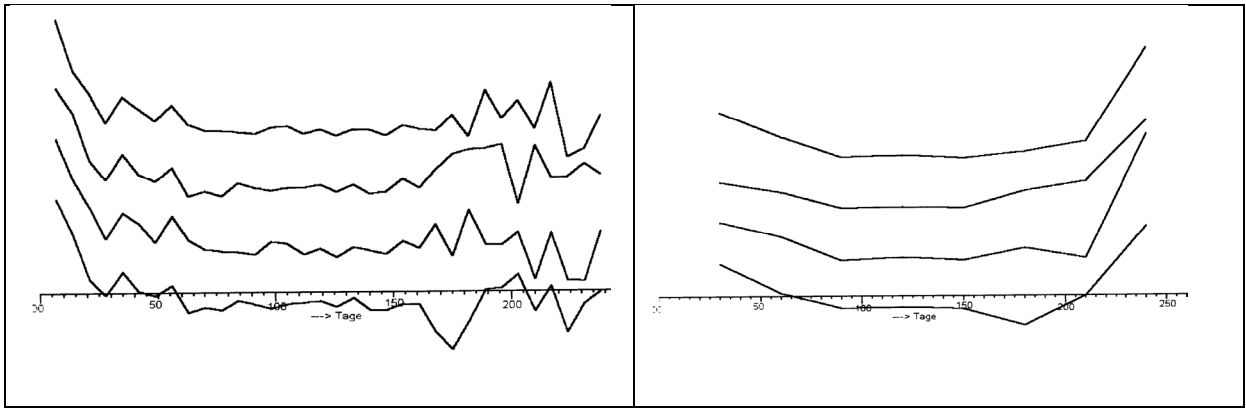


Abb. 90: Makroebene Summenbildung 7 Tage

Abb. 91: Makroebene Summenbildung 30 Tage

Abb. 90 - 91: Vp6 ; Faktor 1 früh, Faktor 2 früh, Faktor 1 nach d. Training, Faktor 2 nach d. Training (von unten nach oben)

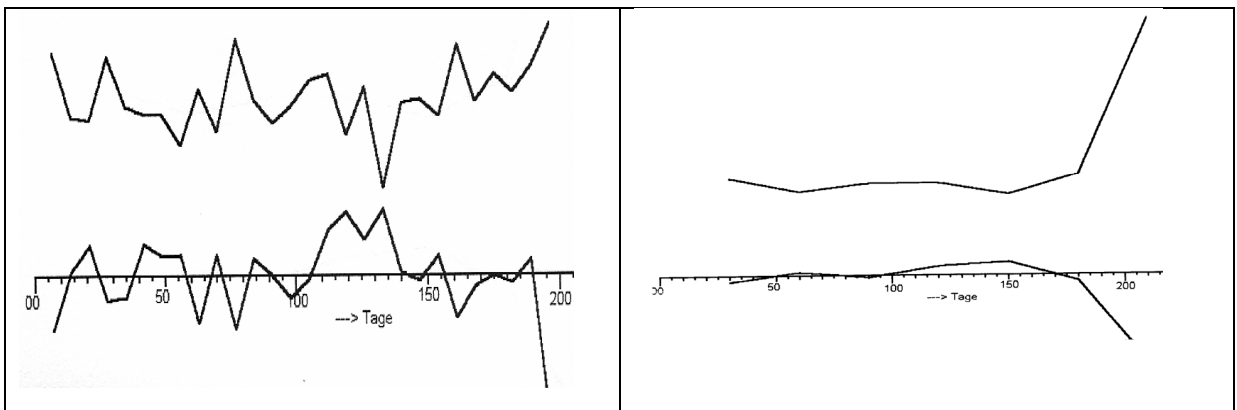


Abb. 92: Makroebene Summenbildung 7 Tage

Abb. 93: Makroebene Summenbildung 30 Tage

Abb. 92 - 93: Vp7; Faktor 1 früh und nach dem Training

Während Vp4 insgesamt auch auf der Makroebene ein Stimmungsgleichgewicht aufweist, häufen sich bei den anderen Sportlern Belastungen summativ zu Stimmungsverläufen an, die auch über einen längeren Zeitraum den Gleichgewichtszustand verlassen.

Dieser langfristige Verlauf lässt darauf schließen, dass das Niveau nicht konstant bleibt und Phasen zu unterscheiden sind, in denen grundsätzlich ein anderer Regulationsmechanismus abläuft (vgl. SCHMITZ , 1987, 214).

So sinken z.B. bei Vp5 früh nachhaltig positive Stimmungseinflüsse ab Tag 190, während bei Vp6 die gedrückte Stimmung kumulativ fällt. Bei Vp7 zeigt sich die gesundheitliche Besserung bis zu einem erneuten Rückschlag (ca. Tag 140). An der Schnittstelle zwischen den Perioden kann es dabei zu Ungenauigkeiten im Ergebnis

kommen, wenn - wie bei den gleitenden Durchschnitten - die Führungsvariable der Stimmung wechselt.

### 3.2.6 Regelmäßigkeiten

Um Regelmäßigkeiten im Belastungsgeschehen zu beschreiben, soll auch bei diesen Systemen die ACF errechnet werden.

Die visuelle Inspektion der Faktorzeitreihen sowie die Anwendung des U-root-Tests nach DICKEY in der tageweisen Betrachtung lässt auch bei diesen Zeitreihen in hohem Maße Stationarität vermuten. Für eine umfassende Beurteilung betrachten wir auch in diesen Fällen sowohl die ACF der Originalreihen als auch die der 1. Differenzen. Dadurch erhalten wir eine klarere Aussage hinsichtlich der Richtung der regelmäßigen Veränderung.

Die überzufälligen Autokorrelationen für Vp4 betragen für die einzelnen Faktoren bezogen auf die Trainingsperioden und Tageszeiten:

Tab.41: Autokorrelationen von Vp4 für verschiedene Tageszeiten und Trainingsperioden

<p><b>Faktor 1 früh Vorbereitungsperiode</b> Originaldaten: lag 1: 0,24 1. Differenz: lag 1: -0,44</p> <p><b>Faktor 1 früh Wettkampfperiode</b> Originaldaten: lag 3: 0,20 lag 7: 0,20 1. Differenz: lag 1: -0,49</p>	<p><b>Faktor 1 nach d. Tr. Vorbereitungsperiode</b> Originaldaten: lag 1: 0,32 1. Differenz: lag 1: -0,30</p> <p><b>Faktor 1 nach d. Tr. Wettkampfperiode</b> Originaldaten: lag 1: 0,14 lag 7: 0,18 1. Differenz: lag 1: -0,37 lag 7: 0,26</p> <p><b>Faktor 2 nach d. Tr. Vorbereitungsperiode:</b> Originaldaten: lag 1: 0,23 1. Differenz: lag 1: -0,38</p> <p><b>Faktor 2 nach d. Tr. Wettkampfperiode:</b> Originaldaten: lag 3 : 0,27 lag 7: 0,27 lag 14: 0,27 1. Differenz: lag 1 :-0,46 lag 3: 0,20 lag 7 :0,23 lag14: 0,14 (Periode 7)</p>
---	---

Ein ähnliches Bild ergibt sich für die ACF von Vp5.

Tab. 42: Autokorrelationen von Vp5 für verschiedene Tageszeiten und Trainingsperioden

<p><b>Faktor 1 früh Vorbereitungsperiode</b>  Originaldaten: lag 1: 0,47  1. Differenz: lag 1: -0,32</p> <p><b>Faktor 1 frühWettkampfperiode:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,32 lag 2: 0,23  1. Differenz: lag 1: -0,44 lag 12: -0,26  lag 3: 0,27 lag 4: 0,35  lag 5: 0,27 lag 6: 0,23</p> <p><b>Faktor 2 früh Vorbereitungsperiode:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,38 lag 2: 0,32  1. Differenz: lag 1: -0,38 lag 3: 0,21  lag 4: 0,19 lag 5: 0,24  lag 6: 0,22 lag 7: 0,25</p> <p><b>Faktor 2 früh Wettkampfperiode:</b>  entfällt</p>	<p><b>Faktor 1 nach d.Tr. Vorbereitungsperiode</b>  Originaldaten: lag 1: 0,46  1. Differenz: lag 1: -0,36</p> <p><b>Faktor 1 nach d. Tr. Wettkampfperiode:</b>  Originaldaten: lag 2: 0,16 lag 3: -0,23  1. Differenz: lag 1: -0,35 lag 11: -0,18</p> <p><b>Faktor 2 nach d.Tr. Vorbereitungsperiode:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,37  1. Differenz: lag 1: -0,37</p> <p><b>Faktor 2 nach d. Tr. Wettkampfperiode:</b> entfällt</p>
---	--

Tab. 43: Autokorrelationen von Vp6 für verschiedene Tageszeiten und Trainingsperioden

<p><b>Faktor 1 früh Vorbereitungsperiode:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,63  1. Differenz: lag 1: -0,46 lag 7: -0,20  lag 9: -0,21</p> <p><b>Faktor 1 frühWettkampfperiode:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,40 lag 2: 0,26  lag 3: 0,29  1. Differenz: lag 1: -0,40 lag 10: -0,22</p> <p><b>Faktor 2 früh Vorbereitungsperiode:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,65  1. Differenz: lag 1: -0,39 lag 3: 0,17</p> <p><b>Faktor 2 früh Wettkampfperiode:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,31 lag 2: 0,24  1. Differenz: lag 1: -0,46 lag 9: 0,19</p>	<p><b>Faktor 1 nach d.Tr. Vorbereitungsperiode:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,63  1. Differenz: lag 1: -0,47 lag 7: -0,22</p> <p><b>Faktor 1 nach d. Tr. Wettkampfperiode:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,48 lag 2: 0,44  lag 3: 0,29  1. Differenz: lag 1: -0,43</p> <p><b>Faktor 2 nach d.Tr. Vorbereitungsperiode:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,62  1. Differenz: lag 1: -0,42 lag 3: 0,18</p> <p><b>Faktor 2 nach d. Tr. Wettkampfperiode:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,39  1. Differenz: lag 1: -0,50 lag 4: -0,24  lag 5: 0,24</p>
--	---

Bei Vp6 fallen die im Gegensatz zu den anderen Probanden relativ hohen Autokorrelationen bei lag 1 der Originaldaten auf. Eine Erklärung könnte sein, dass das System dieses Athleten eine klarere, weniger von verschiedenen Einflüssen überlagerte Belastungsstruktur aufweist.

Tab. 44: Autokorrelationen von Vp7 für verschiedene Tageszeiten in der Vorbereitungsperiode (Wp entfällt)

<p><b>Faktor 1 früh. Vorbereitungsperiode :</b>          Originaldaten: lag 1: 0,17          1. Differenz: lag 1: -0,45</p>	<p><b>Faktor 1 n.d. Tr. Vorbereitungsperiode:</b>          Originaldaten: Zufall          1.Differenz: lag 1: -0,48 lag 7: 0,20</p>
---	---

Bei Vp7 erkennt man wieder deutlich bei lag 1 die negative Korrelation der 1. Differenz, während die Autokorrelationen der Originaldaten nur schwach ausgeprägt sind, bzw. im Zufallsbereich liegen.

Als Fazit kann festgehalten werden:

Neben einzelnen Beziehungen sowohl bei den Originaldaten als auch bei den 1. Differenzen, die zum einen nur relativ schwach korrelieren (eine Ausnahme bei Originaldaten von Vp6), fällt auch hier die Dominanz der Regelmäßigkeiten der Belastung bei lag 1 ins Auge (= Hypothese 4). Es bestätigt sich offensichtlich, dass sich das System in einer Art Näherungsverfahren, das KIRSCH (1976) auf dem Gebiet der ökonomischen Entscheidungstheorie als „Theorie des Durchwurstelns“ bezeichnet, selbst seinen Homöostasezustand schafft. Dieses Systemverhalten hat den Vorteil, dass man relativ schnell und flexibel auf unterschiedlichste Veränderungen reagieren kann, wenn man die entsprechenden Ordnungsparameter reguliert.

Um weitere Regelmäßigkeiten im Belastungs-/Regenerationsempfinden des Sportlers zu identifizieren, untersuchten wir die partiellen Autokorrelationen über die einzelnen Stimmungs- bzw. Belastungsfaktoren: Wie auf Seite 98 dargestellt, können durch Anwendung der PACF genauere Aussagen zur Dauer der Wirkung einer Belastung am Tag t bzw. den einsetzenden Regenerationsmechanismen gemacht werden, da durch die PACF der kumulative Einfluss dazwischen liegender dritter Belastungen an den Tagen t+1 etc. ausgeschaltet werden kann.

Tab. 45: Partielle Autokorrelationen von Vp4 für verschiedene Tageszeiten und Trainingsperioden

<p><b>Faktor 1 früh. Vorbereitungsperiode:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,24      lag 6: 0,16  1. Differenz: lag 1: -0,44      lag 2: -0,24                    lag 5: -0,31      lag 7: -0,22</p> <p><b>Faktor 1 früh. Wettkampfperiode:</b>  Originaldaten: lag 3: -0,19      lag 7: -0,19  1. Differenz: lag 1: -0,49      lag 2: -0,44</p> <p><b>Faktor 2 früh Vorbereitungsperiode:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,23  1. Differenz: lag 1: -0,38      lag 2: -0,37</p> <p><b>Faktor 2 früh Wettkampfperiode:</b>  Originaldaten: lag 3: 0,27      lag 7: 0,22                    lag 14: 0,18  (mögl. 7-Tages-Periodik)  1. Differenz: lag 1: -0,46      lag 2: -0,49                    lag 3: -0,24</p>	<p><b>Faktor 1 n.d. Tr. Vorbereitungsperiode:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,32      lag 7: -0,18  1. Differenz: lag 1: -0,30      lag 2: -0,34</p> <p><b>Faktor 1 n.d. Tr. Wettkampfperiode:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,14      lag 7: 0,20                    lag 14: 0,15</p> <p>1. Differenz: lag 1: -0,37      lag 2: -0,26                    lag 3: -0,35</p>
--	--

Tab. 46: Partielle Autokorrelationen von Vp5 für verschiedene Tageszeiten und Trainingsperioden

<p><b>Faktor 1 früh Vorbereitungsperiode:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,47      lag 2: 0,24  1. Differenz: lag 1: -0,32      lag 5: -0,14</p> <p><b>Faktor 1 früh Wettkampfperiode:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,32      lag 2: -0,15                    lag 3: 0,18      lag 4: 0,24  1. Differenz: lag 1: -0,44      lag 2: -0,34                    lag 3: -0,33      lag 4: -0,17</p> <p><b>Faktor 2 früh Vorbereitungsperiode:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,38      lag 2: 0,20  1. Differenz: lag 1: -0,38      lag 4: -0,18</p> <p><b>Faktor 2 früh Wettkampfperiode:</b>  entfällt</p>	<p><b>Faktor 1 n.d. Tr. Vorbereitungsperiode:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,46      lag 2: 0,26  1. Differenz: lag 1: -0,36      lag 5: -0,18</p> <p><b>Faktor 1 n.d. Tr. Wettkampfperiode:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,16      lag 3: -0,21</p> <p>1. Differenz: lag 1: -0,35      lag 2: -0,21                    lag 3: -0,30      lag 4: -0,28</p> <p><b>Faktor 2 nach d. Tr. Vorbereitungsperiode:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,37      lag 2: 0,22  1. Differenz: lag 1: -0,37      lag 4: -0,16</p> <p><b>Faktor 2 nach d. Tr. Wettkampfperiode:</b>  entfällt</p>
---	---



Tab. 47: Partielle Autokorrelationen von Vp6 für verschiedene Tageszeiten und Trainingsperioden

<p><b>Faktor 1 früh Vorbereitungsperiode:</b>            Originaldaten: lag 1: 0,63 lag 2: 0,31            1. Differenz: lag 1:-0,46 lag 2:-0,19                              lag 3:-0,28 lag 9:-0,22</p> <p><b>Faktor 1 früh Wettkampfperiode:</b>            Originaldaten: lag 1: 0,40 lag 3: 0,18            1.Differenz: lag 1:-0,40 lag 2:-0,35</p> <p><b>Faktor 2 früh Vorbereitungsperiode:</b>            Originaldaten: lag 1: 0,65 lag 2: 0,24                              lag 3: 0,24            1.Differenz: lag 1:-0,39 lag2: -0,34</p> <p><b>Faktor 2 früh Wettkampfperiode:</b>            Originaldaten: lag 1:0,31 lag 2: 0,16            1.Differenz: lag 1:-0,46 lag 2:-0,24                              lag3:-0,20</p>	<p><b>Faktor 1 n.d. Tr. Vorbereitungsperiode:</b>            Originaldaten: lag 1: 0,63 lag 2: 0,33            1. Differenz: lag 1:-0,47 lag 2:-0,19                              lag 3:-0,27 lag 9: -0,23</p> <p><b>Faktor 1 n.d. Tr.Wettkampfperiode:</b>            Originaldaten: lag 1: 0,48 lag 2: 0,27            1.Differenz: lag 1:-0,43 lag 3:-0,14</p> <p><b>Faktor 2 n. d. Tr. Vorbereitungsperiode:</b>            Originaldaten: lag 1:0,62 lag 2: 0,26                              lag 3:0,24            1. Differenz: lag 1:-0,42 lag 2:-0,34                              lag7:-0,20</p> <p><b>Faktor 2 n. d. Tr. Wettkampfperiode:</b>            Originaldaten: lag 1: 0,39 lag 2: 0,33            1. Differenz: lag 1:-0,50 lag 4: -0,27</p>
---	---

Tab. 48: Partielle Autokorrelationen von Vp7 für verschiedene Tageszeiten in der Vorbereitungsperiode (Wp entfällt)

<p><b>Faktor 1 früh Vorbereitungsperiode:</b>            Originaldaten: Zufall            1.Differenz: lag 1:-0,45 lag 2:-0,23                              lag 3:-0,29</p>	<p><b>Faktor 1 nach d.Tr. Vorbereitungsperiode:</b>            Originaldaten: Zufall            1.Differenz: lag 1:-0,48 lag 2:-0,31</p>
---	--

Es zeigt sich sowohl für den Zeitpunkt früh als auch nach dem Training, dass die größten Regelmäßigkeiten bei lag 1 auftreten, analog den Autokorrelationen. Es fällt außerdem auf, dass insbesondere bei der 1. Differenz der PACF bei weiteren lags überzufällige Korrelationen erscheinen. Da diese über den ersten lag hinaus in ihrer Höhe nicht ganz niedrig sind, bietet sich Erklärungsspielraum dahingehend, dass Belastungen länger als einen Tag nachwirken und das Gesamtsystem Sportler/Training sehr komplex hinsichtlich der Trainingswirkungen ist. Der genaue Verlauf verliert sich bei niederen lags weniger schnell in seiner Regelmäßigkeit und Aussagekraft (Höhen der Korrelationen) als im Ausdauerbereich, was bei aller Vorsicht in der Interpretation mit der Komplexität des Systems in Zusammenhang stehen könnte. Differenzierte Analysen hinsichtlich Trainingswirkung und Trainingsart, -intensität und -umfang wären auch hier angebracht (vgl. S. 169ff.).

### 3.2.7 Wirkungsgefüge

Wir versuchen auch bei diesen Sportlern ein Wirkungsgefüge zu identifizieren, bei dem die Entwicklung von Stimmungsfaktoren Leistungsindikatoren voraus geht (= Hypothese 5). Wir korrelieren daher die noch von Tageseinflüssen unbelastete Stimmung früh mit den Schrittleistungen zu unterschiedlichen Tageszeiten.

Zusammenhänge finden sich auch hier. Die Korrelationen, obwohl überzufällig, sind allerdings wie schon im Ausdauerbereich sehr niedrig und für die Festlegung von Regelmäßigkeiten im Sinne eines Wirkungsgefüges zumindest sehr kritisch zu hinterfragen. Vielmehr unterstreicht auch dieses Ergebnis die Möglichkeit, dass wir es mit einem komplexen System mit einer Vielzahl unterschiedlicher Trainingsarten, -intensitäten, -umfänge etc. zu tun haben, bei dem keine gesetzmäßigen Regelmäßigkeiten offensichtlich sind.

In der folgenden Tabelle sind die überzufälligen Kreuzkorrelationen der 1. Differenzen für Vp4 zusammengestellt, jeweils zwischen dem Stimmungsfaktor früh und den Schritten zu den verschiedenen Tageszeiten. Faktor 2 ist bei diesem Probanden nicht vorhanden.

Tab. 49: Kreuzkorrelationen der 1. Differenzen des Faktors 1 früh und der Schritte von Vp4

<b>Vorbereitungsperiode (n = 128)</b>	<b>Wettkampfperiode (n = 140)</b>
<b>Faktor 1 früh und Schritte früh:</b> lag -1:-0,14    lag -2:-0,23 lag -8: 0,25	<b>Faktor 1 früh und Schritte früh:</b> lag -1: -0,14    lag -2 : 0,17 lag -7: -0,19    lag -10:-0,15
<b>Faktor 1 früh und Schritte vor dem Tr.:</b> Zufall	<b>Faktor 1 früh und Schritte vor dem Tr.:</b> lag 0:-0,26    lag-2: 0,14
<b>Faktor 1 früh und Schritte nach dem Tr.1:</b> lag 0: 0,18	<b>Faktor 1 früh und Schritte nach dem Tr.:</b> lag 0: -0

Die folgenden Tabellen listen die Kreuzkorrelationen zwischen den Stimmungsfaktoren früh und den Schritten bei Vp5 auf. Auch hier zeigen sich nur schwach überzufällige Werte.

Tab. 50: Kreuzkorrelationen der 1. Differenzen des Faktors 1 früh und der Schritte von Vp5

Vorbereitungsperiode (n=160)	Wettkampfperiode (n=132)
<b>Faktor 1 früh Schritte früh:</b> Zufall	<b>Faktor 1 früh und Schritte früh:</b> lag -9: 0,25    lag -10: -0,26
<b>Faktor 1 früh und Schritte vor dem Tr.:</b> lag 0:-0,21    lag -1: 0,24 lag -2:-0,14    lag -7: -0,14	<b>Faktor 1 früh und Schritte vor dem Tr.:</b> lag -4 : 0,19
<b>Faktor 1 früh und Schritte nach dem Tr.:</b> lag 0: -0,25    lag -1: 0,32 lag -10: 0,23	<b>Faktor 1 früh und Schritte nach dem Tr.:</b> lag -10: 0,16

Bei diesen Kreuzkorrelationen entfällt durch die Systemstruktur von Vp5 der Faktor 2 in der Wettkampfperiode. Berücksichtigt werden wieder nur Zusammenhänge bzgl. der Fragestellung: Wenn heute F1 steigt/fällt, dann steigen/fallen in t Tagen die Schritte.

Tab. 51: Kreuzkorrelationen der 1. Differenzen des Faktors 2 früh und der Schritte von Vp5

Vorbereitungsperiode (n = 160)
<b>Faktor 2 früh Schritte früh:</b> lag -9: 0,15
<b>Faktor 2 früh Schritte vor dem Tr.:</b> lag -9: 0,15
<b>Faktor 2 früh Schritte nach dem Tr.:</b> lag 0:-0,15    lag -1: 0,19 lag -2: 0,16    lag -9:-0,22 lag -10:0,17

Auch bei Vp6 werden nur Korrelationen berücksichtigt, die ausgehend von der Stimmung einen Zusammenhang zur Schrittfrequenz berücksichtigen.

Tab. 52: Kreuzkorrelationen der 1. Differenzen des Faktors 1 früh und der Schritte von Vp6

Vorbereitungsperiode (n = 166)	Wettkampfperiode (n = 166)
<b>Faktor 1 früh und Schritte früh:</b> lag 0: -0,28	<b>Faktor 1 früh und Schritte früh:</b> lag -2: 0,26
<b>Faktor 1 früh und Schritte vor dem Tr.:</b> lag 0: -0,30	<b>Faktor 1 früh und Schritte vor dem Tr.:</b> lag -2: 0,23
<b>Faktor 1 früh und Schritte nach dem Tr.:</b> lag 0: -0,29    lag -5: -0,15	<b>Faktor 1 früh und Schritte nach dem Tr.:</b> Zufall

Tab. 53: Kreuzkorrelationen der 1. Differenzen des Faktors 2 früh und der Schritte von Vp6

Vorbereitungsperiode (n = 166)	Wettkampfperiode (n = 166)
<b>Faktor 2 früh und Schritte früh:</b> lag 0: -0,21    lag -5: 0,19 lag 6: -0,16	<b>Faktor 2 früh und Schritte früh:</b> Zufall
<b>Faktor 2 früh und Schritte vor dem Tr.:</b> lag -6: -0,16	<b>Faktor 2 früh und Schritte vor dem Tr.:</b> Zufall
<b>Faktor 2 früh und Schritte nach dem Tr.:</b> Lag -4: 0,16	<b>Faktor 2 früh und Schritte nach dem Tr.:</b> lag -6: 0,28    lag -7: -0,28

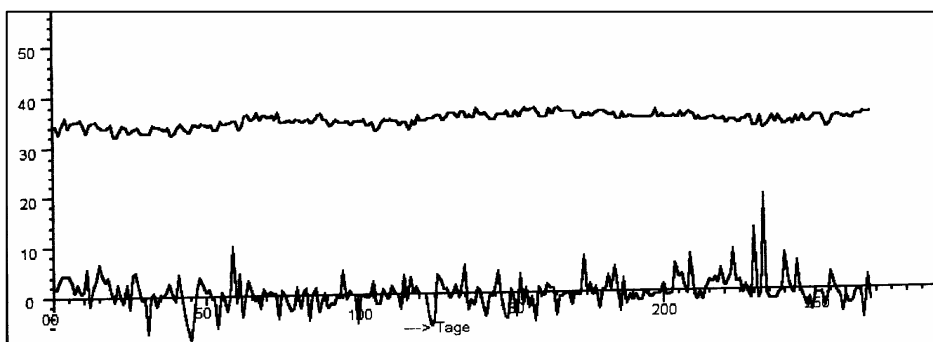


Abb.94: F1 früh und Schritte früh von Vp4 (von unten, versetzte Darstellung)

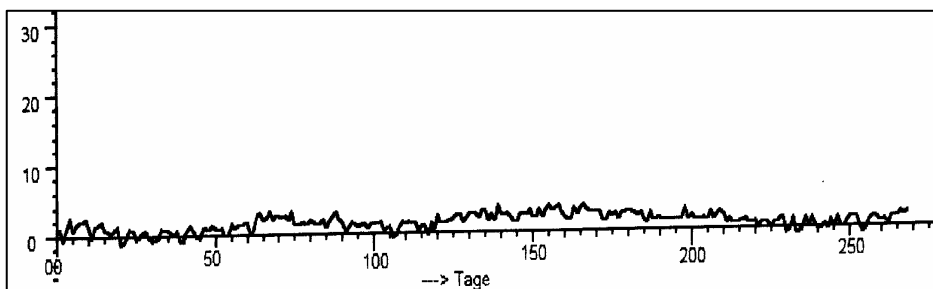


Abb. 95: Schritte früh von Vp4 (verschobene Darstellung, um Erhöhung der Schritte ab Tag 120 deutlich hervorzuheben)

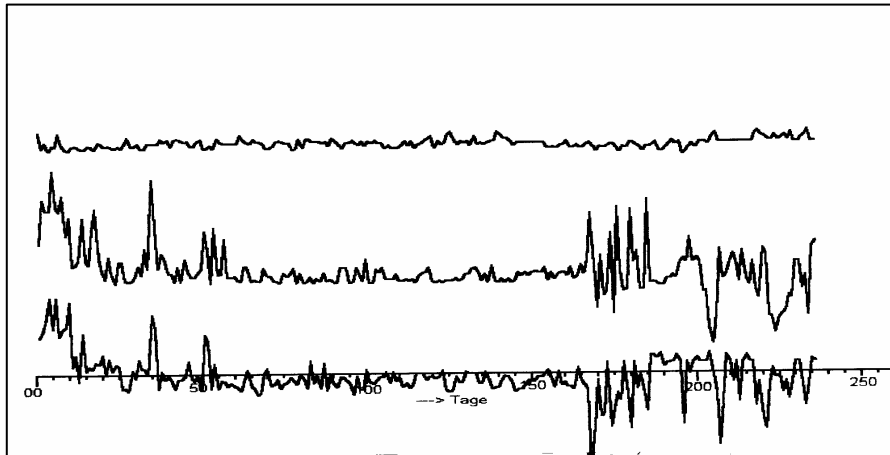


Abb. 96: Faktor 1 früh, Faktor 2 früh, Schritte früh von Vp6 (von unten, versetzte Darstellung)

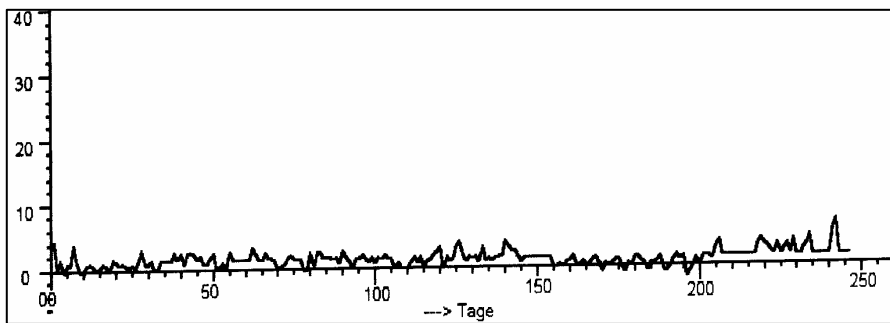


Abb. 97: Schrittentwicklung von Vp 6 früh (verschobene Darstellung)

Auffallend ist, dass die Schrittentwicklung im Bereich Sprint einer viel differenzierteren Analyse bedarf, da die Skippings kaum Abweichungen vom Mittelwert (z. B. bei Vp6  $\sigma = 3,28$ ) und praktisch keinen Trend aufweisen (vgl. Abb. 94 - 97). Bei genauer Betrachtung erkennt man aber auch hier Schrittmaxima zu Zeiten positiver Leistungen.

Da Vp7 verletzungsbedingt nur unregelmäßig Schritte erheben konnte, war es nicht möglich Kreuzkorrelationen mit Schritten zu bilden.

Eine andere Größe, die nach der Synergetik als Ordnungsparameter fungieren könnte, da sie das Gesamt an psychischen und physischen Belastungen in sich vereint, sind die Pulse bzw. die Pulsdifferenzen nach dem vorne beschriebenen Verfahren.

Bei Vp4 erhält man für den Differenzpuls morgens folgende Autokorrelationen (1.Differenz):

lag 1: -0,47 lag 6: -0,24 lag 7: 0,22 (Vorbereitungsperiode)

lag 1: -0,43 (Wettkampfperiode)

Somit spiegelt sich die Selbstregulierung durch abwechselnde Belastung von einem Tag zum anderen auch in diesem Parameter wieder. Auch bei den PACF (1. Differenz), die ein differenzierteres Bild vermitteln, zeigt sich dieser Effekt. Es ergeben sich folgende Werte bei Vp4:

lag 1: -0,47 lag 2: -0,30 lag 3: -0,19 (Vorbereitungsperiode)

lag 1: -0,43 lag 2: -0,36 lag 3: -0,28 lag 4: -0,22 lag 6: -0,25 (Wettkampfperiode)

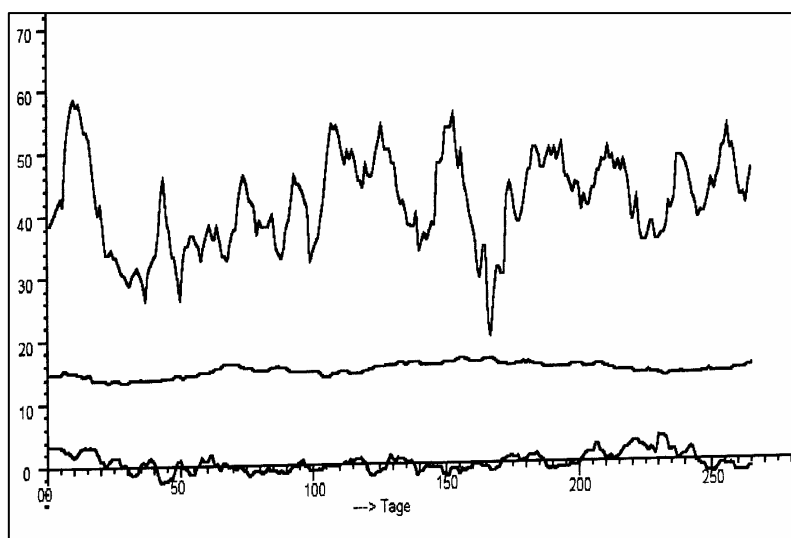


Abb. 98: 7-Tage-Gleitmittelwert (von unten) Faktor 1 früh, Schritte früh, Pulsdifferenz (früh stehend minus früh liegend) von Vp4 (versetzte Darstellung)

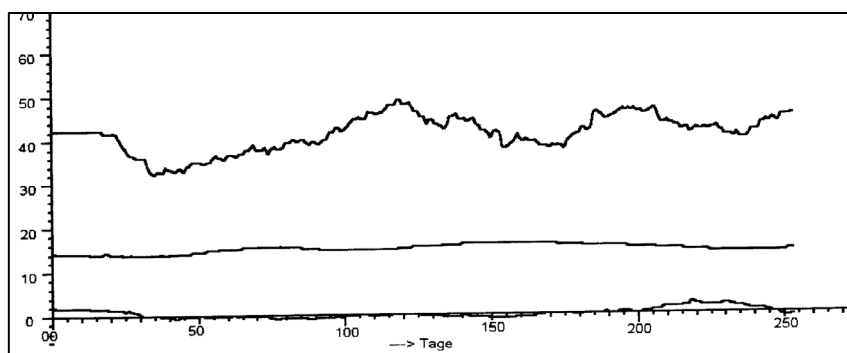


Abb. 99: 31-Tage-Gleitmittelwert (von unten) Faktor 1 früh, Schritte früh, Pulsdifferenz (früh stehend minus früh liegend) von Vp4 (versetzte Darstellung)

Es gibt Hinweise, dass der Differenzpuls auch im Sprint durchaus ein brauchbarer Indikator der Formfindung des Athleten ist. So befindet sich diese Größe sowohl bei den ersten guten Ergebnissen der Wettkampfperiode als auch bei der DLV Meisterschaft in einem Tal.

Die Kreuzkorrelationen zwischen den 1. Differenzen der Schritte früh und dem Differenzpuls früh liefern jedoch nur schwach überzufällige Aussagen zum Vorseilen des Pulses vor der Schrittfrequenz in der Vorbereitungsperiode

( lag -3: -0,18 lag -6: 0,16 lag -7: -0,18).

Auch in der Wettkampfperiode finden sich nur schwach überzufällige Korrelationen ( lag -4 = 0,19 lag -6 = -0,29 lag -7 = 0,27 lag -9 = -0,15).

Ein ähnliches Bild ergibt sich für die Kreuzkorrelationen zwischen der Pulsdifferenz früh und den Schritten bei Vp4:

Vor dem Training:

lag 0 = 0,25 lag -4 = 0,24 (Vorbereitungsperiode)

lag 0 = 0,14 lag -2 = -0,16 lag -7 = 0,19 (Wettkampfperiode)

Nach dem Training:

lag -4 = 0,23 lag -6 = -0,22 lag -7 = 0,19 (Vorbereitungsperiode)

lag -2 = -0,18 (Wettkampfperiode)

Bei der Flimmerverschmelzungsfrequenz konnte bei Vp4 nur ein Teil der Vorbereitungsperiode erfasst werden (Tag 50 bis 100), da die Geräte verspätet gefertigt wurden. Es können somit nur ca. 50 Werte in die Untersuchung eingehen, was uns für eine Zeitreihenanalyse nicht ausreicht. In der Wettkampfperiode liegen die Werte der Kreuzkorrelationen der Flimmerverschmelzungsfrequenz früh und Schritte früh bei lag -7 = 0,42 und lag -8 = -0,29. Die Korrelationen zwischen der FVF vor dem Training und den Schritten vor dem Training sind im Zufallsbereich.

Die ACF für die FVF früh bei Vp4 liegt bei lag 1 bei -0,58 und vor dem Training für lag 1 bei -0,58. Die PACF ergibt früh bei lag 1 einen Wert von -0,58 und vor dem Training für lag 1 = -0,56 und für lag 3 = -0,26. Auch hier bestätigen die ACF und PACF bei lag 1 die wechselnde Belastung von einem Tag zum anderen.

Im Gegensatz zu den anderen Sportlern reagiert die FVF bei Vp4 durchaus empfindlich (vgl. Abb. 99). Die Zeitreihe ist aber zu kurz, um Wirkungsgefüge identifizieren zu können.

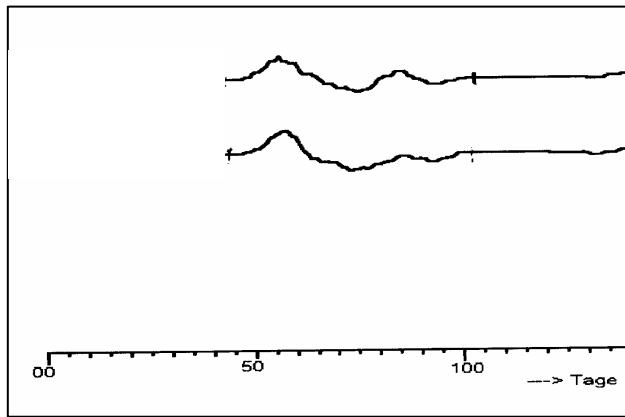


Abb. 100: FVF Vp4 früh und v.d. Tr. (7-Tage-Gleitmittelwert, von unten, versetzte Darstellung)

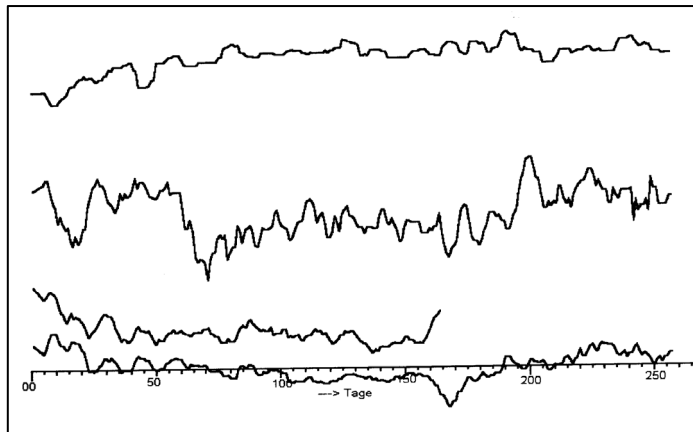


Abb. 101: 7-Tage-Gleitmittelwert Faktor 1 früh, Faktor 2 früh, Pulsdifferenz (früh stehend minus früh liegend), Schritte früh von Vp5 (von unten, versetzte Darstellung)

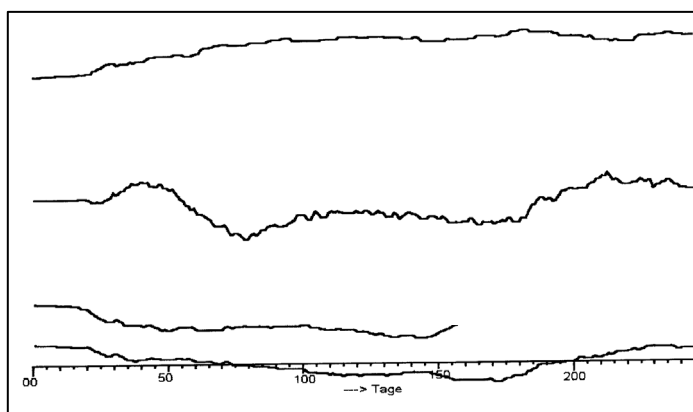


Abb. 102: 31-Tage-Gleitmittelwert Faktor 1 früh, Faktor 2 früh, Pulsdifferenz (früh stehend minus früh liegend), Schritte früh von Vp5 (von unten, versetzte Darstellung)



Bei Vp5 zeigt sich im Wesentlichen ein ähnliches Bild. Für den Differenzpuls früh ergibt sich bei lag 1 in der Vorbereitungsperiode ein ACF von -0,52 und in der Wettkampfperiode von -0,47. Die PACF ergeben folgende Werte:

lag 1: -0,52 lag 2: -0,30 lag 3: -0,19 lag 4: -0,26 (Vorbereitungsperiode)  
 lag 1: -0,47 lag 2: -0,31 lag 3: -0,19 lag 5: -0,22 (Wettkampfperiode)

Auch bei diesem Sportler ergeben sich keine deutlichen Korrelationen zwischen dem Differenzpuls früh und den Schritten zu den verschiedenen Tageszeiten. In der Tabelle unten sind die überzufälligen Werte aufgelistet, die jedoch durchwegs sehr klein sind, und daher darauf hinweisen, dass die Größen kaum korreliert sind.

Tab. 54: Kreuzkorrelationen der 1. Differenzen des Differenzpulses früh und der Schritte von Vp5

Vorbereitungsperiode (n = 160)	Wettkampfperiode (n = 136)
<b>Differenzpuls früh und Schritte früh:</b> lag -8: -0,16 lag -9: 0,17	<b>Differenzpuls früh und Schritte früh:</b> lag -7: 0,25
<b>Differenzpuls früh und Schritte vor d. Tr.:</b> lag -7: -0,15	<b>Differenzpuls früh und Schritte vor d. Tr.:</b> lag 0: -0,18 lag -1: 0,17 lag -5: 0,19 lag -9: 0,17 lag -10: -0,14
<b>Differenzpuls früh und Schritte nach d. Tr.:</b> Zufall	<b>Differenzpuls früh und Schritte nach d. Tr.:</b> lag -5: 0,27 lag -9: 0,23 lag -10: -0,18

Bei diesem Athleten erkennen wir, dass die Leistungsentwicklung nicht optimal ist. Nach Erreichen der ersten Form zum Zeitpunkt der Hallenlandesmeisterschaften war nur noch eine geringe Zunahme an Schritten und der Puls fällt nicht weiter, sondern bleibt auf einem niedrigen Niveau. Der Puls steigt und die Schritte fallen nach Abbruch der Saison (vgl. Abb. 100-101).

Auch bei diesem Probanden existieren in der Wettkampfperiode zur Flimmerfrequenz zu wenig Werte für eine sinnvolle Analyse, so dass auch hier nur die Vorbereitungsperiode (n = 75) betrachtet wird. Dabei ergeben sich folgende Werte für Vp5:

ACF der FVF früh:

lag 1: -0,49 lag 8: -0,28

PACF der Flimmerfrequenz früh:

lag 1: -0,49 lag 2: -0,46 lag 3: -0,28 lag 5: -0,33 lag 6: -0,23

ACF FVF vor dem Training:

lag 1: -0,23 lag 2: -0,26

PACF Flimmerfrequenz vor dem Training:

lag 1:-0,23 lag 2: -0,33 lag 4:-0,26

Kreuzkorrelation FVF früh und Schritte früh:

lag -5: 0,26

Kreuzkorrelation FVF vor dem Training und Schritte vor dem Training:

Zufall

Die Zusammenhänge erscheinen für ein Wirkungsgefüge zu schwach bzw. unterliegen dem Zufall. Auch aus dem Verlauf der Gleitmittelwerte lassen sich keine brauchbaren Hinweise für den Einsatz der FVF zur Trainingssteuerung finden.

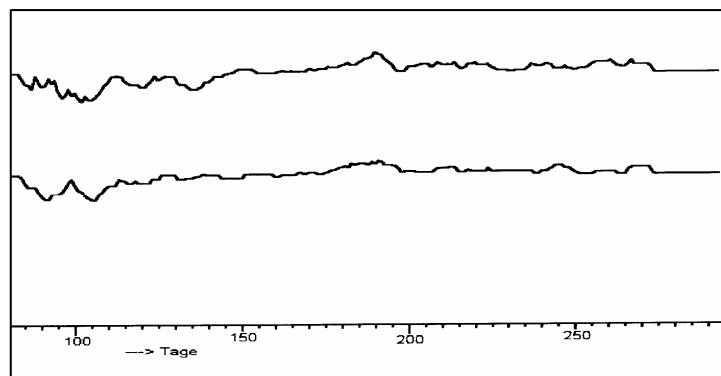


Abb. 103: FVF von Vp5 früh und v.dem Training (von unten, versetzte Darstellung)

Untersucht man den Morgenpuls als Differenz liegend/stehend ergibt sich bei Vp6 für die ACF der Pulsdifferenz früh in der Vorbereitungsperiode (n = 166) ein Wert von -0,43 bei lag 1 und 0,18 bei lag 3 und in der Wettkampfperiode (n = 67) ein überzufälliger Zusammenhang der ACF von -0,53 bei lag 1 und von 0,19 bei lag 7.

Die PACF der Pulsdifferenzen morgens sind:

lag 1: -0,43 lag 2: -0,41 lag 4: -0,17 lag 5: -0,28 lag 6:-0,32 (Vorbereitungsperiode)

lag 1: -0,53 lag 6:-0,31 (Wettkampfperiode)

Die Kreuzkorrelationen zwischen den Pulsdifferenzen früh und Schritten früh ergaben bei Vp6 in der Vorbereitungsperiode bei lag -4 den Wert 0,15 und zwischen den Pulsdifferenzen früh und Schritte vor dem Training nur bei lag -2 einen überzufälligen Wert von 0,23. Die Korrelationen der Pulsdifferenzen und der Schritte nach dem Training liegen alle nur im zufälligen Bereich.

In der Wettkampfperiode ergeben die Kreuzkorrelationen nur bei den Pulsdifferenzen früh und den Schritten nach dem Training überzufällige Werte bei lag 0 von 0,24 und lag -2 von 0,23.

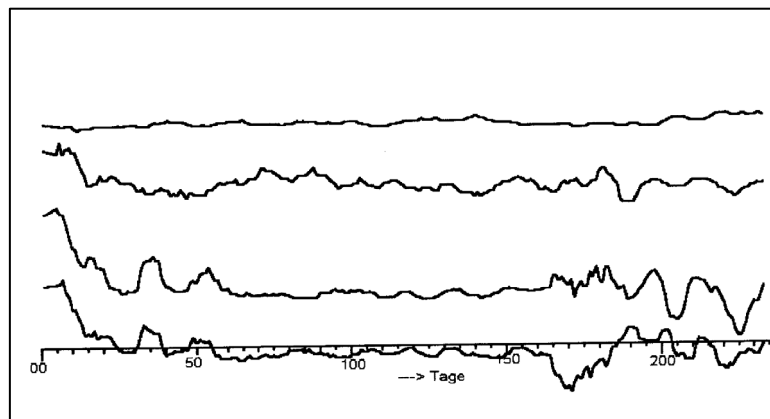


Abb. 104: 7-Tage-Gleitmittelwert von unten Faktor 1 früh, Faktor 2 früh, Pulsdifferenz (früh stehend minus früh liegend), Schritte früh von Vp6 (von unten, versetzte Darstellung)

Wirkungsgefüge sind auch bei diesem Sportler nicht erkennbar. Sowohl die Schritte als auch die Pulsdifferenzen lassen weder im 7-Tage- noch im 31-Tage-Gleitmittel klare Ansätze zur Formanalyse eines Athleten erkennen.

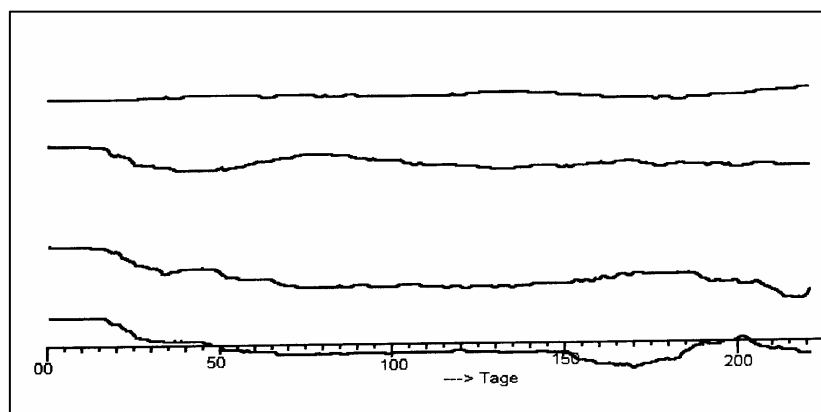


Abb. 105: 31-Tage-Gleitmittelwert von unten Faktor 1 früh, Faktor 2 früh, Pulsdifferenz (früh stehend minus früh liegend), Schritte früh von Vp6 (von unten, versetzte Darstellung)

Für Vp7 liegen wegen des vorzeitigen Abbruchs der Saison insgesamt zu wenig Daten vor, um eine sinnvolle Analyse zu gewährleisten.

### 3.2.8 Modellcharakter

Die Ergebnisse im Sprint sind ähnlich unregelmäßig wie bei den Ausdauersportlern. Dies interpretieren wir ebenso als einen eventuellen Hinweis auf eine komplexe Dynamik der Systeme. Wir möchten deshalb auch bei den Sprintern den Versuch unternehmen, die den Systemen möglicherweise zugrunde liegenden Modelltypen einzugrenzen (= Hypothese 6). Dazu verwenden wir wieder die Methodik des Bootstrapping sowie die Vorhersagemethode nach SUGIHARA und MAY als dynamische Prüfgröße. Als Zeitverzögerungskonstante kommt gemäß der Faustregel für  $\tau$  derjenige lag zur Anwendung, bei dem die Autokorrelationsfunktion ihr erstes Minimum aufweist. Auf der Basis der Vorhersagegüten wurden für die Zeitreihen der Vorbereitungsperiode und der Wettkampfperiode die Nullhypothesen Zufall und Linearität geprüft. Dabei wurden N=50 Surrogatdatensätze verwendet. Die Testergebnisse sind in Tab. 55 und Tab. 56 zusammengefasst.

Tab. 55: Ergebnisse der Modellanalyse-Vorbereitungsperiode (auf der Basis zugehöriger Signifikanztests)

	Faktor	$\tau$	m	max.Vorhersagegüte	Nullhypothese1	Nullhypothese2	$\lambda$	Modell
<b>Vp4</b>	1	3	2	0,134	0,330	0,243	-	Zufall linear
<b>Vp5</b>	1	5	3	0,216	1,420	0,319	-	Zufall linear
	2	3	1	0,195	1,068	0,293	-	Zufall linear
<b>Vp6</b>	1	9	4	0,112	0,143	1,815	-	Zufall linear
	2	11	3	0,166	1,055	1,958	-	Zufall?
<b>Vp7</b>	1	3	2	0,182	1,536	1,397	-	Zufall linear

Legende:  $\tau$ : Zeitverzögerungskonstante, m: Einbettungsdimension, Vorhersagegüte: Grad der Vorhersagbarkeit, Nullhypothese1: Zufalls-Effektmaß, Nullhypothese 2: Linearitätseffektmaß,  $\lambda$ : Wert des größten Lyapunov-Exponenten

Tab. 56: Ergebnisse der Modellanalyse-Wettkampfperiode (auf der Basis zugehöriger Signifikanztests)

	Faktor	$\tau$	m	max. Vorhersagegüte	Nullhypothese 1	Nullhypothese 2	$\lambda$	Modell
<b>Vp4</b>	1	1	2	0,303	2,91	2,81	0,37	Chaos
<b>Vp5</b>	1	2	1	0,059	0,548	0,999	-	Zufall linear
<b>Vp6</b>	1	2	3	0,294	2,06	0,80		linear
	2	5	2	0,486	3,14	1,92		linear?

Legende:  $\tau$ : Zeitverzögerungskonstante, m: Einbettungsdimension, Vorhersagegüte: Grad der Vorhersagbarkeit, Nullhypothese 1 : Zufalls-Effektmaß, Nullhypothese 2: Linearitätseffektmaß,  $\lambda$ : Wert des größten Lyapunov-Exponenten

Auffallend bei der Systemdetektion der Sprinter ist, dass neben nicht aufgedeckten dynamischen Strukturen in allen Fällen der Zufall, aber auch lineares Systemverhalten in der Vorbereitungsperiode nicht ausgeschlossen werden kann. Bei Faktor 2 von Vp6 wird der t-Wert von 2 (= Signifikanzschwelle) nur knapp unterschritten, so dass in diesem Fall die Ablehnung der Nullhypothese 2 und somit der Linearität zumindest ins Auge gefasst werden kann.

Die Wettkampfperiode hat offensichtlich bei allen Athleten eine geordnetere Struktur. Der Zufall kann bis auf F1 bei Vp5 in allen Fällen ausgeschlossen werden. Bei aller Vorsicht in der Aussage kommt bei Ablehnung beider Nullhypothesen und einem Lyapunov-Exponenten  $\lambda$  in Höhe von 0,37 bei Vp4 Faktor 1 deterministisches Chaos durchaus in Frage. Bei einem t-Wert von 1,92 im Rahmen des Signifikanztests für Nullhypothese 2 bei Vp6 Faktor 2 kann u.M. auch deterministisches Chaos als Systemstruktur nicht von vornherein ausgeklammert werden. Da der t-Wert aber unterhalb des kritischen Wertes von 2 bleibt, verzichteten wir in diesem Fall auf die Bestimmung von  $\lambda$ .

### 3.2.9 Zusammenfassung und Vergleich Sprint

Auch die zunächst sehr komplexen ursprünglichen Prozessgestalten der Systeme der Sprinter konnten durch die Faktorenanalyse reduziert werden.

Nachfolgende Tabelle veranschaulicht nochmals zusammenfassend die Bewegung in den Sportlersystemen unter Angabe der Leadvariablen:

Tab. 57: Überblick über die Systemdynamik der Faktoren F1 und F2 von Vp4, Vp5, Vp6 und Vp7

Sp	Vp						Wp					
	F1f	F2f	F1v	F2v	F1n	F2n	F1f	F2f	F1v	F2v	F1n	F2n
<b>Vp4</b>	p	-	q	-	r	c	d	-	q	n	r	o
<b>Vp5</b>	p	m	q	-	r	c	j	-	k	-	r	-
<b>Vp6</b>	a	p	b	k	f	l	d	p	n	k	l	c
<b>Vp7</b>	j	-	k	-	f	-	-	-	-	-	-	-

Legende: früh: f, vor dem Training: v, nach dem Training: n;  
**a, b, c:** Müdigkeit; **d, e, f:** gedrückte Stimmung; **g, h, i:** Missstimmung; j, k, l:  
gehobene Stimmung; **m, n, o:** Trägheit; p, q, r: ausgelassene Stimmung

Weitere Strukturvergleiche sind auch hier nicht möglich, da sich diese Systeme wie bei den Ausdauersportlern in ihren Strukturen sowohl hinsichtlich Dimensionalität als auch im Verlauf und insbesondere in Bezug auf die Anzahl und Gewichtung der an einem Faktor beteiligten Variablen zum Teil erheblich voneinander unterscheiden.

Es konnte jedoch durch visuelle Inspektion festgestellt werden, dass zumindest für den Faktor 1 mit dem höheren Varianzanteil zum Zeitpunkt früh eindeutig die Tendenz zur Gleichgewichtsfindung besteht, bzw. bei einem Sprinter, der dieses Gleichgewicht langfristig verlassen hatte, tatsächlich sportliche Probleme auftraten.

Beim Versuch Regelmäßigkeiten im Systemverhalten aufzudecken, konnten wir auch hier feststellen, dass sich eine eindeutige entgegengesetzte Belastungsstruktur von einem Tag zum anderen zeigt. Weitere - wenn auch überzufällige - Korrelationen liegen doch recht nahe bei Null und deuten eher auf keinen Zusammenhang bzw. auf die Komplexität der Systeme hin.

Bei der Detektion von Wirkungsgefügen hatten wir auch hier nur schwach korrelierte Zusammenhänge ausmachen können. Wir konnten aber sehr gut feststellen, dass

steigende Schrittfrequenz und sinkende Pulsdifferenz im langfristigen Verlauf sehr wohl auf die Entwicklung einer Form hinweisen können. Sehr sorgfältig muss dabei die Entwicklung der Schrittfrequenz beobachtet werden, da diese wider Erwarten weitaus geringere Schwankungen aufweist als diejenige der Ausdauersportler.

Weniger erfolgversprechend erschien uns auch hier der weitere Einsatz der Flimmererschmelzungsfrequenz.

Wir versuchten wiederum einzugrenzen, um welche Systeme es sich handeln könnte.

Das Ergebnis veranschaulicht die nachfolgende Tabelle:

Tab. 58: Mögliche Modellierungen der Belastungsverläufe von Vp4, Vp5, Vp6 und Vp7

	Vp						Wp					
	Faktor	max. Vorhersagegüte	Nullhypothese 1	Nullhypothese 2	$\lambda$	Modell	Faktor	max. Vorhersagegüte	Nullhypothese 1	Nullhypothese 2	$\lambda$	Modell
<b>Vp4</b>	1	0,134	0,330	0,243	-	Zufall linear	1	0,303	2,91	2,81	0,37	Chaos
<b>Vp5</b>	1	0,216	1,42	0,319		Zufall linear	1	0,059	0,54	0,99		Zufall linear
	2	0,195	1,068	0,293		Zufall linear						
<b>Vp6</b>	1	0,112	0,143	1,815		Zufall linear	1	0,294	2,06	0,80		linear
	2	0,166	1,055	1,958		Zufall ?	2	0,486	3,14	1,92		linear
<b>Vp7</b>	1	0,182	1,53	1,39		Zufall linear						

### 3.3 Ultra - Lauf

#### 3.3.1 Eckpunkte des Trainingsjahres

Die Vorbereitung des Athleten ist durch sehr umfangbetontes Training gekennzeichnet. So absolviert die Vp häufig schon vor dem Frühstück einen vollständigen Marathonlauf. Die Jahresplanung ist ausgerichtet auf drei extreme Events. Zum ersten möchte er gegen die Weltspitze im 48-Stunden-Lauf bestehen. Absoluter Saisonhöhepunkt ist dann die Deutschlanddurchquerung in einer Woche vom tiefsten Punkt Deutschlands zum höchsten Punkt (Zugspitze). Dieses Projekt des Profiläufers wird auch von einem entsprechenden Medienspektakel begleitet sein. Kurz darauf findet auch noch die Bahn-WM im 48-Stunden-Lauf in Verona statt. Neben der Teilnahme an verschiedenen Vorbereitungsrennen und sportlichen PR-Events stehen noch die Deutschen Straßenmeisterschaften auf dem Programm.

Das Hauptproblem bei der Trainingsplanung wird sein, dass die Regenerationszeit zwischen dem Deutschlandlauf und der WM sehr kurz ist.

Der Athlet nahm an 315 Tagen mit 281 Trainings- bzw. Wettkampftagen an der Untersuchung teil. Dies entspricht einer durchschnittlichen Trainingshäufigkeit von 6,24 pro Woche bei einer durchschnittlichen Trainingsintensität von 3,01. Sein Training bestand zu 100 % aus aeroben Anteilen.

#### 3.3.2 Die Komplexität/Dynamik der Systeme

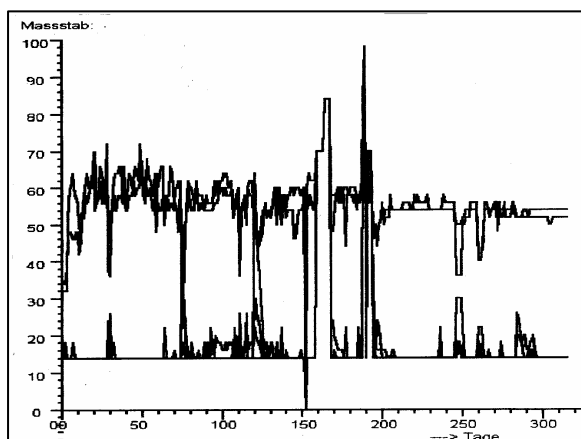


Abb. 106: Gesamtstimmung früh Vp8

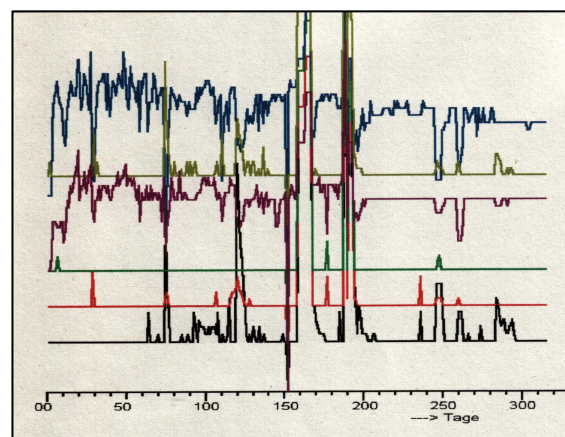


Abb.107: Gesamtstimmung früh Vp8 (versetzte Darstellung)

Legende: schwarz = Müdigkeit, rot = gedrückte Stimmung, grün = Misstimmung, blau = gehobene Stimmung, oliv = Trägheit, lila = ausgelassene Stimmung



Die visuelle Inspektion des Gesamtsystems lässt eine übersichtlichere Struktur des Athleten erkennen im Vergleich zu den anderen Sportlern. Dennoch sind auch bei ihm gegenläufige Entwicklungen im Zusammenspiel einzelner Variablen zu identifizieren. So verlaufen beispielsweise die blaue und lila Kurve im Bereich der Tage 30 - 60 gleichgerichtet und bei den Tagen 130 - 150 eher gegenläufig.

Der Athlet hat nur morgens Daten erhoben. Die Faktorenanalyse ergab in seinem Fall eine Komplexitätsreduzierung durch Versklavung auf einen Ordnungsparameter. Weiterhin zeigten die Berechnungen, dass auch bei diesem Sportler eine getrennte Faktorisierung in den einzelnen Perioden angebracht ist. Dies ist für die Vorbereitungsperiode in Abb. 108 unschwer aufgrund der unterschiedlichen Prozessgestalt zu erkennen.

Untersucht man das Ergebnis der Faktorenanalyse, so fällt der sehr hohe Varianzanteil des Faktors 1 in der Wettkampfperiode mit 87,45 % auf. Insgesamt dominieren bei diesem Faktor eher „negative“ Stimmungslagen. Während in der Vorbereitungsperiode das Müdigkeitsgefühl die Gesamtstimmung anführt, rückt an deren Stelle in der Wettkampfperiode die Missstimmung.

Tab. 59: Struktur der Stimmung von Vp8

Ganzes Jahr	Vp (n = 120)	Wp ab 121
früh	früh	früh
F1	F1	F1
<b>g,d,m,a,p,j</b>	<b>m,j,a,p,d,g</b>	<b>g,d,m,a,p,j</b>
V=77,1689	V=40,4212	V=87,4505
Vsu=77,1689	Vsu=40,4212	Vsu=87,4505

Legende:

F1: Faktor/Dimension 1; F2: Faktor/Dimension 2; V = Varianzanteil;  
 Vsu = Gesamtvarianzanteil; **a, b, c**: Müdigkeit; **d, e, f**: gedrückte Stimmung; **g, h, i**: Missstimmung; j, k, l: gehobene Stimmung; **m, n, o**: Trägheit; p, q, r: ausgelassene Stimmung

### 3.3.3 Relationale Prozesscharakteristika

In der Struktur dieses Athleten haben wir uns mit einer Besonderheit auseinanderzusetzen. Während die Struktur der Vp8 offensichtlich durch eine außerordentliche Ausgeglichenheit charakterisiert ist, fallen zwei extremste Ausreißer in der Wett-

kampfperiode auf. Bei zeitlicher Zuordnung erkennt man, dass es sich hierbei um den 48-Stunden-Lauf und den Deutschlandlauf handelt, also sportliche Events, in denen der Athlet relativ kurz hintereinander extremsten Situationen unter Einschluss von Schlafentzug ausgesetzt war. Es handelt sich also in diesem Fall weder um Fehler bei der Datenerhebung, noch um den Einfluss einer nicht kontrollierbaren Variablen oder den Einfluss einer Kovariablen. Vielmehr basieren die beiden Extremwerte auf einer „normalen“ Variabilität der Größen, d.h. eigentlich liegen keine Ausreißer vor. Das Problem bei der Behandlung derartiger Extremwerte liegt aber darin, dass diese zu einer Vergrößerung der Varianz und einer Verkleinerung der Autokovarianz und damit zu einer Verringerung der Autokorrelation führen können, bis dahin, dass diese durch die Dominanz dieser Ausreißer in den Zufallsbereich abgeleitet, was erhebliche Auswirkung auf die Interpretation der Ergebnisse hätte (SCHMITZ, 1987).

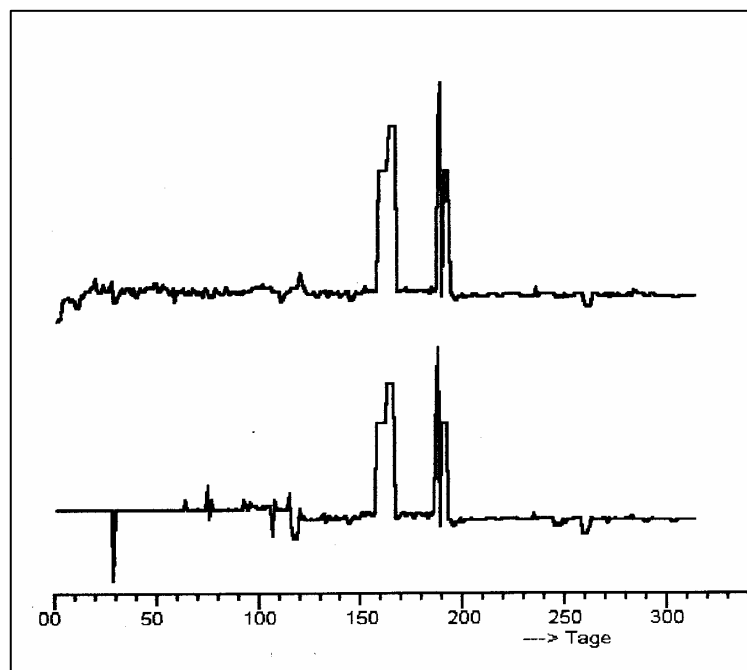


Abb. 108: Vp8, oben Gesamtreihe von F1 früh, unten zusammengesetzte Reihe aus Vorbereitungs- und Wettkampfperiode von F1 früh

Tab. 60: Ereignistabelle von Vp8

Datum	Tag	Ereignis
8.1	1.	Beginn
28.1	20.	Bestleistung auf Trainingsstrecke
4.2	27.	Marathon Bad Füssing 2:56:26, total unzufrieden, schlechtes Wetter
9.2	32	Supertrainingsform 4Tage zu spät
20.2	43	Bestzeit Training
22.2	45	Bestzeit Training
27.2	50	Bestzeit Training
3.3	54	60 km mit dem Popstar Joe Kelly
7.3	58	Bestzeit Training
11.3	62	Test Crosslauf 6 Std. gut
17.3.	68	6 Std -Lauf Nürnberg, 77,8 km, 2.Platz M50
23.3	74	Fieber nach Impfung
1.4	83	6 Std.Lauf München, 78 km, 1. Platz
10.4-23.4	92-105	Trainingslager Gomera
22.4	104	Trainingsbestleistung
27. 4.	109	Trainingsbestleistung
28.4	110	Lustlos
4.-6. 5.	116-118	48 Std. Lauf in Frankreich Sieg gegen Weltklasse
9.5	121	Immunsystemzusammenbruch
20.5	132	Würzburg Marathon 2:52:30
4.6.	147	Bierkastenlauf Prominentenrennen
10.6	153	Trainingsspitzen
16.6-23-6	159-166	Deutschlandlauf 1154,9 km (Weltrekord)
7.7	180	Training gut
14./15.7	187-188	48 Stunden-Lauf
22.7	195	Radmarathon 90 km
25.7	198	ZDF
12.8.	216	10km Stadtlauf Roth
16.8	220	Wuppertaler Runde 24 km
2.9	237	In 21 Tagen 10 Marathons + 720 km
8.-9.9	243-244	24 Std. Lauf 225 km (Deutscher Meister)
22/23.9	257-258	Verona 24 Std. Bahn WM (Aufgabe nach 17 Std. Dauerregen)
8.10	273	Stadtlauf 10 km Soest
17.10	282	135 km für Weltkinderhilfe Roth-Würzburg
18.10-18.11	283-314	Pause

### 3.3.4 Prozessanalyse mit Gleitmittelwerten

Für die Analyse, wie sich der Verlauf des Prozesses entwickelt, greifen wir wieder auf die Betrachtung der Gleitmittelwerte zurück. Die außerordentliche Stabilität des Athleten fällt ins Auge. Es sind nahezu keine zyklischen Entwicklungen erkennbar. In der Vorbereitungsperiode wird mit der Führungsvariablen Müdigkeit nahezu der Homö-

ostasezustand erreicht. Selbst größte Belastungen führen zu keinen sehr extremen Entwicklungstendenzen (z.B. 48-Stunden-Lauf in Frankreich). In der Wettkampfperiode ist die Missstimmung führend. Man sollte beachten, dass die sehr hohen Belastungsspitzen den Mittelwert in der Wettkampfperiode nach oben verschieben. Rechnet man diesen Effekt heraus, zeigt der Athlet eine äußerst stabile Stimmungslage. Neben der Deutschlanddurchquerung reagierte der Athlet sehr extrem auf den kurz danach stattfindenden 48-Stunden-Lauf. Als Erklärungsansatz könnte möglicherweise die sehr kurze Regenerationszeit nach dem Deutschlandlauf dienen.

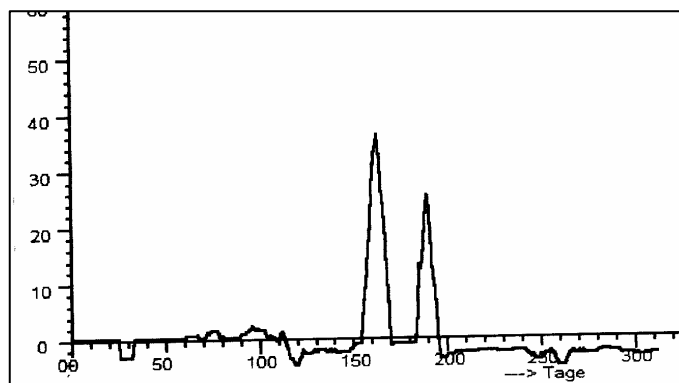


Abb.109: Vp8, Faktor 1 früh, 7-Tage-Gleitmittelwert

### 3.3.5 Makroebene

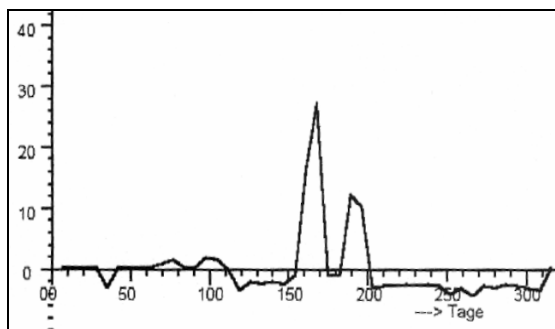


Abb. 110: Makroebene F1 früh (7-Tage-Intervall)

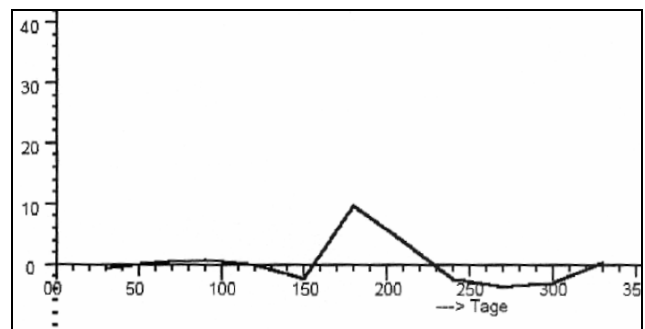


Abb.111: Makroebene F1 früh (30-Tage-Intervall)

Da insgesamt das System des Sportlers sehr stabil erscheint, ergibt die Darstellung der Makroebene im 7- und 30-Tagesbereich wie Abb. 110-111 zeigen, erwartungsgemäß wenig neue Erkenntnisse. Wenn sich normalerweise auf dieser Betrachtungsebene viele kleine Belastungen kumulieren, verleihen in diesem Fall nur die beiden Ausreißerbereiche der Kurve im Wesentlichen ihre Prozessgestalt.

### 3.3.6 Regelmäßigkeiten

Mit der Spearman-Rang Autokorrelation kann beschrieben werden, mit welcher Regelmäßigkeit physisches bzw. psychisches Belastungsempfinden auftritt.

Die überzufälligen Autokorrelationen für Vp8 betragen für die einzelnen Faktoren bezogen auf die Trainingsperioden und Tageszeit früh:

Tab. 61: Vp8, Autokorrelationen von F1 früh in der Vorbereitungs- und Wettkampfperiode

Vorbereitungsperiode	Wettkampfperiode:
Originaldaten: lag 1: Zufall	Originaldaten: lag 1: 0,73      lag 2: 0,57
1. Differenz: lag 1: -0,51	lag 3: 0,52      lag 4: 0,45
	lag 5: 0,31
	1. Differenz: lag 1: -0,20      lag 2: -0,19

Beeindruckend sind die zum Teil sehr hohen Korrelationen, wobei auch hier die negative Korrelation bei lag 1 dominiert. Der geringe Wert der ACF bei der 1. Differenz bei lag 1 in der Wettkampfperiode könnte, wie an anderer Stelle dargestellt, durch die Ausreißer erklärt werden. Es fällt auf, dass die ACF der Originaldaten in der Vorbereitungsperiode dem Zufall unterliegt. Wie die Trainingsprotokolle aufzeigen, schwankt dabei das Training aber meist zwischen 10km, Halbmarathon- und Marathonläufen. Offensichtlich laufen durch diese enormen Beanspruchungen sehr komplexe Belastungs-Regenerationsmechanismen ab, die letztlich diesen unerwarteten Befund verursachen.

Um weitere Regelmäßigkeiten im Belastungs-/Regenerationsempfinden des Sportlers zu identifizieren, soll auch für diesen Sportler die PACF herangezogen werden. Das Ergebnis bestätigt obige Vermutung. Bei lags größer 1 existieren nur schwache bis keine Zusammenhänge, was auch hier für die Komplexität des regenerativen Systems spricht.

Tab. 62: Vp8, Partielle Autokorrelationen von F1 früh in der Vorbereitungs- und Wettkampfperiode

Vorbereitungsperiode:	Wettkampfperiode:
Originaldaten: Zufall	Originaldaten: lag 1: 0,73      lag 5: - 0,14
1. Differenz: lag 1: -0,51      lag 2: -0,29	1. Differenz: lag 1: -0,20      lag 2: -0,24
lag 3: -0,19	lag 9: -0,18

### 3.3.7 Wirkungsgefüge

Eine andere Größe, die nach der Synergetik als Ordnungsparameter fungieren könnte, da sie das Gesamt an psychischen und physischen Belastungen in sich vereint, sind die Pulse bzw. die Pulsdifferenz nach dem vorne beschriebenen Verfahren.

Der Differenzpuls morgens ergibt für Vp8 eine ACF/1. Differenz von -0,51 bei lag 1 in der Vorbereitungsperiode und in der Wettkampfperiode von -0,48 bei lag 1, 0,16 bei lag 6 und -0,15 bei lag 9. Somit spiegelt sich die Selbstregulierung durch abwechselnde Belastung von einem Tag zum anderen auch in diesem Parameter wieder. Auch im weitaus differenzierteren Bild der PACF der 1. Differenz des Differenzpulses findet sich dieses Schema. Man erhält folgende Werte:

lag 1: -0,40 lag 2: -0,32 lag 3: -0,18 lag 6: -0,25 (Vorbereitungsperiode)

lag 1: -0,48 lag 2: -0,34 lag 3: -0,21 lag 4: -0,22 (Wettkampfperiode)

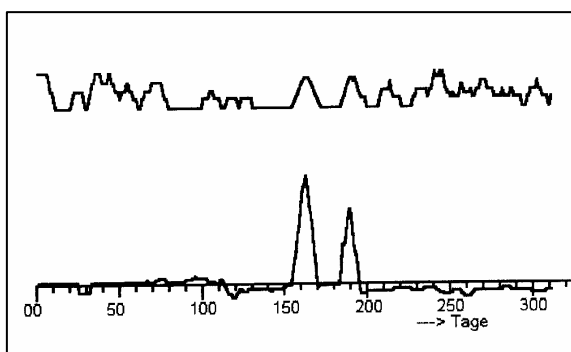


Abb.112: Vp8; Faktor 1 früh unten und Pulsdifferenz oben (Gleitmittel 7 Tage)

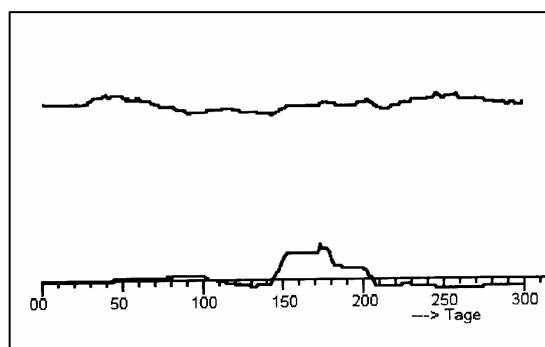


Abb. 113: Vp8; Faktor 1 früh unten und Pulsdifferenz oben (Gleitmittel 31 Tage)

Bei den Differenzpulsen erkennt man exzellent wie stabil auf niedrigem Niveau diese sind. Das zeigt sich vor dem 48-Stundenlauf in Frankreich - unterbrochen von einer kleinen Instabilität durch das Trainingslager auf Gomera -, vor dem Deutschlandlauf und dem darauf folgenden zweiten 48-Stunden-Lauf. Nach letzterem beginnt der Athlet seine Form zu verlieren. Die Pulse steigen trendmäßig leicht an. Bei genauer Betrachtung der 31-Gleitmittelkurve kann man sogar erkennen, dass sich die Pulswerte als Formparameter ab dem Bereich des Deutschlandlaufes begannen, negativer zu entwickeln. Der Athlet musste der Vielzahl von Extrembelastungen Tribut zollen.

### 3.3.8 Modellcharakter

Auch bei diesem Athleten versuchten wir den Modelltyp seines Systems einzugrenzen. Dazu verwenden wir wieder die Methodik des Bootstrapping sowie die Vorhersagemethode nach SUGIHARA und MAY als dynamische Prüfgröße. Als Zeitverzögerungskonstante kommt gemäß der Faustregel für  $\tau$  derjenige lag zur Anwendung, bei dem die Autokorrelationsfunktion ihr erstes Minimum aufweist. Auf der Basis der Vorhersagegüten wurden für die Zeitreihen der Vorbereitungsperiode und der Wettkampfperiode die Nullhypothesen Zufall und Linearität geprüft. Dabei wurden N=50 Surrogatdatensätze verwendet. Die Testergebnisse sind in Tab. 63 zusammengefasst.

Tab.63: Ergebnisse der Modellanalyse-Wettkampfperiode (auf der Basis zugehöriger Signifikanztests)

Vp						Wp					
Faktor	max. Vorhersagegüte	Nullhypothese 1	Nullhypothese 2	$\lambda$	Modell	Faktor	max. Vorhersagegüte	Nullhypothese 1	Nullhypothese 2	$\lambda$	Modell
1	0,384	3,605	3,140	0,43	Chaos	1	0,667	9,06	1,21	-	linear

Legende: Vorhersagegüte: Grad der Vorhersagbarkeit, Nullhypothese 1 : Zufalls-Effektmaß, Nullhypothese 2: Linearitätseffektmaß,  $\lambda$ : Wert des größten Lyapunov-Exponenten

Bei dem Athleten deutet sich in der Vorbereitungsperiode ( $\tau = 3$  und  $m = 1$ ) ein System auf der Basis eines deterministischen Chaos an, während in der Wettkampfperiode ( $\tau = 9$  und  $m = 2$ ) höchstsignifikant (t-Wert 9,06!) kein Zufall in der Systemstruktur vorliegt. Vielmehr kann ein lineares Verhalten des Sportlersystems nicht ausgeschlossen werden.

### 3.3.9 Zusammenfassung und Vergleich Ultra-Lauf

Der Sportler nahm an der Untersuchung in reduziertem Umfang teil (nur Erhebung morgens, kein vollständiges Tagebuch, keine FVF)

Die Ergebnisse waren ansonsten identisch mit denen der vorhergehenden Sportarten.

Sein System war einfaktoriell, die Führungsgröße war in der Vorbereitungsperiode die Trägheit und in der Wettkampfperiode die Missstimmung.

Die dominante negative ACF bei lag 1 liegt auch bei ihm vor. Insgesamt besticht der Athlet durch seine unglaubliche Beständigkeit.

Die Systemdetektion ergab folgendes Ergebnis:

Vorbereitungsperiode: u.a. deterministisches Chaos

Wettkampfperiode: lineares Systemverhalten

Wie schwierig es ist, das System dieses Sportlers genau zu definieren, und wie wenig Sinn es macht, Trainingspläne für zu lange Zeiträume vorzugeben soll im Rahmen dieser Zusammenfassung durch folgenden Interviewausschnitt aus seinem Buch veranschaulicht werden. Dieses Zitat soll auch als Erklärungsansatz für die doch recht schwachen Korrelationen dienen.

„Ich horche im ganz normalen Leben und auch im ganz normalen Training immer auf das, was der Körper mir signalisiert. Schon wenn ich morgens aufstehe und losgehe, signalisiert er mir: Heute bin ich nicht so o.k. Das merke ich am Laufschrift. Ich merke es einfach. Dann weiß ich, ich brauche heute nicht viel oder schnell zu laufen, weil der Körper keine Lust dazu hat. Signale, die von innen kommen, vom Körper, die sollte man nie missachten. Das rächt sich später. Wenn ich dann trotzdem auf Tempo gehe – willensmäßig würde ich das ja schaffen – und dem Körper trotze, kommt ein paar Tage später die Quittung. Dann geht es mit Verletzungen los. Erst zwickt es, dann tut es ein bisschen weh, und wenn man das nicht beachtet, dann wird es nachher was Größeres. Meistens sind es die Sehnen oder die Gelenke, also vor allen Dingen die beanspruchten Teile. Wenn ich merke, dass ich müde Beine habe, dann habe ich eben an dem Tag müde Beine und laufe nur so, wie ich kann. Dass ich laufen kann, weiß ich ja, nur heute geht es eben nicht so schnell. Kann auch sein, dass der Körper zwei Tage müde ist, manchmal sind es auch drei Tage. Am vierten Tag spätestens ist er wieder fit. Dann gebe ich ein bisschen Gas. Der Körper signalisiert mir: Ich bin frisch, du kannst mich beanspruchen. Jetzt kann ich ruhig 30 km ziemlich schnell laufen, ohne dass ich nachher kaputt bin oder dass der Körper sagt: Das war zu viel.“ (MEYER, 2003, 162).



### 3.4 Boxen

#### 3.4.1 Eckpunkte des Trainingsjahres

Der Athlet ist ein sehr versierter Boxer mit mehrjähriger Bundesligaerfahrung. Sein Ziel ist es, bei den nationalen Titelkämpfen nochmals in den Finalbereich zu gelangen. Außerdem strebt er aus finanziellen Erwägungen an, einen neuen Verein in der Bundesliga zu finden. Der Boxer nahm an 327 Tagen an der Untersuchung teil, davon waren 271 Trainingstage. Seine durchschnittliche Trainingshäufigkeit betrug damit 5,78. Er trainierte mit einer durchschnittlichen Intensität von 4,02 bei einer Standardabweichung von 0,753.

Seine Haupttrainingsbestandteile waren Kraft, einschließlich Sprünge (29%), Technik (17%), laktazid- anaerobes Training (14%) sowie aerobes Training (11%) und Innervation (10%).

#### 3.4.2 Die Komplexität/Dynamik der Systeme

Das Gesamtsystem ist unüberschaubar komplex (Abb. 114). Selbst bei der versetzten Darstellung muss man sich aus Gründen der Veranschaulichung auf Teilaspekte konzentrieren (Abb. 115). In unserem Fall beschränken wir die Betrachtung auf die Variablen Müdigkeit früh und ausgeglichene Stimmung morgens. Auch hier zeigt sich wieder das inhomogene Systemverhalten, das an anderer Stelle bereits mehrfach beschrieben wurde.

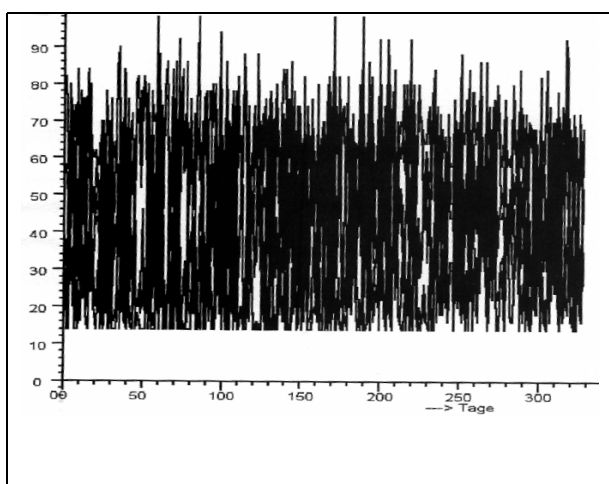


Abb.114: Vp9; Gesamtstimmung früh

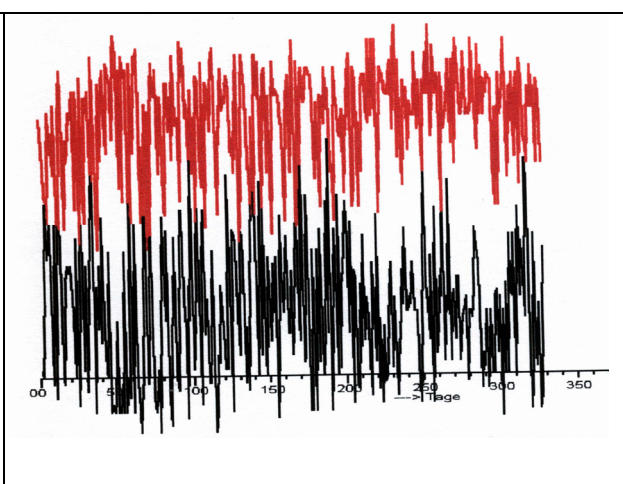


Abb.115: Vp9; Müdigkeit früh (unten), ausgeglichene Stimmung früh (oben) (versetzte Darstellung)

Zur Komplexitätsreduktion der Systeme wurden die Daten der Stimmungsverläufe wieder mittels einer Hauptkomponentenanalyse faktorisiert. Vorab erfolgte eine faktorenanalytische Eignungsprüfung der Korrelationsmatrix der Variablen. Das MSA-Kriterium ergab keine kritischen Werte. Untersucht wurde auch hier die Systemdynamik durch Analyse von Veränderungen in den Merkmalen der Faktorenstruktur für das gesamte Trainingsjahr sowie die Vorbereitungsperiode (bis 1. September) und die Wettkampfperiode jeweils für den Zeitpunkt früh, vor und nach dem Training.

Das Ergebnis rechtfertigt auch im Boxbereich eine differenzierte Faktorisierung getrennt nach Vorbereitungs- und Wettkampfperiode.

Die Ergebnisse der Faktorisierung der 6 Merkmalsvariablen ergeben bei Vp9 nur für den Zeitpunkt früh in der Vorbereitungsperiode eine einfaktorielle Beschreibung des Belastungsverlaufs. Dieser Faktor erklärt etwa 66% der Gesamtvarianz. Dabei lädt in der Vorbereitungsperiode die gehobene Stimmung besonders hoch, während in der Wettkampfperiode die Missstimmung dominiert. Zu den übrigen Tageszeiten gerät das System in Unordnung. Es wird von zwei Faktoren bestimmt, einem Faktor 1 der psychischen Belastung und einem eher physischen Belastungsfaktor 2. Dies entspricht somit im Wesentlichen der elementaren Systemstruktur wie wir sie an anderer Stelle kennengelernt haben. Das Gleiche gilt für die Wettkampfperiode. Es gelingt auch hier aus dem multivariaten ursprünglichen Verlauf eine prägnant zusammengefasste Zeitreihe der Symptomgruppen zu kreieren. Der Varianzanteil des ersten Faktors ist mit ca. 50% durchaus zufriedenstellend. Wegen des geringeren Varianzanteils empfehlen wir den Faktor 2 nur mit äußerster Vorsicht zu verwenden, z.B. zur Ergänzung von Faktoren mit höherem Anteil an der Varianz.

Tab. 64: Struktur der Stimmung von Vp9

<b>Ganzes Jahr (n = 327)</b>					
<b>früh</b>		<b>vor dem Training</b>		<b>nach dem Training</b>	
F1	F2	F1	F2	F1	F2
j,p,g,d,m,a	-	h,q,e,k	n,b	i,f,r,l	c,o
V=64,2056	V=-	V=46,5981	V=34,4194	V=48,1196	V=32,8681
Vsu=64,2056		Vsu=81,9877		Vsu=???	
<b>Vp (n=184)</b>					
<b>früh</b>		<b>vor dem Training</b>		<b>nach dem Training</b>	
F1	F2	F1	F2	F1	F2
j,p,g,d,m,a	-	h,e,q,k	b,n	i,f,r,l	c,o
V=66,1581	-	V=48,9832	V=36,5873	V=49,3779	V=34,4632
Vsu=66,1581		Vsu=85,5705		Vsu=83,8411	
<b>Wp (n=143)</b>					
<b>früh</b>		<b>vor dem Training</b>		<b>nach dem Training</b>	
F1	F2	F1	F2	F1	F2
g,p,d,j,	m,a	h,q,e,k	n,b	f,r,i,l	o,c
V=48,3928	V=34,5081	V=46,1654	V=32,5843	V=48,6523	V=31,2157
Vsu=82,9009		Vsu=78,7497		Vsu=79,8680	

Legende:

F1: Faktor/Dimension 1; F2: Faktor/Dimension 2; V = Varianzanteil; Vsu = Gesamtvarianzanteil;  
**a, b, c:** Müdigkeit; **d, e, f:** gedrückte Stimmung; **g, h, i:** Missstimmung; **j, k, l:** gehobene Stimmung;  
**m, n, o:** Trägheit; **p, q, r:** ausgelassene Stimmung

### 3.4.3 Relationale Prozesscharakteristika

Das System des Boxers ist sehr aktiv. Eine genaue Zuordnung relationaler Prozessparameter ist nur schwer möglich. Auffallend ist allein schon durch visuelle Inspektion, dass der Level der Belastung in der Wettkampfperiode weitaus ausgeprägter als in der Vorbereitungsperiode ist (vgl. Abb. 116).

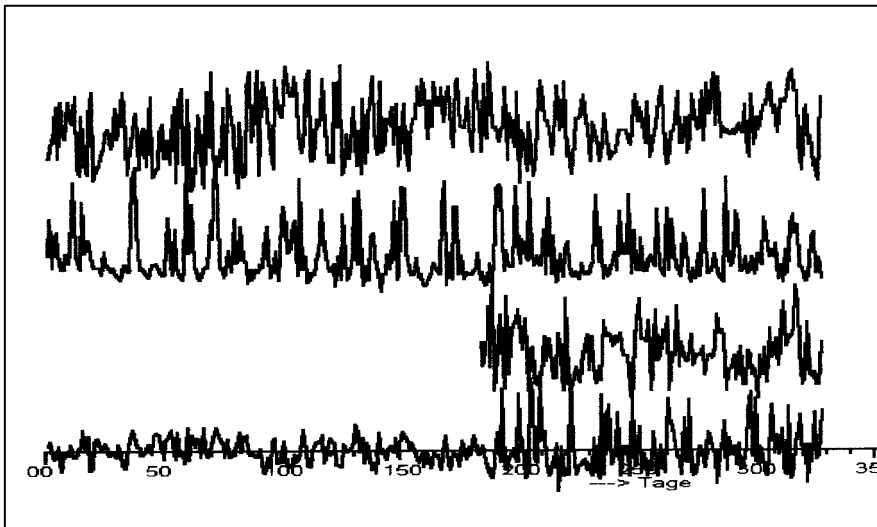


Abb.116: Vp9; Faktor 1 früh, Faktor 2 früh, Faktor 1 nach d. Tr. und Faktor 2 nach dem Tr. (von unten, versetzte Darstellung)

### 3.4.4 Prozessanalyse mit Gleitmittelwerten

In den Originaldaten machen die kurzfristigen Schwankungen das Aufdecken längerfristiger Entwicklungen nahezu unmöglich. Hierzu wechseln wir wieder zur Methode der Gleitmittelwerte. Auch dort erkennt man eine klare Tendenz zum Gleichgewicht bei Faktor 1.

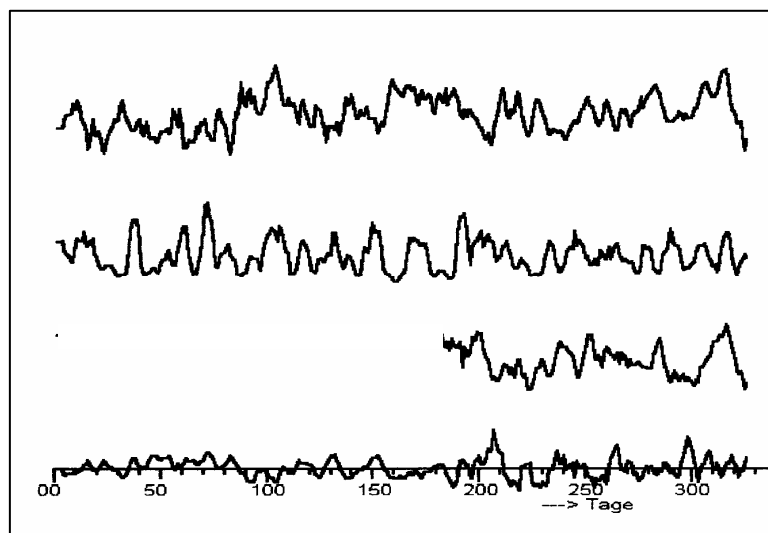


Abb. 117: Vp 9; 7-Tages-Gleitmittelwert Faktor 1 früh und Faktor 2 früh, sowie Faktor 1 n.d. Tr. und Faktor 2 n.d. Tr. (von unten, versetzte Darstellung)

Auffallend sind die hochermüdenden, sich stark kumulierenden Trainingswirkungen nach dem Training im Zeitraum von Tag 70-210. Einher mit diesem Trainingsabschnitt ging eine negative Entwicklung der Führungsgröße der Stimmung (hier der gehobenen Stimmung, Faktor 1) - noch unter relativer Einhaltung des Gleichgewichts. Nach Beginn der Wettkampfperiode wurde diese durch die Missstimmung abgelöst, welche um den Tag 205 einen Spitzenwert erzielte. Dieser Zeitraum war gekennzeichnet durch mäßige Wettkampfbewertungen und Schlappeheitsgefühl. Gleichzeitig geriet das System in Unordnung und es bildete sich morgens ein zweiter physischer Faktor auf relativ hohem Niveau heraus. Diese Situation veranlasste den Untersuchungsleiter, den Athleten zu seinem Belastungs- bzw. Regenerationsmodell zu befragen, welches zu einer subjektiven Theorie verdichtet wurde (vgl. Abb. 118).

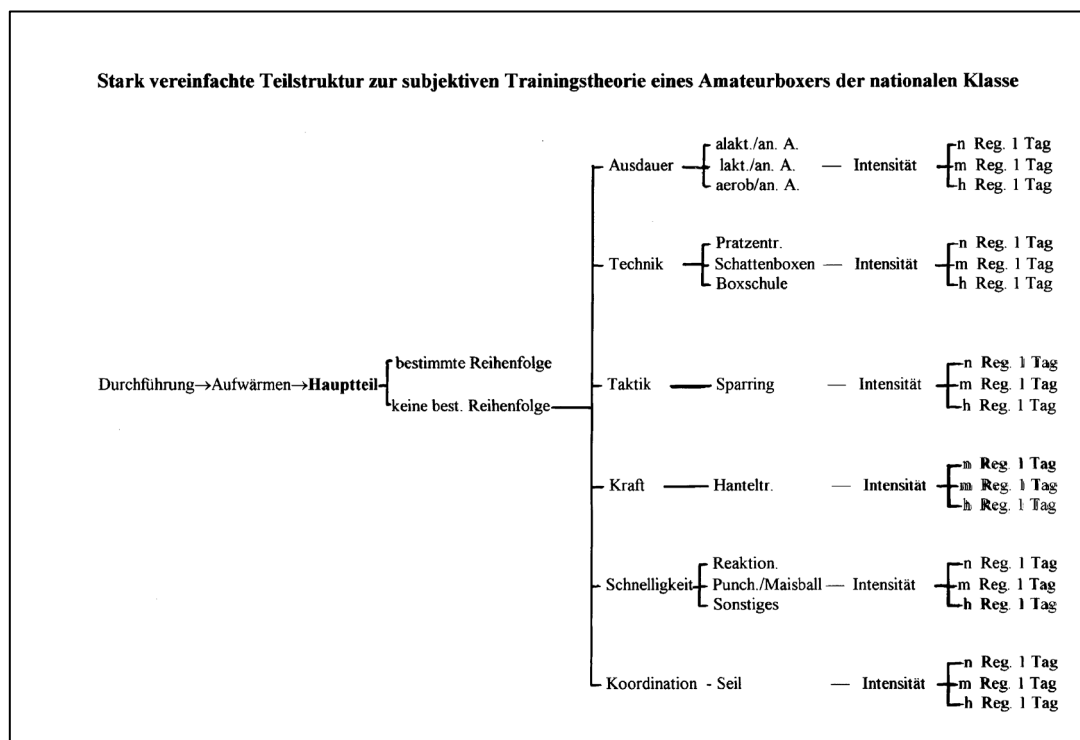


Abb. 118: Subjektive Theorie von Vp9 (vorgestellt anlässlich des dvs workshops Zeitreihenanalyse und multiple statistische Verfahren in der Trainingswissenschaft am 16./17. Juni 1995) (vgl. auch KRUG, 1996)

Legende: A = Ausdauer; n = niedrige Belastung; m = mittlere Belastung; h = hohe Belastung; Reg = Regenerationszeit

Das Ergebnis machte im Interesse des Athleten eine sofortige Intervention erforderlich, mit dem Ziel, das Training vom Umfang und der Intensität unverzüglich zurückzufahren. Das positive Ergebnis zeichnet sich in allen Kurven eindeutig ab, und die

Wettkampfergebnisse wurden durch den 3. Platz bei den nationalen Titelkämpfen gekrönt. Die vorangegangenen Trainingsfehler, das fortgeschrittene Boxeralter sowie die anstrengende Bundesligasaison, verbunden mit ständigen Spannungen im privaten Umfeld, machten das System für die restliche Saison sehr anfällig. Auch wenn deshalb um Tag 270-300 das Training nochmals reduziert wurde, war das Potential des Athleten ab ca. Tag 300 erschöpft, wie die Inspektion der Faktoren und die diesem Zeitraum zuzuordnenden Befindlichkeiten aufzeigen.

Tab. 65: Ereignistabelle von Vp9 (Ab Tag 328 stellte die Vp die Erfassung der Stimmungsgrößen etc. ein, führte aber sein Trainingstagebuch noch einige Tage weiter.)

Datum	Tag	Ereignis
6.3.	1.	2.Bundesligkampf sehr starker Gegner, Sieg, Ergebnis:12 Esslingen
12.3.	7.	Partnerprobleme
16.3.	11.	Berufsprobleme
30.3.	25.	Kater
5./6. 4.	31./32.	Krankheit Partner
7.4.	33.	Gespräch mit Partner
13.4.	39.	Platzwunde emotional belastend für Wettkampf
14.4.	40.	Hunger wg. Gewichtsreduzierung
15.4.	41.	Augenverletzung bereitet Sorgen
17.4.	43.	Wettkampf erfolgreich, Ergebnis:15; 2-1.Runde gewonnen, KO
18.4.	44.	Sieg im Finalkampf, Ergebnis:15
19.4.	45.	Chance auf Umschulung
21.4.	47.	Ablehnung der Bewerbung
26.4.	52.	Spannung vor Kampf am Wochenende
29.4.	55.	Partnerprobleme
2.5.	58.	Wettkampf Sieg in der 1. Runde Ergebnis:12 Vergleichskampf Prag Landshut
7.5.	63.	Alkoholgenuss
9.5.-10.5.	65./66.	Probleme im Familienkreis
11.5./12.5	67./68.	Partnerprobleme (Eifersucht)
19.5.	75.	ausgelaut
22.5.	78.	Streit mit Vater
30.5.	86.	Discobesuch spät ins Bett
1.6.und 2.6.	88./89.	Anspannung vor Wettkampf, Gegner unbekannt, heimisches Publikum
5.6.	92.	Spannung vor Wettkampf
6.6.	93.	Sieg im Wettkampf Ergebnis:10, Vergleichskampf gegen Berlin
10.6.-17.6	97.-104.	Magenprobleme/Durchfall
Juni		Probleme mit Freunden
8-10.7.	125.-127.	Streit
17.7.-19.7.	134.-136.	Streit
Ab.Mitte Juli		Achillessehne
24.7.	141.	Spannung vor Wettkampf
25.7.	142.	Unentschieden durch Benachteiligung der Punktrichter, Ergebnis:8, Nürnberg-tschechische Staffel
30.7.	147.	Stress mit Partner
14.8.-17.8	162.-165.	Beziehungsprobleme
22.8.	170.	schlapp
29.8.	177.	Schneller Erfolg im Wettkampf; Ergebnis:14, Rosenheim- Berlin
3.9	182.	schlapp
Ab 6.9.	Ab 185.	Vier Wochen Trennung von Familie(URLaub)
14.9.	193.	Sportliche Zukunftsprobleme
26.9.	205.	Erfolg im Meisterschaftskampf:Ergebnis:9, Halbfinale Landesmeisterschaften
Ab 29.9.	Ab 208.	Spannung vor Meisterschaftsfinale
2.10.	211.	Sieg im Wettkampf, Ergebnis:11, Bay. Meisterschaften Finale
5.10.	214.	Spannung vor Wettkampf
9.10.	218.	Sieg und Quali für DM, Ergebnis:15
Ab 12.10	Ab 221.	Spannung vor DM

Datum	Tag	Ereignis
21.10	230.	Ärger mit Partnerin
25.10	234.	Spannung vor DM
28.10	237.	Sieg im Wettkampf, Ergebnis:10(14)DM Viertelfinale
29.10	238.	Niederlage durch Verletzung; Ergebnis:10(14), DM Halbfinale
11.11.	251.	Spannung vor Bundesligakampf
12.11.	252.	Kampf Bundesliga, Frankfurt/Oder Ergebnis:5
19.11	259.	Spannung vor Kampf in Leverkusen
20.11.	260.	Bundesliga Sieg, aber unzufrieden:Ergebnis:8
23.11.	263.	Spannung vor Kampf
27.11.	267.	Bundesligaheimkampf Sieg Ergebnis:13
3.12.	273.	ausgemergelt
4.12.	274.	Streit mit Partner
10.12	280.	schlapp
13.12	283.	Ellbogenverletzung
10.1.-13.1	311.-314.	Darminfektion
15.1.	316.	Bundesliga Sieg gegen sehr guten Gegner:Ergebnis:11
19.1.	320.	schlechte neue Arbeit
22.1.	323.	Bundesligakampf Ergebnis:14
29.1.	330.	Kampfergebnis:4
4.2.	336.	Kampfergebnis:8
Ab 11.2.	343.	Krank +berufliche Zukunftssorgen
19.2.	351.	Wettkampf Flensburg:Ergebnis:2

### 3.4.5 Makroebene

Diese Entwicklung wird durch die grafische Veranschaulichung der Makroebene nochmals untermauert. Insbesondere die Aufsummierung im 31-Tage-Intervall veranschaulicht wiederum in der Makroperspektive die Auswirkungen der Vielzahl von Einzelbelastungen.

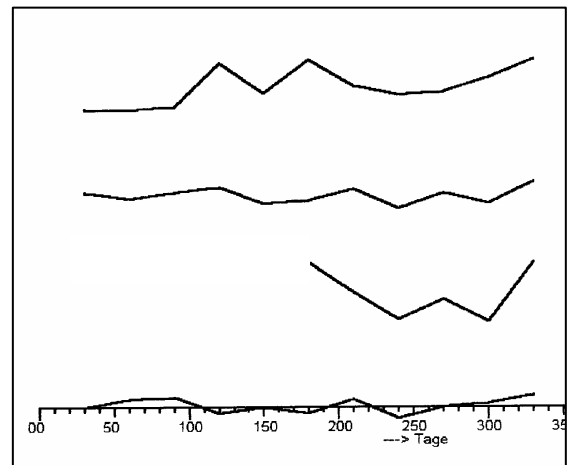
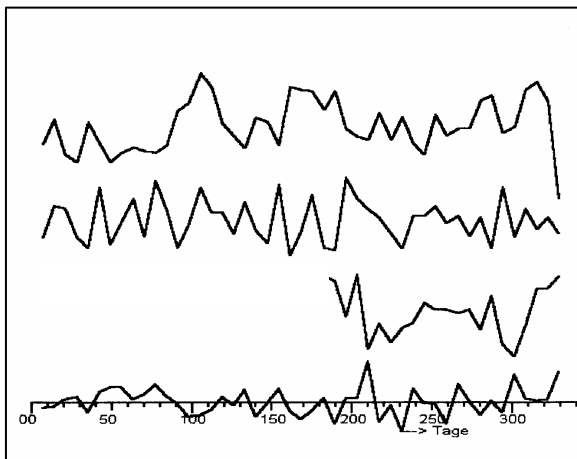


Abb.119: Makroebene 7-Tage-Intervall

Abb.120: Makroebene 31-Tage-Intervall

Vp9; Summenbildung von F1 früh, F2 früh, F 1 nach d. Tr., F2 nach d. Tr. (von unten, versetzte Darstellung)

### 3.4.6 Regelmäßigkeiten

Um Regelmäßigkeiten im Belastungsverlauf bzw. im Regenerationsverhalten aufzufinden, betrachten wir wieder die Autokorrelationskoeffizienten.

Tab. 66: Vp9; Autokorrelationen von Faktor 1 und Faktor 2 zu verschiedenen Tageszeiten und Trainingsperioden

Vorbereitungsperiode	Wettkampfperiode
<b>Faktor 1 früh:</b> Originaldaten: lag 1: 0,25 1. Differenz: lag 1: -0,44 lag 6: -0,17	<b>Faktor 1 früh:</b> Originaldaten: lag 8: -0,16 1. Differenz: lag 1: -0,51 lag 8: -0,26
<b>Faktor 2 früh:</b> entfällt	<b>Faktor 2 früh:</b> Originaldaten: Zufall 1. Differenz: lag 1: -0,52
<b>Faktor 1 nach d. Tr.:</b> Originaldaten: lag 1: 0,25 lag 6: -0,17 1. Differenz: lag 1: -0,37 lag 6: -0,20	<b>Faktor 1 nach d. Tr.:</b> Originaldaten: lag 5: -0,14 1. Differenz: lag 1: -0,48
<b>Faktor 2 nach d. Tr.:</b> Originaldaten: lag 7: 0,19 1. Differenz: lag 1: -0,42	<b>Faktor 2 n.d. Tr.:</b> Originaldaten: lag 1: 0,24 lag 2: 0,19 1. Differenz: lag 1: -0,45 lag 4: -0,24

Auch dieser Athlet unterliegt der Tendenz einer wechselnden Belastung von einem Tag zum anderen (1. Differenz). Ansonsten ist das System gekennzeichnet durch Zufall oder sehr schwache Zusammenhänge. Sieht man einmal von den etwas besseren Ergebnissen bei der 1. Differenz ab, hat offensichtlich auch die Intervention nichts zu einem regelmäßigeren Systemverhalten beitragen können. Dies war auch nicht deren Ziel, sondern es ging lediglich darum, sehr schnell im Interesse des Athleten belastungskorrigierend einzugreifen.

Um weitere Regelmäßigkeiten im Belastungs-/Regenerationsempfinden des Sportlers zu identifizieren, untersuchten wir die partiellen Autokorrelationen über die einzelnen Stimmungs- bzw. Belastungsfaktoren.



Tab. 67: Vp9; Partielle Autokorrelationen von Faktor 1 und Faktor 2 zu verschiedenen Tageszeiten und Trainingsperioden

<b>Vorbereitungsperiode</b>	<b>Wettkampfperiode</b>
<p><b>Faktor 1 früh:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,25  1. Differenz: lag 1: -0,41 lag 2:-0,23  lag 3: -0,26 lag 4:-0,23</p> <p><b>Faktor 2 früh:</b>  entfällt</p> <p><b>Faktor 1 nach d. Tr.:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,25 lag 6: -0,17  1. Differenz: lag 1: -0,37 lag 2:-0,21  lag 3:-0,21 lag 4: -0,21  lag 6:-0,26 lag 9: -0,16</p> <p><b>Faktor 2 nach d. Tr.:</b>  Originaldaten: lag 7: 0,16  1. Differenz: lag 1: -0,42 lag 2: -0,40  lag 3: -0,26 lag 4: -0,21  lag 5: -0,17 lag 6: -0,23</p>	<p><b>Faktor 1 früh:</b>  Originaldaten: lag 8: -0,15  1. Differenz: lag 1: -0,51 lag 2: -0,32  lag 3: -0,26 lag 4: -0,17</p> <p><b>Faktor 2 früh:</b>  Originaldaten: Zufall  1. Differenz: lag 1: -0,52 lag 2: -0,33  lag 3: -0,19 lag 5: -0,18</p> <p><b>Faktor 1 nach d. Tr.:</b>  Originaldaten: Zufall  1. Differenz: lag 1: -0,48 lag 2: -0,19  lag 3: -0,23 lag 4: -0,13  lag 5: -0,19 lag 6: -0,16  lag 7: -0,20</p> <p><b>Faktor 2 nach d. Tr.:</b>  Originaldaten: lag 1: 0,24 lag 2: 0,15  lag 4: -0,16 lag 7: 0,14  1. Differenz: lag 1: -0,45 lag 2: -0,23  lag 4: -0,25 lag 5: -0,18</p>

Die Vielzahl schwacher Zusammenhänge, sieht man von lag 1 und teilweise lag 2 ab, unterstützen die Vermutung, dass dieses Boxersystem sehr komplex reagiert und Regenerationszeiten einzelner Trainingsmaßnahmen größer sind als ein Tag.

### 3.4.7 Wirkungsgefüge

Wir wollen auch bei diesem Sportler versuchen, ob wir ein Wirkungsgefüge identifizieren können zwischen Stimmungsfaktoren und Leistungsparametern. Hierzu korrelieren wir die Faktoren früh mit den Schlagfrequenzen.

Tab. 68: Kreuzkorrelationen der 1. Differenzen von Faktor 1 früh und Schritten bei Vp9

<b>Vorbereitungsperiode (n = 184)</b>	<b>Wettkampfperiode (n = 143)</b>
<p><b>Faktor1 früh und Schlag früh:</b>  lag 0: 0,16</p> <p><b>Faktor 1 früh und Schläge vor dem Tr.:</b>  lag 0:0,14</p> <p><b>Faktor 1 früh und Schläge nach dem Tr.:</b>  Zufall</p>	<p><b>Faktor 1 früh und Schlag früh:</b>  Zufall</p> <p><b>Faktor 1 früh und Schläge vor dem Tr.:</b>  lag -7: 0,20 lag -8:-0,18</p> <p><b>Faktor 1 früh und Schläge nach dem Tr.:</b>  lag-7:0,17 lag -8:-0,17 lag -10:0,15</p>

Tab. 69: Kreuzkorrelationen der 1. Differenzen von Faktor 2 früh und Schritten bei Vp9

<b>Vorbereitungsperiode</b> entfällt	<b>Wettkampfperiode (n = 143)</b>  <b>Faktor 2 früh und Schläge früh:</b> lag 0: -0,42  <b>Faktor 2 früh und Schläge vor dem Tr.:</b> lag -2: 0,15  <b>Faktor 2 früh und Schläge nach dem Tr.:</b> lag -1: 0,14    lag -2:-0,21 lag -3: 0,26
---	---

Auch dieses Ergebnis zeigt uns, dass es zwar überzufällige Beziehungen zwischen den Größen gibt, die allerdings der Höhe nach sehr niedrig sind, sieht man einmal von dem Zusammenhang zwischen F2 früh und Schläge früh bei lag 0 (-0,42) ab.

Eine andere Größe die nach der Synergetik als Ordnungsparameter fungieren könnte ,da sie das Gesamt an psychischen und physischen Belastungen in sich vereint ist auch hier der Puls bzw. die Pulsdifferenz nach dem vorne beschriebenen Verfahren.

Der Differenzpuls morgens ergibt für Vp9 eine ACF(1. Differenz) von -0,46 bei lag 1 in der Vorbereitungsperiode und -0,40 bei lag 1, -0,21 bei lag 2, 0,22 bei lag 5 und 0,26 bei lag 10 in der Wettkampfperiode. Somit spiegelt sich die Selbstregulierung durch abwechselnde Belastung von einem Tag zum anderen auch in diesem Parameter wieder. Dieses Bild findet sich auch bei den PACF für den Differenzpuls früh (1.Differenz):

lag 1: -0,46    lag 2: -0,27    lag 3:-0,31    lag 4: -0,16    lag5:-0,20    lag6:-0,23

(Vorbereitungsperiode)

lag 1: -0,39    lag 2: -0,45    lag 3:-0,27    lag 5: -0,21    lag 6:-0,19    lag 9:-0,17

(Wettkampfperiode)

Als nächstes soll untersucht werden, ob es einen Zusammenhang zwischen dem Differenzpuls früh und den Leistungsparametern „Schlagfrequenz zu den verschiedenen Tageszeiten“ gibt. Die entsprechenden Kreuzkorrelationen sind im Folgenden zusammengestellt.

Tab. 70: Vp9; Kreuzkorrelationen zwischen der Pulsdifferenz früh und den Schlägen zu verschiedenen Tageszeiten (jeweils 1.Differenzen)

Vorbereitungsperiode (n = 184)	Wettkampfperiode (n = 143)
<b>Differenzpuls früh und Schläge früh:</b> lag -1:-0,12    lag -10:-0,15	<b>Differenzpuls früh und Schläge früh:</b> lag 0:-0,19    lag -2: 0,23    lag -6: 0,22 lag -7:-0,18    lag -3:0,16    lag -4:-0,15
<b>Differenzpuls früh und Schläge vor d. Tr.:</b> lag -5:-0,15    lag -7: 0,20	<b>Differenzpuls früh und Schläge vor d. Tr.:</b> lag -3:-0,16    lag -4: -0,15
<b>Differenzpuls früh und Schläge nach d. Tr.:</b> lag -9:-0,35    lag -10: 0,18	<b>Differenzpuls früh und Schläge nach d. Tr.:</b> lag -1: 0,20    lag -7:-0,23    lag -8: 0,14

Auch diese Kreuzkorrelationen sind bis auf lag -9 bei der Korrelation des Differenzpulses mit den Schlägen nach dem Training in der Vorbereitungsperiode sehr wenig aussagekräftig, da die niedrigen Werte auf einen sehr schwachen bis gar keinen Zusammenhang hindeuten. Von einem Wirkungsgefüge kann auch hier nicht gesprochen werden.

Die Gleitmitteldarstellung der Stimmungsfaktoren F1 und F2, des Differenzpulses früh und der Schläge früh geben auch hier wichtige Informationen über die Gesamtbefindlichkeit des Athleten.

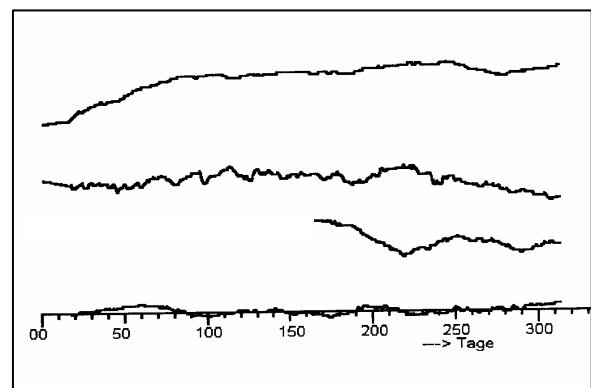
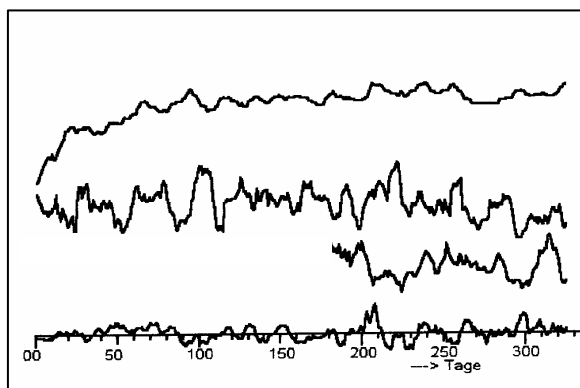


Abb.121: 7-Tage-Gleitmittelwerte

Abb. 122: 31-Tage-Gleitmittelwerte

Abb. 121 -122:Vp9 ; F1, F2, Differenzpuls früh, Schläge früh (von unten nach oben, versetzte Darstellung)

Die Schlagfrequenz ist langfristig steigend, erst gegen Ende der Saison fällt sie (ab ca. Tag 250), eine Zeit, in der der Athlet beginnt, sich über einen längeren Zeitraum nicht sehr leistungsfähig zu fühlen. Insofern kann der Einsatz dieses Instruments zur

Trainingsanalyse ähnlich wie die Skippings bei den Läufern benutzt werden. Eine ganz andere - konträre - Entwicklung als vermutet erkennen wir bei den Pulsen. Hier sind die höchsten Werte zu den Zeiten der besten Leistungen und umgekehrt. Als Erklärungsansatz könnte dienen, dass der Boxer psychisch vor Wettkämpfen derart angespannt ist, dass dadurch andere Effekte überlagert werden. Bei aller Vorsicht der Aussage könnten dadurch höchstens Aussagen über die mentale Kampfeinstellung des Sportlers gemacht werden. Dies würde auch die niedrigen Pulswerte gegen Ende der Saison erklären.

Der Athlet reagiert aber auch auf private Emotionen mit erhöhten Pulsen (Siehe Vorbereitungsperiode), so dass Aussagen sehr sauber abgewogen und unter Berücksichtigung des Lebensgesamtes des Athleten getroffen werden müssen.

Bei der Flimmerverschmelzungsfrequenz spiegeln sich gewisse sportliche Entwicklungen ab ca. Tag 270 wieder. (Die FVF früh und vor dem Training bei Vp9 basiert nur auf Daten von Tag 85 bis 184 in der Vorbereitungs- und Tag 185 bis 327 in der Wettkampfperiode, da die Messgeräte verspätet geliefert wurden.)

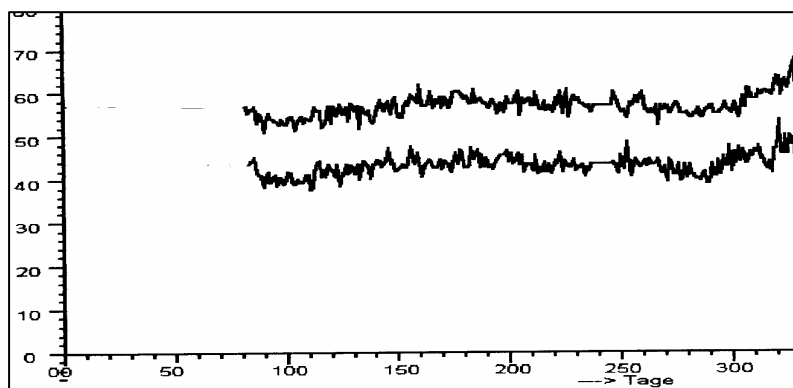


Abb.123: Vp9; Flimmerverschmelzungsfrequenz früh (unten) und vor dem Training (oben) (verspätet erfasst; versetzte Darstellung)

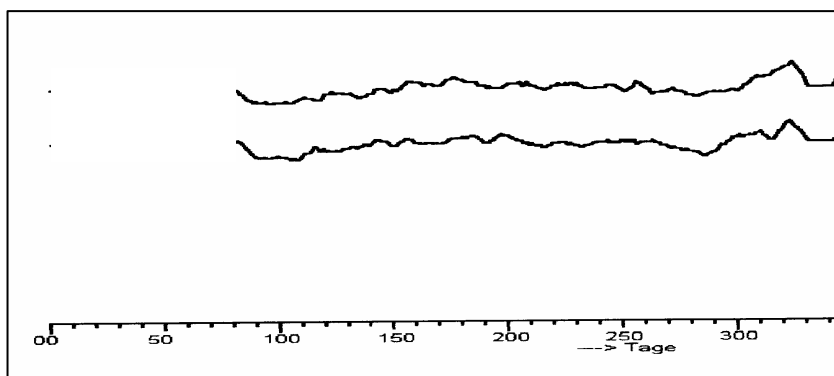


Abb.124: Vp9; 7-Tage-Gleitmittelwert von Flimmerverschmelzungsfrequenz früh (unten) und vor dem Training (oben) (verspätet erfasst; versetzte Darstellung)

Man erkennt, dass die FVF sinkt zu Zeiten als sich der Athlet schlapp fühlte (Tag 273 - 280). Auch die Darminfektion ab Tag 311 schlägt sich nieder ebenso wie der zeitweilige Formanstieg am Ende der eigentlichen Wettkampfaaison (Tag 322 - 327). Insgesamt erscheint aber auch bei diesem Athleten die FVF zu wenig empfindlich zu sein. Insbesondere im Zeitraum bis zu Tag 270 zeigen sich nur geringe Schwankungen (vgl. Abb. 124).

Die Autokorrelations- und partiellen Autokorrelationskoeffizienten nehmen wieder nur bei lag 1 deutlich überzufällige Werte an, wie die Tabellen unten zeigen.

Tab. 71: Vp9; ACF der Flimmerverschmelzungsfrequenz

Vorbereitungsperiode (Tag 85 -184)	Wettkampfperiode (Tag 185 -327)
<b>FVF früh:</b> lag 1: -0,47	<b>FVF früh:</b> lag 1: -0,46
<b>FVF vor d. Training:</b> lag 1: -0,40	<b>FVF vor d. Training:</b> lag 1: -0,62

Tab. 72: Vp9; PACF der Flimmerverschmelzungsfrequenz

Vorbereitungsperiode (Tag 85 - 184)	Wettkampfperiode (Tag 185 -327)
<b>FVF früh:</b> lag 1: -0,47      lag 2: -0,32 lag 4 : -0,22      lag 10: -0,21	<b>FVF früh:</b> lag 1: -0,46      lag 2: -0,39
<b>FVF vor d. Training:</b> lag 1: -0,40      lag 2: -0,24 lag 3: -0,26	<b>FVF vor d. Training:</b> lag 1: -0,62      lag 2: -0,34 lag 6: -0,15

Auch zwischen der FVF und der Schlagzahl ergibt sich kein sehr deutlicher Zusammenhang, wie die Kreuzkorrelationen zeigen.

Tab. 73: Vp9; Kreuzkorrelationen zwischen FVF u. Schlägen (1. Differenzen) zu verschiedenen Zeiten

Vorbereitungsperiode	Wettkampfperiode
<b>FVF früh und Schläge früh:</b> Zufall	<b>FVF früh und Schläge früh:</b> lag 0: 0,27
<b>FVF vor d. Tr. und Schläge vor d. Tr.:</b> lag 0: 0,36	<b>FVF vor d. Tr. und Schläge vor d. Tr.:</b> Zufall

### 3.4.8 Modellcharakter

Auch bei diesem Athleten versuchten wir den Modelltyp seines Systems einzugrenzen.

Dazu kamen wieder die Methodik des Bootstrapping sowie die Vorhersagemethode nach SUGIHARA und MAY als dynamische Prüfgröße zur Anwendung. Als Zeitverzögerungskonstante kommt gemäß der Faustregel für  $\tau$  derjenige lag zur Anwendung, bei dem die Autokorrelationsfunktion ihr erstes Minimum aufweist. Auf der Basis der Vorhersagegüten wurden für die Zeitreihen der Vorbereitungsperiode und der Wettkampfperiode die Nullhypothesen Zufall und Linearität geprüft. Dabei wurden N=50 Surrogatdatensätze verwendet. Die Testergebnisse sind in Tab. 74 zusammengefasst.

Tab. 74: Ergebnisse der Modellanalyse-Wettkampfperiode (auf der Basis zugehöriger Signifikanztests)

	Vp						Wp					
	Faktor	max. Vorhersagegüte	Nullhypothese 1	Nullhypothese 2	$\lambda$	Modell	Faktor	max. Vorhersagegüte	Nullhypothese 1	Nullhypothese 2	$\lambda$	Modell
<b>Vp9</b>	1	0,275	2,803	2,196	0,24	chaos	1	0,173	0,92	1,23	-	Zufall linear
	-						2	0,220	1,62	1,33		Zufall linear

Legende:

Vorhersagegüte: Grad der Vorhersagbarkeit, Nullhypothese 1: Zufalls-Effektmaß, Nullhypothese 2: Linearitätseffektmaß,  $\lambda$ : Wert des größten Lyapunov-Exponenten

Bei dem Athleten deutet sich in der Vorbereitungsperiode ( $\tau = 3$  und  $m = 1$  für F1) ein System auf der Basis eines deterministischen Chaos an, während in der Wettkampfperiode (F1:  $\tau = 2$  und  $m = 1$ ; F2:  $\tau = 4$  und  $m = 4$ ) u.a. Zufall oder Linearität der Systemstruktur zugrunde liegen.

### 3.4.9 Zusammenfassung und Vergleich Boxen

Der Sportler nahm an der Untersuchung in vollem Umfang teil.

Sein ursprüngliches System erschien so komplex, dass für eine visuelle Inspektion nur eine Teilanalyse möglich war. Sein System war nach Anwendung der Faktorenanalyse früh in der Vorbereitungsperiode einfaktoriell, sonst zweifaktoriell, die Führungsgröße war in der Vorbereitungsperiode bei Faktor 1 früh die gehobene und vor und nach dem Training die Missstimmung und bei Faktor 2 die Müdigkeit, in der Wettkampfperiode bei Faktor 1 die Missstimmung bzw. die gedrückte Stimmung und bei Faktor 2 die Trägheit.

Die deutliche negative Autokorrelation bei lag 1 liegt auch bei ihm vor. Bei dem Athleten waren zum einen das instabile persönliche Umfeld sowie die erheblich größere Strukturbewegung in der Wettkampfperiode auffällig.

Der Athlet trainierte in der Vorbereitungsperiode völlig unsystematisch, was eine Trainingsintervention erforderlich machte.

Eine Besonderheit ergab sich bei der Beurteilung der Pulse. Obwohl das Boxen auch eine nicht unerhebliche Ausdauerkomponente hat, zeigte sich bei den Pulsen ein inverser Verlauf zu den Ergebnissen anderer Sportler. Je besser der Athlet auf wichtige Saisonhöhepunkte hinarbeitete, desto höher war diese Pulsdifferenz. Wir führen dies auf das Überlagern der psychischen Pulskomponente über die physische zurück. Dadurch kann dieser Puls als Indikator für die Einstellung /Form des Sportlers dennoch herangezogen werden, zumindest bei diesem Athleten.

Die Ergebnisse waren ansonsten identisch mit denen der vorhergehenden Sportarten. Lediglich die visuelle Inspektion des zeitlichen Verlaufs der Flimmerverschmelzungsfrequenz ließ bei diesem Sportler zumindest teilweise einen Zusammenhang zu realen Ereignissen erkennen.

Die Systemdetektion ergab folgendes Ergebnis:

Tab. 75: Modelldetektion von Vp9

	Vp		Wp	
	Faktor	Modell	Faktor	Modell
<b>Vp9</b>	1	chaos	1	Zufall linear
	-		2	Zufall linear



### **3.5 Basketball**

Im Folgenden wollen wir die Systeme von 4 Basketballerinnen betrachten. Das interessante ist, dass sie alle am gleichen Tag mit der Erhebung begonnen haben, das gleiche Training absolviert haben und in derselben Mannschaft spielen. Eine Spielerin ist Sport-, eine andere Medizinstudentin, die beiden weiteren sind berufstätig.

#### **3.5.1 Eckpunkte des Trainingsjahres**

Die Zielvorgabe dieser weiblichen Regionalligamannschaft bestand darin, nach einer verletzungsbedingten mäßigen Vorjahressaison den Aufstieg in die nächsthöhere Spielklasse zu schaffen. Erschwerend kam hinzu, dass zu befürchten war, dass einige Spielerinnen aus privaten Gründen und auf Grund starker Belastung durch Studienabschlüsse nur bedingt einsatzfähig waren. Der Spielplan erforderte eine sehr differenzierte Trainingssteuerung, da Spiele gegen starke Gegner über die ganze Saison verteilt waren. Die Untersuchung lief über 105 Tage, von denen 40 Trainings- bzw. Spieltage waren. Die durchschnittliche Trainings- und Wettkampfdichte betrug somit 2,66. Die umfangreichsten Trainingsarten in dieser Phase waren das Technik- (37%) und Taktiktraining (36%).

#### **3.5.2 Die Komplexität/Dynamik der Systeme**

Die folgenden Abbildungen zeigen den Verlauf der Originalzeitreihen bei den einzelnen Sportlerinnen. Wie bei den anderen Sportlern sieht man auch hier, dass die Systeme ursprünglich zu komplex sind, um dieser Form wesentliche Aussagen zu entnehmen. Deshalb wenden wir uns in einem zweiten Schritt wieder der versetzten Darstellung zu.

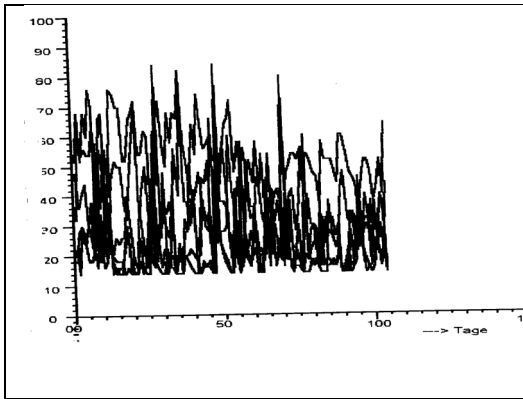


Abb. 125: Gesamtsystem v. d. Tr. Vp10

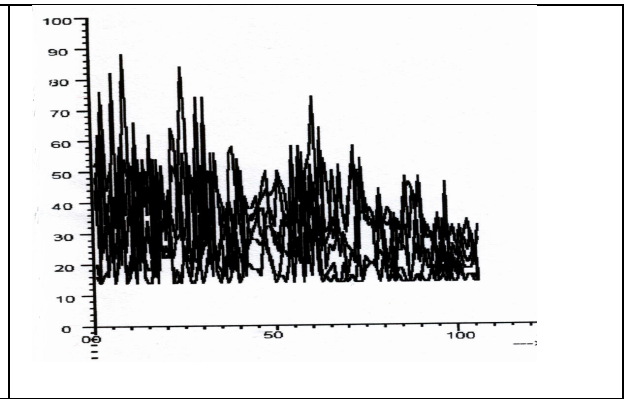


Abb. 126: Gesamtsystem v. d. Tr. Vp11

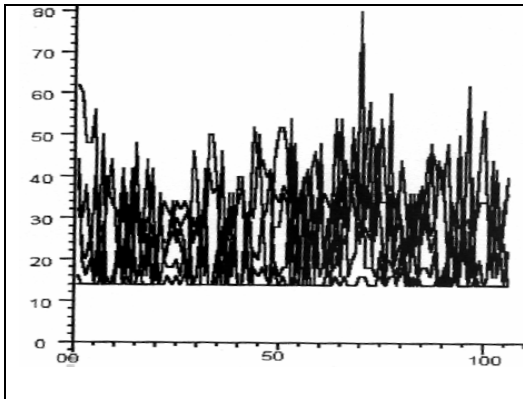


Abb. 127: Gesamtsystem v. d. Tr. Vp12

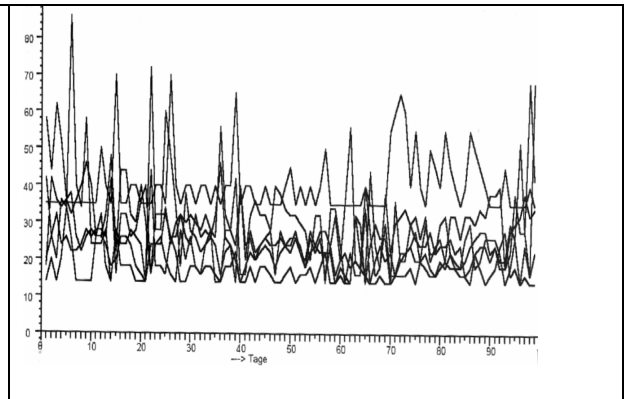


Abb. 128: Gesamtsystem v. d. Tr. Vp13

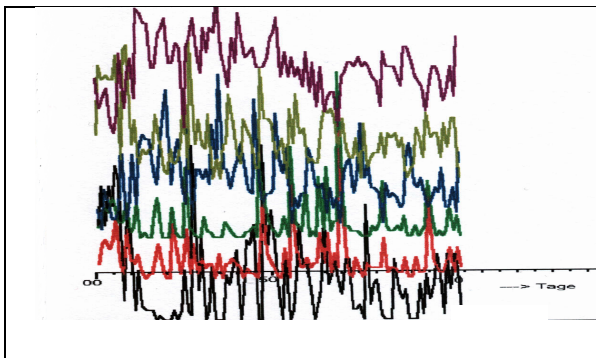


Abb. 129: Vp10

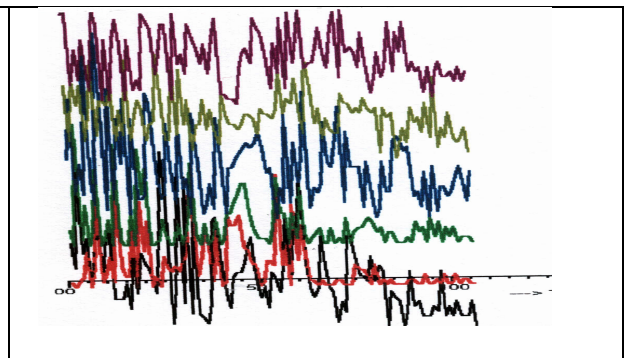


Abb. 130: Vp11

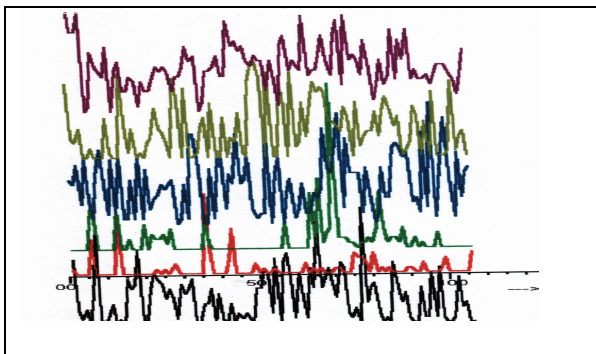


Abb. 131: Vp12

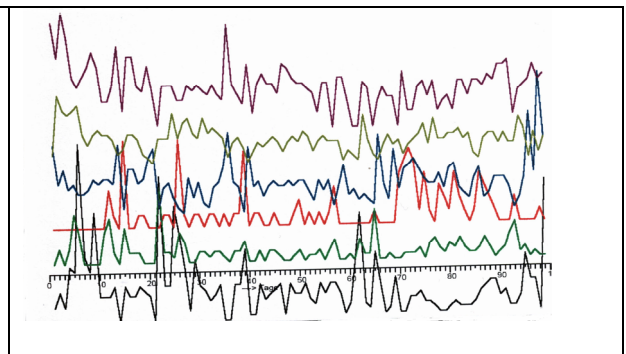


Abb. 132: Vp13

Abb.129-132: Gesamtsystem v. d. Training Vp10 bis Vp13 (versetzte Darstellung)

Legende: schwarz = Müdigkeit, rot = gedrückte Stimmung, grün = Misstimmung, blau = gehobene Stimmung, oliv = Trägheit, lila = ausgelassene Stimmung

Obwohl die Athletinnen absolut gleiche Trainings- und Wettkampfbelastungen haben, weisen die Systeme intra- und interindividuell inhomogene Strukturen auf (= Hypothese 1).

Tab. 76: Systemstruktur von Vp10-13 zu verschiedenen Tageszeiten

<b>Vp10</b>					
<b>früh</b>		<b>vor dem Training</b>		<b>nach dem Training</b>	
F1	F2	F1	F2	F1	F2
p,j,g,d,m,a	-	h,e,q	n,b,k	i,f,r,l	c,o
V = 40,61	-	V = 39,19	V = 36,28	V = 44,27	V = 29,31
Vsu = 40,61		Vsu = 75,47		Vsu = 73,58	
<b>Vp11</b>					
<b>früh</b>		<b>vor dem Training</b>		<b>nach dem Training</b>	
F1	F2	F1	F2	F1	F2
j,p,g,d	m,a	h,k,n,q,e,b	-	r,l,i,f	c,o
V = 39,29	V = 31,16	V = 45,92		V = 41,63	V = 28,34
Vsu = 70,45		Vsu = 45,92		Vsu = 69,98	
<b>Vp12</b>					
<b>früh</b>		<b>vor dem Training</b>		<b>nach dem Training</b>	
F1	F2	F1	F2	F1	F2
m,p,j,a,d,g	-	n,k,b	h,e,q	i,f,r	o,l,c
V = 57,11	-	V = 34,49	V = 28,59	V = 34,59	V = 25,58
Vsu = 57,11		Vsu = 63,06		Vsu = 60,17	
<b>Vp13</b>					
<b>früh</b>		<b>vor dem Training</b>		<b>nach dem Training</b>	
F1	F2	F1	F2	F1	F2
j,g,m,a	p,d	q,h,e	n,k,b	i,f,r	o,c,l
V = 60,93	V = 21,03	V = 24,08	V = 22,72	V = 32,96	V = 25,36
Vsu = 81,96		Vsu = 46,81		Vsu = 58,32	

Legende:

F1: Faktor/Dimension 1; F2: Faktor/Dimension 2; V = Varianzanteil; Vsu = Gesamtvarianzanteil;  
**a, b, c:** Müdigkeit; **d, e, f:** gedrückte Stimmung; **g, h, i:** Missstimmung; j, k, l: gehobene Stimmung;  
**m, n, o:** Trägheit; p, q, r: ausgelassene Stimmung

Die Faktorenanalyse gibt das bereits gewohnte Ergebnis. Das System lässt sich auf einen bzw. zwei Faktoren zusammenfassen. Die Führungsgrößen sind nicht einheitlich. Sehr große Ähnlichkeiten finden sich wie Tab. 76 zeigt allerdings bei den Faktoren 1 und 2 nach dem Training. Auffallend ist, dass das System bei 2 Sportlerinnen früh noch weniger Freiheitsgrade hat. Nach dem Trainingseinfluss liegt jedoch bei allen Basketballerinnen ein zweifaktorielles System vor. Das Training hat also auch hier das System in Unordnung gebracht. Während bei 3 von 4 Spielerinnen früh positive Stimmungslagen dominiert haben, schlägt die Führungsgröße nach dem Training um. Die höchste Faktorladung hat nun die Variable der Missstimmung. Nur bei einer Athletin, die in ihrem Tagebuch mit fortschreitender Saison feststellt, dass Sie erfreut ist, dass sie sich in Training und Spiel immer mehr zutraut, dominiert die aus-

gelassene Stimmung zu diesem Zeitpunkt. Drei Spielerinnen machen Angaben zum Verhältnis zu Trainer und Mannschaft, und es fällt auf, dass es hierbei durchaus Probleme gibt. Auch wird das Training als emotional sehr belastend eingestuft. Hier könnte die Ursache für das veränderte Stimmungsverhalten liegen. (Vgl. Abb.133) Dieser Frage müsste jedoch gesondert nachgegangen werden und soll nicht Gegenstand dieser Arbeit sein.

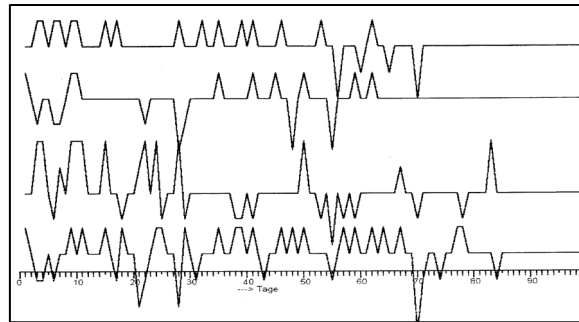


Abb. 133: Verhältnis Trainer und Vp10 bis Vp13  
(von unten nach oben versetzt)

### 3.5.3 Relationale Prozessparameter

Bei der Betrachtung der Basketballspielerinnen geht es uns im Wesentlichen darum, die unterschiedlichen Entwicklungsverläufe bei gleichen Belastungen aufzuzeigen. Es ist in diesem Fall weniger Gegenstand des Interesses, die Begleitumstände zu analysieren, die zu einem Maximum oder Minimum der Stimmungsfaktoren führen können. Aus diesem Grund wollen wir uns hier nicht weiter relationalen Prozessparametern zuwenden, sondern den Schwerpunkt gleich auf die Gleitmittelwerte legen.

### 3.5.4 Prozessanalyse mit Gleitmittelwerten

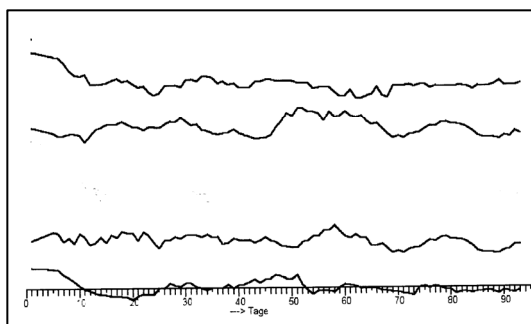


Abb. 134: 7-Tage-Gleitmittelwert Faktor 1 vor d. Tr. Vp10 bis Vp13 (von unten nach oben; versetzte Darstellung)

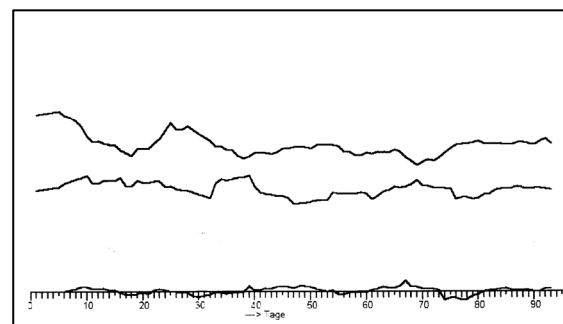


Abb. 135: 7-Tage-Gleitmittelwert Faktor 2 vor d. Tr. Vp10, Vp12 und Vp13 (von unten nach oben; versetzte Darstellung)

Die Systeme haben die Tendenz zur Homöostase. Lediglich Vp12 weicht bei Faktor 1 früh in erheblichem Maße von Tag 45 bis Tag 70 von der Gleichgewichtslinie ab. Besondere Ereignisse wurden nicht protokolliert. Lediglich Vp11 verspürt im Dezember öfter eine Müdigkeit und bei Vp12 ist in der letzten Novemberwoche eine Erkältung zu verzeichnen. Ansonsten haben die Kurven eine unterschiedliche Struktur. Selbst bei den beiden Sportlerinnen mit derselben Führungsgröße (gehobene Stimmung) haben die Grafen unterschiedliche Prozessgestalt. Es lassen sich auch keine charakteristischen Entwicklungen in Bezug zur Leistung erkennen. Lediglich bei Vp10 gibt es eine gewisse Tendenz, dass die Spielerin dann besonders schlechte Spielbewertungen durch den Trainer bekommen hat (vgl. Tab. 77), wenn der Faktor 1, bei dem die ausgelassene Stimmung die höchste Faktorladung hat, negative Werte annimmt. Jedes System findet, wenn auch zeitlich versetzt, immer wieder sein Gleichgewicht. Dies wird sicherlich durch die relativ geringe Trainingsfrequenz in dieser Leistungsklasse unterstützt, so dass dem System hinreichende Regenerationszeiten zur Verfügung stehen.

Tab. 77: Leistungseinschätzung der Spielerinnen an den Spieltagen durch den Trainer

Start:27.9

	17.10 Tag 21	24.10 Tag 28	31.10 Tag 35	6.11 Tag 41	13.11 Tag 48	20.11 Tag 55	27.11 Tag 62	5.12 Tag 70	12.12 Tag 77	19.12 Tag 84
Vp10	8	11	12	14	10	2	10	5	11	10
Vp11	10	7	10	6	8	6	7	10	-	12
Vp12	10	5	10	10	9	7	12	10	-	-
Vp13	9	10	12	13	9	9	10	6	-	5
	Würz- burg	Würz- burg	Jena	Haar	Waser- burg	Schwa- bing	Nörd- lingen	Weil- heim	Kem- mern	Herzogen- aurach

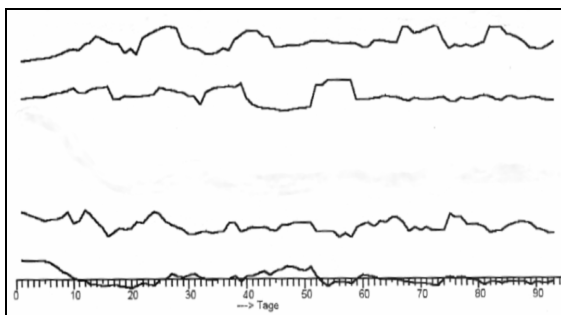


Abb. 136: 7-Tage-Gleitmittelwert Faktor 1 nach d. Tr. Vp10 bis Vp13 (von unten nach oben; versetzte Darstellung)

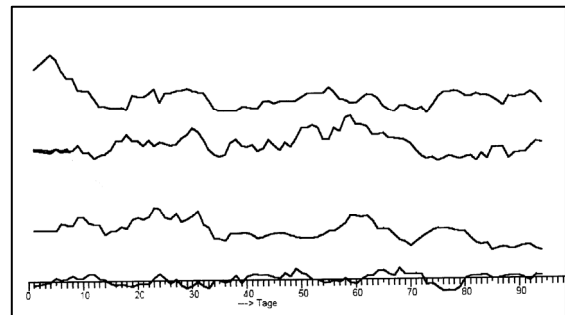


Abb. 137: 7-Tage-Gleitmittelwert Faktor 2 nach d. Tr. Vp10 bis Vp13 (von unten nach oben; versetzte Darstellung)

Wegen des geringen Varianzanteils sollte F2 nur ergänzend herangezogen werden. Es bestätigen sich im Wesentlichen die Feststellungen bei F1.

### 3.5.5 Makroebene

Auch auf der Makroebene gibt es keine größeren kumulativen Effekte. Durch die geringe Anzahl von Trainingstagen gibt es offensichtlich immer wieder hinreichend Regenerationszeiten, so dass es erst gar nicht zu einer Anhäufung von Belastungswirkungen auch auf der Makroebene kommen kann.

Aus Gründen der relativ kurzen Zeitreihe wurde in diesem Fall nur über 7 Tage aufsummiert. Selbst nach dem Training ist immer ein gewisses Gleichgewichtsverhalten erkennbar. Lediglich bei Vp11 und 12 pendelt sich die Belastung auf einem etwas höheren Niveau ein.

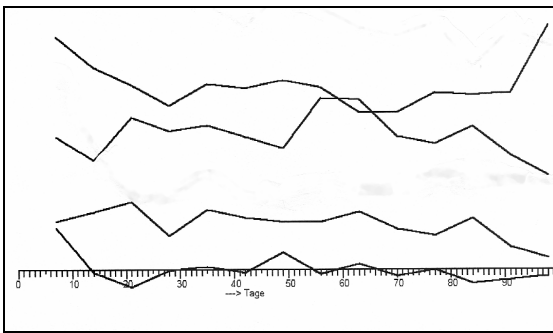


Abb. 138: Makroebene Faktor 1 vor d. Tr. 7-Tages-Summe von Vp10 bis Vp13 (von unten nach oben; versetzte Darstellung)

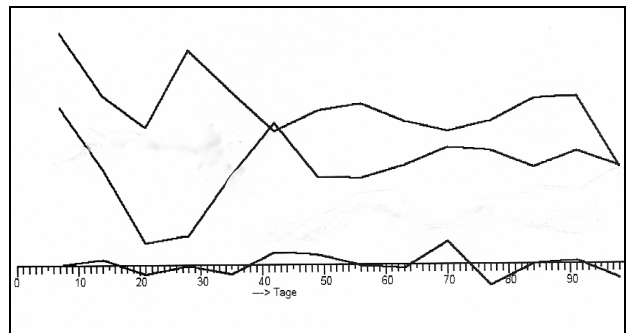


Abb. 139: Makroebene Faktor 2 vor d. Tr. 7-Tages-Summe von Vp10, Vp12 u. Vp13 (von unten nach oben; versetzte Darstellung)

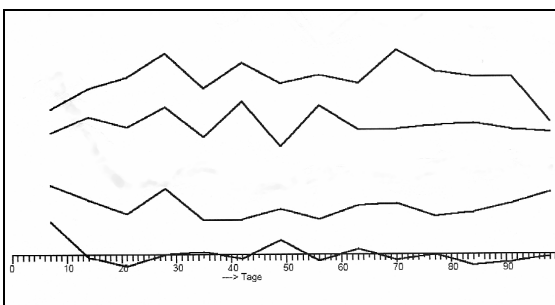


Abb. 140: Makroebene Faktor 1 nach d. Tr. 7-Tages-Summe von Vp10 bis Vp13 (von unten nach oben; versetzte Darstellung)

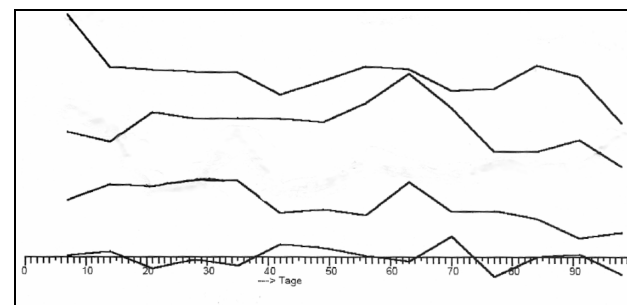


Abb. 141: Makroebene Faktor 2 nach d. Tr. 7-Tages-Summe von Vp10 bis Vp13 (von unten nach oben; versetzte Darstellung)

### 3.5.6 Regelmäßigkeiten

Die Regelmäßigkeiten, aufgedeckt durch die ACF, sind bei diesen Sportlerinnen der Höhe nach am stärksten ausgeprägt. Bei der 1. Differenz dominiert auch hier die negative Korrelation. Da praktisch kein einziges mal 2 Tage aufeinander trainiert wird, stellt sich das System leichter auf einen Rhythmus von Be- und Entlastung ein. Dabei gibt es Überschneidungen von Trainingseffekten sicher seltener als bei anderen Sportarten, aber sie sind dennoch möglich, wenn man sich die Höhe der Korrelationen betrachtet (z.B. längere Nachwirkungen eines sehr anstrengenden Punktspiels, Belastungen im Alltag, etc.). Dies gilt sowohl für die Situation vor als auch nach dem Training.

Tab. 78: ACF der Faktoren von Vp10 - Vp13 zu verschiedenen Tageszeiten

	ACF	ACF (1. Differenz)
<b>Faktor 1 früh</b>		
Vp10(n=104)	Zufall	lag 1:-0,56 lag 2:-0,22
Vp11	lag 1 : -0,21 lag 12:0,20	lag 1:-0,62
Vp12	lag 16:-0,20	lag 1:-0,56
Vp13(n=99)	lag 4: 0,21	lag 1:-0,46
<b>Faktor 2 früh</b>		
Vp10(n=104)	lag 1:-0,18 lag 8: -0,29	lag 1:-0,56 lag 7:0,24 lag 8:-0,33
Vp11	-	-
Vp12	lag 7: 0,37	lag 1:-0,37 lag 7:0,42 lag 8:-0,39
Vp13(n=99)	lag 1: 0,32 lag 2: 0,26	lag 1:-0,43
<b>Faktor 1 nach d. Training</b>		
Vp10(n=104)	Zufall	lag 1:-0,58 lag 6:-0,24
Vp11	lag 12: 0,23	lag 1:-0,47 lag 12:0,22 lag 15:-0,22
Vp12	lag 19: 0,21	lag 1:-0,45 lag 19:0,23
Vp13(n=99)	Zufall	lag 1:-0,49
<b>Faktor 2 nach d. Training</b>		
Vp10(n=104)	lag 1:-0,19 lag 8:-0,31	lag 1:-0,57 lag 7:0,29 lag 8:-0,37
Vp11	lag 1: 0,43	lag 1:-0,47 lag 4:0,23 lag 14:0,24
Vp12	lag 4:-0,21	lag 1:-0,62 lag 4:-0,25
Vp13(n=99)	lag 1: 0,21 lag 2: 0,19	lag 1:-0,47

Tab. 79: PACF der Faktoren von Vp10 - Vp13 zu verschiedenen Tageszeiten

	PACF	PACF (1. Differenz)
<b>Faktor 1 früh</b>		
Vp10(n=104)	Zufall	lag 1:-0,56 lag 2:-0,32 lag 3:-0,25
Vp11	lag 1:-0,18 lag 8:-0,26	lag 1:-0,56 lag 2:-0,41 lag 3:-0,32 lag 4:-0,20 lag 6:-0,25
Vp12	lag 7: 0,19	lag 1:-0,56 lag 2:-0,37 lag 4:-0,19 lag 6:-0,27
Vp13(n=99)	Zufall	lag 1:-0,46 lag 2: 0,43 lag 3:-0,38
<b>Faktor 2 früh</b>		
Vp10(n=104)	lag 1:-0,18 lag 8:-0,26	lag 1:-0,56 lag 2:-0,41 lag 3:-0,32 lag 4:-0,20 lag 6:-0,25
Vp11	-	-
Vp12	lag 7:0,33 lag 8:-0,24	lag 1:-0,37 lag 2:-0,35 lag 3 :-0,20 lag 5:-0,28 lag 6:-0,30 lag 7: 0,22
Vp13(n=99)	lag 1:0,32 lag 2:-0,22	lag 1:-0,43 lag 2:-0,21
<b>Faktor 1 nach d. Training</b>		
Vp10(n=104)	Zufall	lag 1:-0,58 lag 2:-0,31 lag 3:-0,27
Vp11	Zufall	lag 1:-0,58 lag 2:- 0,31 lag 3:-0,27 lag 4:-0,26 lag 6:-0,19
Vp12	Zufall	lag 1:-0,45 lag 2:-0,25 lag 3:-0,21
Vp13(n=99)	Zufall	lag 1:-0,49 lag 3:-0,24 lag 4:-0,24 lag 6:-0,20 lag 7:-0,22
<b>Faktor 2 nach d. Training</b>		
Vp10(n=104)	lag 1:-0,19 lag 8:-0,26	lag 1:-0,57 lag 2:-0,40 lag 3:-0,31 lag 4:-0,21 lag 6:-0,28
Vp11	lag 1:-0,19 lag 8:-0,26	lag 1:-0,57 lag 2:-0,40 lag 3:-0,31 lag 4:-0,21 lag 6:-0,28
Vp12	lag 4:-0,23 lag 6: 0,18 lag 7: 0,23	lag 1:-0,62 lag 2:-0,34 lag 4:-0,31 lag 5:-0,30 lag 6:-0,31 lag 8:-0,19
Vp13(n=99)	lag 1:0,21 lag 9:-0,19	lag 1:-0,47 lag 2:-0,24 lag 4:-0,22

Auch bei der PACF haben wir den Effekt, dass eine Belastung besonders stark am ersten Tag negativ korreliert und dann bei lag 2 und 3 bei erheblich geringerem Zusammenhang nachwirkt. Dieses Belastungsbild zeigt sich zumindest für die ersten drei lags bei den Basketballerinnen viel deutlicher als bei den anderen Sportlern und könnte bei aller Vorsicht darauf hin deuten, dass es durch die klarere Trainingsstruktur in der Wettkampfphase (geringer konditioneller Anteil) und die relativ wenigen, aber festen Trainingstage zu größeren Regelmäßigkeiten im Be- und Entlastungsverhalten der Spielersysteme kommt - nicht zuletzt auch durch den geringeren Einfluss der schon angesprochenen kumulativen Belastungen.



### 3.5.7 Wirkungsgefüge

Auf Grund der Erfahrungen mit der Pulsanalyse des Boxers soll versucht werden, ob bei Sportarten und Leistungsklassen, bei denen die Ausdauer nicht im Vordergrund steht, neben den Faktoren mit der zeitreihenanalytischen Erfassung und Auswertung des einfachen Morgenpulses auch Aussagen im Sinne eines Wirkungsgefüges getroffen werden können.

Tab. 80: Kreuzkorrelationen von Vp10 - Vp13

<b>Kreuzkorrelationen von Puls früh und Würfe vor dem Training</b>	
Vp10	Zufall
Vp11	lag -1:-0,21
Vp12	Zufall
Vp13	Zufall
<b>Kreuzkorrelationen von Puls vor dem Training und Würfe vor dem Training</b>	
Vp10	Zufall
Vp11	lag 0:0,28
Vp12	lag 0:0,39 lag -1:-0,17
Vp13	Zufall
<b>Kreuzkorrelationen von Faktor 1 früh und Würfe vor dem Training</b>	
Vp10	lag 0: 0,38 lag -1:-0,33
Vp11	lag 0: 0,28
Vp12	lag 0: 0,20
Vp13	lag -7:-0,26
<b>Kreuzkorrelationen von Faktor 2 früh und Würfe vor dem Training</b>	
Vp10	-
Vp11	Lag -9:0,27
Vp12	-
Vp13	Lag 0: 0,23
<b>Kreuzkorrelationen von Faktor 1 vor dem Training und Würfe vor dem Training</b>	
Vp10	lag 0: 0,41 lag -1:-0,24
Vp11	lag -5:-0,20 lag -7: 0,21
Vp12	lag 0:-0,35 lag -7:-0,20
Vp13	lag -7:-0,21
<b>Kreuzkorrelationen von Faktor 2 vor dem Training und Würfe vor dem Training</b>	
Vp10	lag 0:-0,27 lag 7:-0,19
Vp11	-
Vp12	lag -9:0,19
Vp13	lag 0:0,21

Bei der Auswertung der Beziehungen zwischen Leistungsparameter und Stimmungsfaktoren bzw. Pulsraten lassen sich unsystematisch Zusammenhänge bei lag 0 identifizieren. Dabei bekommt man für F1 früh und Wurf vor dem Training bei lag 0 beeindruckende überzufällige Ergebnisse (bei drei von vier Sportlerinnen positive Korrelationen), die möglicherweise einen gewissen Rückschluss auf die Tagesform zulassen. In gewissem Maße lässt sich noch in einigen Fällen eine negative Korrelation

bei lag -1 erkennen. Die anderen Beziehungen sind entweder zu schwach oder liegen zu sehr in der Zukunft, um von einem echten Wirkungsgefüge reden zu können. Um Leistungsentwicklungen während der Saison aufzudecken, soll der Gleitwert der Pulse bzw. Würfe betrachtet werden.

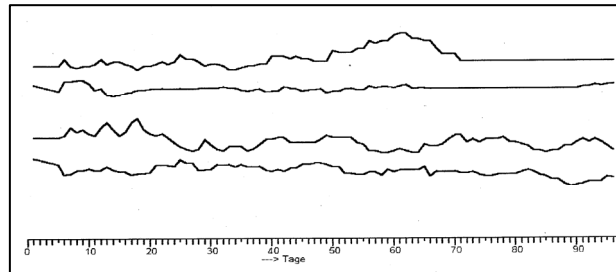


Abb. 142: 7-Tage-Gleitmittel der Würfe von Vp10 bis Vp13 (von unten, versetzte Darstellung)

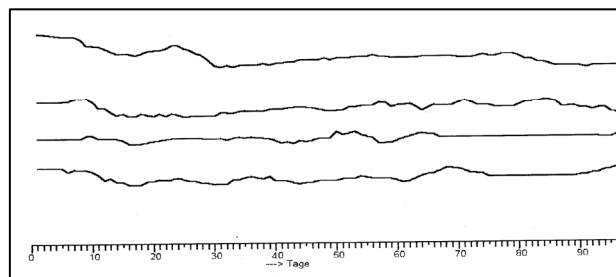


Abb. 143: 7-Tage-Gleitwert Puls von Vp10 bis Vp13 (von unten, versetzte Darstellung)

Keine der beiden Größen zeigt bei einer der Versuchspersonen einen Zusammenhang mit der Leistungseinschätzung durch den Trainer nach den Wettkampfspielen.

### 3.5.8 Modellcharakter

Im Basketball sind ACF und PACF stärker ausgeprägt als bei den anderen Sportlern. Auch bei den Wirkungszusammenhängen bei lag 0 ist mit Einschränkungen ein klareres Strukturverhalten erkennbar. Es soll deshalb auch bei den Basketballern der Versuch unternommen werden, die den Systemen möglicherweise zugrunde liegenden Modelltypen einzugrenzen (= Hypothese 6). Dazu verwenden wir wieder die Methodik des Bootstrapping sowie die Vorhersagemethode nach SUGIHARA und MAY als dynamische Prüfgröße. Als Zeitverzögerungskonstante kommt gemäß der Faust-

regel für  $\tau$  derjenige lag zur Anwendung, bei dem die Autokorrelationsfunktion ihr erstes Minimum aufweist. Auf der Basis der Vorhersagegüten wurden für die Zeitreihen der Vorbereitungsperiode und der Wettkampfperiode die Nullhypothesen Zufall und Linearität geprüft. Dabei wurden N=50 Surrogatdatensätze verwendet. Die Testergebnisse sind in Tab. 81 zusammengefasst.

Tab.81: Ergebnisse der Modellanalyse - Wettkampfperiode (auf der Basis zugehöriger Signifikanztests)

	Faktor	m	$\tau$	max.Vorhersagegüte	Nullhypothese 1	Nullhypothese 2	$\lambda$	Modell
<b>Vp10</b>	1	8	3	0,340	1,67	1,14	-	Zufall linear
	2	2	2	0,168	1,13	0,56		Zufall linear
<b>Vp11</b>	1	1	1	0,164	0,569	0,195		Zufall linear
<b>Vp12</b>	1	2	1	0,349	3,21	3,54	0,03	Chaos?
	2	2	3	0,330	2,38	2,31	0,02	Chaos?
<b>Vp13</b>	1	1	2	0,168	0,919	0,433		Zufall linear
	2	4	5	0,319	1,42	1,37		Zufall linear

Legende:  $\tau$ : Zeitverzögerungskonstante, m:Einbettungsdimension, Vorsagegüte: Grad der Vorhersagbarkeit, Nullhypothese 1: Zufalls-Effektmaß, Nullhypothese 2: Linearitätseffektmaß,  $\lambda$ : Wert des größten Lyapunov-Exponenten

Auffallend bei der Systemdetektion der Basketballerinnen ist, dass neben nicht aufgedeckten dynamischen Strukturen bis auf Vp12 in allen Fällen der Zufall, aber auch lineares Systemverhalten in der Wettkampfperiode nicht ausgeschlossen werden kann. Insofern tragen diese Ergebnisse auch nicht zu einem klareren Bild der Systemstruktur der Basketballerinnen bei.

Zwar kommt bei aller Vorsicht in der Aussage durch die Ablehnung beider Nullhypothesen und einem Wert  $\lambda > 0$  grundsätzlich deterministisches Chaos bei Vp12 in Frage. Da die Lyapunov-Exponenten aber nur ganz knapp über Null sind, erscheint uns dieses Ergebniss sehr fraglich. Es könnte ebenso ein unbekanntes, von uns nicht berücksichtigtes Systemverhalten vorliegen.

### 3.5.9 Zusammenfassung und Vergleich Basketball

Es ist uns gelungen mittels Faktorenanalyse auch das komplexe Variablensystem von Basketballern nach den Regeln der Synergetik auf wenige Ordnungsparameter (Faktoren) zu reduzieren.

Auch in diesen Fällen ist als Ergebnis festzuhalten, dass sich die reduzierten Systeme in ihren Strukturen sowohl hinsichtlich Dimensionalität als auch im Verlauf (visuelle Inspektion) und insbesondere in Bezug auf die Anzahl und Gewichtung der an einem Faktor beteiligten Variablen zum Teil erheblich voneinander unterscheiden. Die größte Ähnlichkeit konnte beim Zustand nach dem Training verzeichnet werden. Das Ergebnis wurde ab S.258 tabellarisch und grafisch zusammengefasst.

Weitere Strukturvergleiche sind nicht möglich. Das bei den anderen Sportarten ausgeführte gilt hier analog.

Abweichend von den allgemeinen Beobachtungen, die auch bei den anderen Sportlern auftraten, war bei diesen Mannschaftsmitgliedern auffallend, dass 3 von 4 Sportlerinnen eine gewisse Tendenz zeigten, von einer eher positiven Stimmung vor dem Training zu einer eher negativen Stimmung nach dem Training überzugehen. In diesem Kontext identifizierten wir gewisse Spannungen im Umfeld der Mannschaft.

Beim Versuch, Regelmäßigkeiten im Systemverhalten aufzudecken, konnten wir weiterhin feststellen, dass auch hier eine eindeutige entgegengesetzte Belastungsstruktur von einem Tag zum anderen besteht.

Sowohl ACF als auch PACF lieferten höhere Zusammenhänge. Wir führen dieses Ergebnis auf ein weniger komplexes Training in der Wettkampfperiode und ein weniger von gegenseitigen Trainings-/Belastungswirkungen kumulativ überlagertes System zurück.

Bei der Detektion von Wirkungsgefügen konnten wir bei lag 0 Zusammenhänge mittleren Ausmaßes zwischen Stimmungsfaktor 1 und Wurfsergebnis als Leistungsparameter festmachen.

Das abschließende Bemühen, die Sportlersysteme mit Hilfe der Surrogatmethode einzugrenzen, lieferte folgendes in der Tabelle zusammengefasstes Ergebnis:

Tab. 72: Modelldetektion von Vp10 - Vp13

	<b>Vp10</b>		<b>Vp11</b>		<b>Vp12</b>		<b>Vp13</b>	
<b>Faktor</b>	1	2	1	1	2	1	2	
<b>Modell</b>	Zufall linear	Zufall linear	Zufall linear	Chaos?	Chaos?	Zufall linear	Zufall linear	

#### **4. Das Softwaresystem TISSY**

Mangels Ausstattung mit Software und um die Algorithmik der Zeitreihenanalyse umfassend zu verstehen, wurde ursprünglich ein möglichst bedienerfreundliches Softwarepaket konzipiert, das gleichzeitig als brauchbares Tool für die vorliegende Untersuchung einsetzbar sein sollte.

Schon bald hat sich herauskristallisiert, dass mit diesem Instrument sehr gut der Verlauf und die Entwicklung von Sportlersystemen dargestellt werden konnte.

Es entstand daher die Idee, ein Softwarepaket für die Hand des Athleten und/oder Trainers, also für die Praxis, zu entwickeln, das die wichtigsten Aufgaben der Trainingsdokumentation im bisherigen „klassischen“ Sinne erfüllt. Wichtige Vorarbeiten haben hierzu STARISCHKA und seine Arbeitsgruppe geleistet.

Darüberhinausgehend sollte das Produkt zum einen einfache, nach kurzer Übung auch dem statistischen Laien vermittelbare Instrumente der Zeitreihenanalyse für eine Trainingsanalyse und -steuerung integriert anbieten.

Zum anderen sollte die Möglichkeit gegeben werden, die mit dieser Software erstellten Daten in Spezialprogrammen für den Wissenschaftler (SCA, SPSS, SAS, Winstat, etc.) problemlos für Zwecke einer umfassenden Zeitreihenanalyse bis hin zu multivariaten Modellanpassungen weiterzuverarbeiten, bzw. externe Daten, die beispielsweise der Trainer vom Athleten als Standardsoftwaredateien (Excel) geliefert bekommt, für weitere Analysen zu integrieren.

Es sollten weiterhin die in der vorliegenden Untersuchung als brauchbar deklarierten Befragungs-, Dokumentations- und Erfassungsinstrumente integrativ zur Verfügung gestellt werden. Das Programm sollte aber auch flexibel für weitere und neue Denkansätze erweiterbar sein.

Das Programm wurde ursprünglich noch unter DOS entwickelt und musste dann als WINDOWS-Anwendung neu programmiert werden. Als Endprodukt entstand das Softwarepaket TISSY (Time-Series-System-in-Sports), dessen Leistungsmerkmale im Folgenden exemplarisch dargestellt werden sollen.

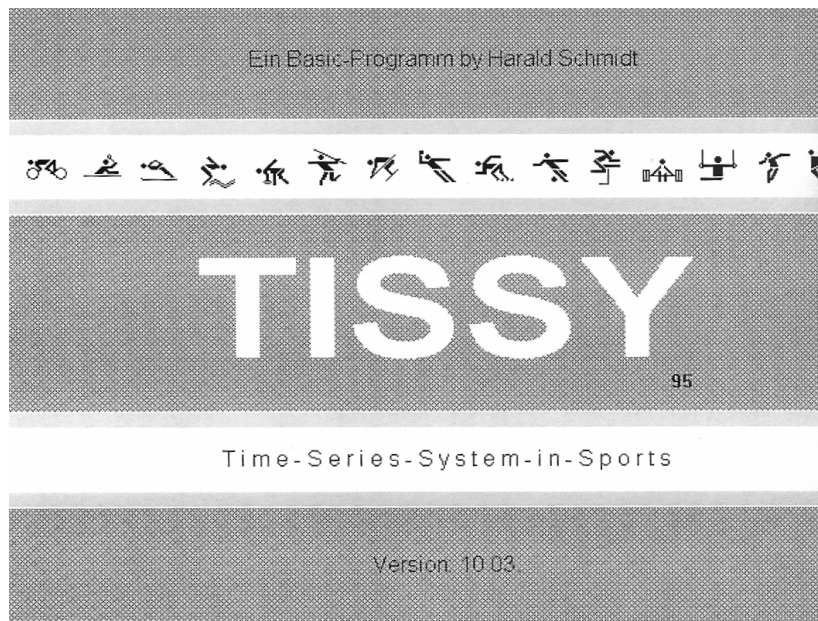


Abb. 144: Tissy Startbild

Mit TISSY können physische und psychische Variablen erfasst und auf vielfältigen Analyseebenen verdichtet werden. Trainingstagebuch und SAS-Skala nach HAMPEL sind dabei voreingestellt (vgl. Abb.145).

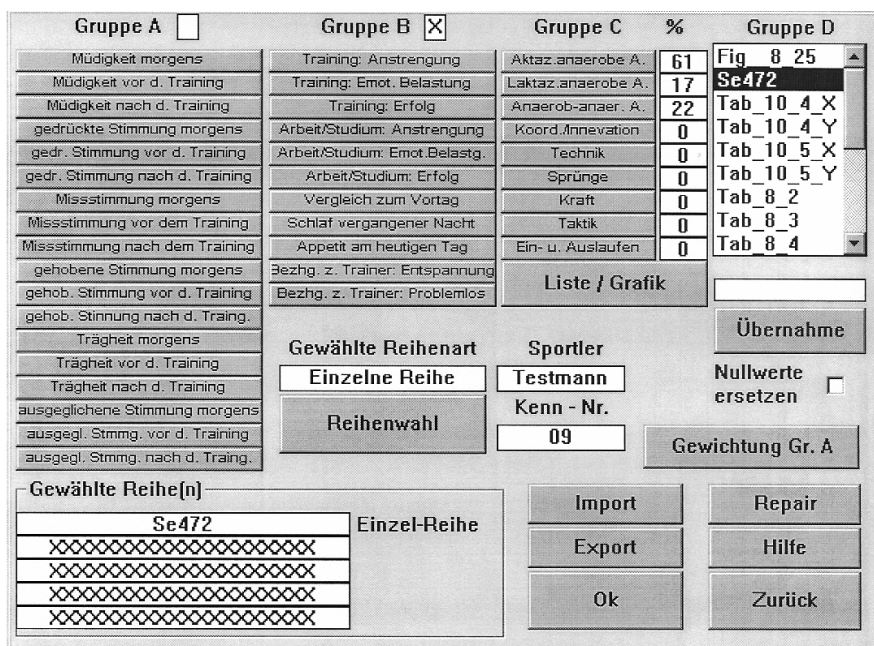


Abb. 145: Bildschirmdarstellung

Es können dabei die Daten auf vielfältige Weise tabellarisch und grafisch ausgewertet werden. Dies kann als Einzelgrafik oder für bis zu fünf Grafiken als Mehrfachdarstellung erfolgen, wobei zusätzlich die Option besteht, missing values durch Mittel-

werte über die Zeitreihe zu ersetzen. Die Möglichkeiten von TISSY sind dabei auf jeder Ebene der menuegesteuerten Benutzeroberfläche mit ausführlichen Erklärungs- und Helpfunktionen dokumentiert. Alle Auswertungen können für die ganze Zeitreihe vorgenommen werden oder nur für Segmente auf Mikroebene (Zeitintervall 1 Tag), aber auch in Anlehnung an die Ergebnisse unserer Untersuchung für die Makroebene bis zu 30 Tagen. Dies kann für die Originaldaten oder auch für die 1. oder 2. Differenz geschehen.

Die Darstellungsmöglichkeiten von Einzeldateien zeigt Abb. 146:

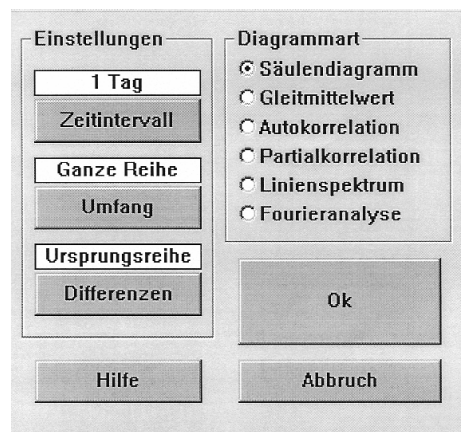


Abb. 146

Eine Auswahl aus dem Leistungsspektrum zeigen die Abb. 147 – 154.

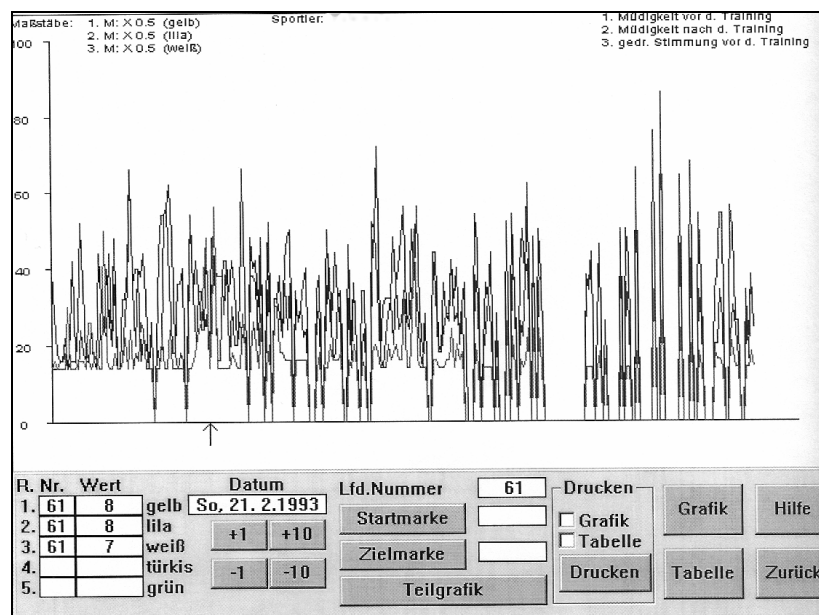


Abb.147: Darstellung mehrerer Zeitreihen



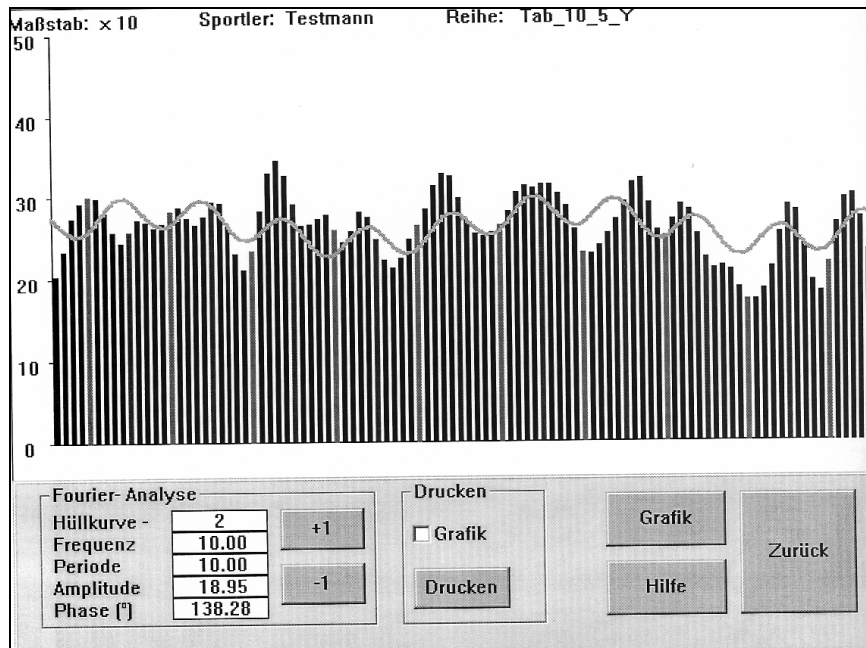


Abb. 148: Einzelzeitreihe mit Hüllkurve gemäß Fourieranalyse

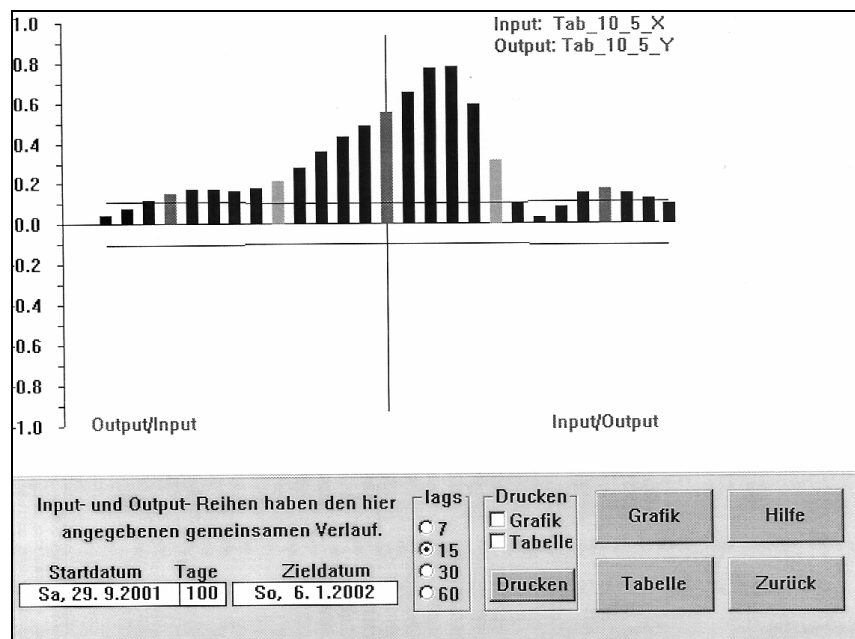


Abb. 149: Input-/Output-Reihen zweier korrelierter Zeitreihen

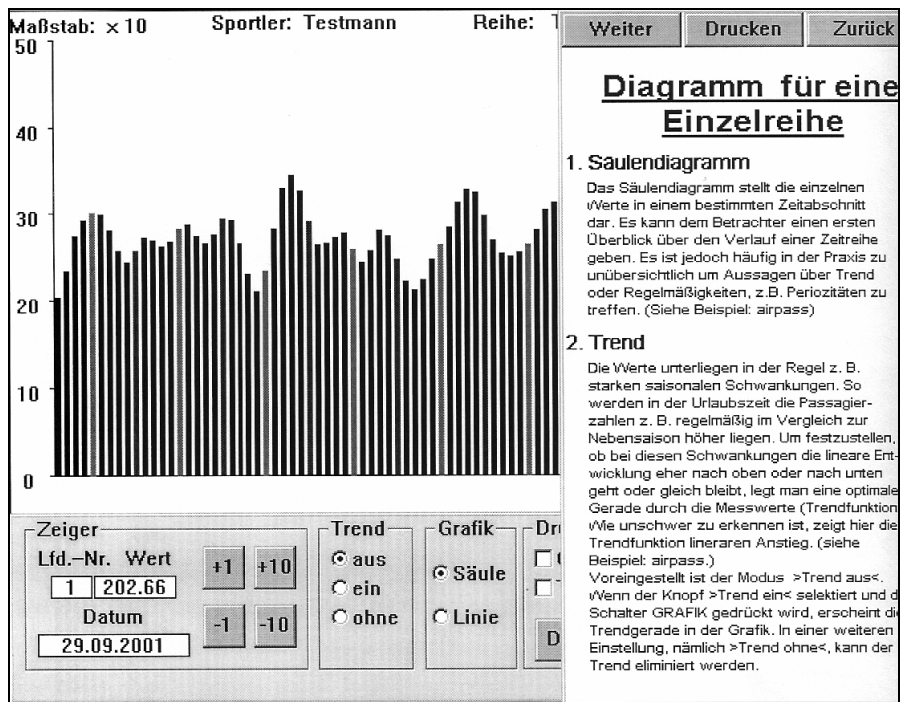


Abb. 150: Diagramm einer Einzelzeitreihe mit eingblendeter Help-Funktion

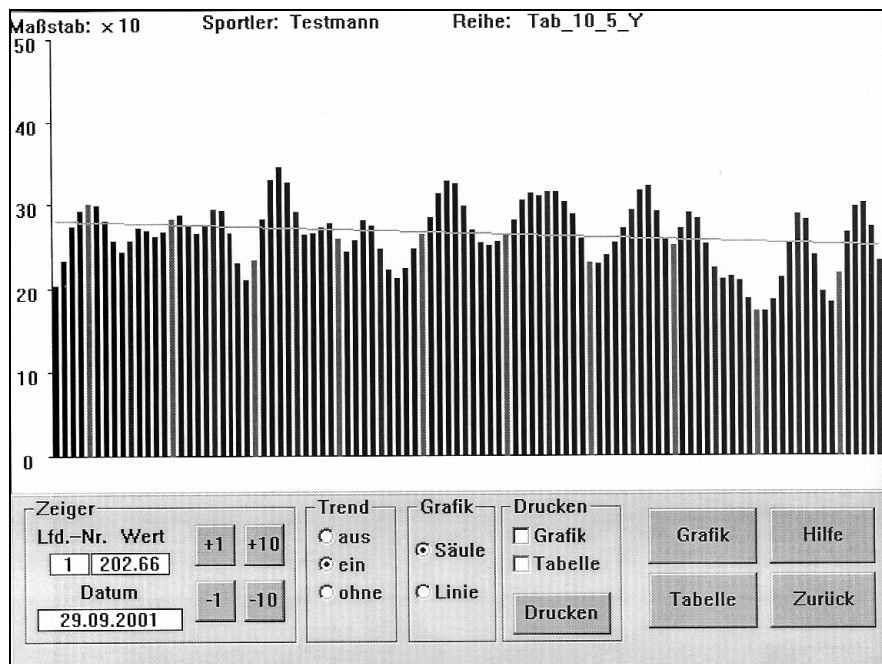


Abb. 151: Einzelzeitreihe mit Trendlinie

Datenfeld der Gruppe C [Gesamtübersicht]				
Datum	Trainingsart	Kategorie	Menge	Intensität
Sa, 30. 3.2002	Anaerob-anaer. A.	ext. Tempolauflg.	20 m,Min.	gering
	Anaerob-anaer. A.	ext. Tempolaufl m.	30 m,Min.	groß
So, 31. 3.2002		keine Angabe	0	keine A.
Mo, 1. 4.2002	Anaerob-anaer. A.	Dauerlauf kurz	20 m,Min.	mittel
Di, 2. 4.2002	Anaerob-anaer. A.	ext. Tempolaufl m.	30 m,Min.	groß
Mi, 3. 4.2002	Aktaz.anaerobe A.	Beschleunigung	10 m,Min.	gering
Do, 4. 4.2002	Laktaz.anaerobe A.	Int. Tempolf. mittel	22 m,Min.	mittel
	Aktaz.anaerobe A.	Beschleunigung	11 m,Min.	gering
Fr, 5. 4.2002	Aktaz.anaerobe A.	Beschleunigung	11 m,Min.	gering
Sa, 6. 4.2002	Aktaz.anaerobe A.	Beschleunigung	22 m,Min.	mittel
So, 7. 4.2002	Aktaz.anaerobe A.	Beschleunigung	22 m,Min.	mittel
	Laktaz.anaerobe A.	Int. Tempolf. mittel	22 m,Min.	mittel
Mo, 8. 4.2002	Aktaz.anaerobe A.	Beschleunigung	11 m,Min.	gering
Di, 9. 4.2002	Aktaz.anaerobe A.	Beschleunigung	11 m,Min.	gering
Mi, 10. 4.2002	Aktaz.anaerobe A.	Beschleunigung	11 m,Min.	gering
Do, 11. 4.2002	Aktaz.anaerobe A.	Beschleunigung	11 m,Min.	gering
Fr, 12. 4.2002	Aktaz.anaerobe A.	Beschleunigung	11 m,Min.	gering
Sa, 13. 4.2002	Aktaz.anaerobe A.	Beschleunigung	11 m,Min.	gering
	Laktaz.anaerobe A.	Int. Tempolf. mittel	22 m,Min.	mittel
So, 14. 4.2002		keine Angabe	0	keine A.

Seite	Zeitraum festlegen		Summen	<input type="checkbox"/> Grafik	Grafik	Zurück
1	Start	Sa, 30. 3.2002		<input type="checkbox"/> Listen		
- +	Liste	Ziel	So, 14. 4.2002	Intensität	Drucken	Hilfe

Abb. 152: Ausschnitt aus dem integrierten Trainingstagebuch

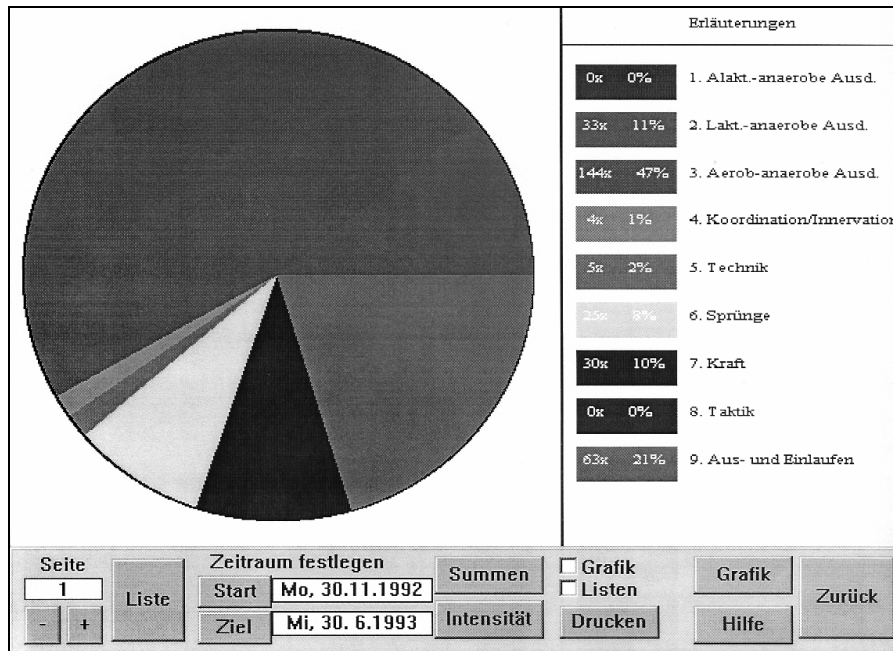


Abb. 153: Grafische Veranschaulichung der prozentualen Anteile der verschiedenen Trainingsarten am Gesamttraining

Summen der einzelnen Trainingsarten im angegebenen Zeitraum		
1. Alakt.-anaerobe Ausd. (m,Min.)	2. Lakt.-anaerobe Ausd. (m,Min.)	3. Aerob-anaerobe Ausd. (m,Min.)
1. Beschleunigung	1. Int. Tempolaut kurz 4	1. Ext. Tempolaut mittel 29
2. Schnelligkeit	2. Int. Tempolaut mittel 28	2. Ext. Tempolaut lang 18
3. Sprintausdauer	3. Int. Tempolaut lang 26	3. Dauerlauf kurz 496
4. Sonst. Schnelligkeit	4. Berganlauf 11	4. Dauerlauf lang 942
	5. Int. Tempolaut sehr lang	5. Fahrrad, Skilaut 28
	6. Sandack	6. Dauerlauf sehr lang 118
	7. Sonstiges	7. Dauerlauf mit Sprint
		8. Seilspringen mit Sprint
		9. Tempogegenstoß
Summe: 0	Summe: 69	Summe: 1631
4. Koordination/Innovation (m,Min.)	5. Technik (m,Min.)	6. Sprünge (m,Stck.,Min.)
1. Alles	1. Starts 35	1. Horizontal ohne Zusatzbel.
2. Skippings	2. Hürden	2. Horizontal mit Zusatzbelstg.
3. Knieheblläufe	3. Technikläufe	3. Vertikal ohne Zusatzbel.
4. Sprungläufe 2	4. Platzstraining	4. Tiefsprung
5. Sonstige ABC-Übungen	5. Schattenboxen	5. Vertikal mit Zusatzbelastung
6. Koordinationssaiten	6. Boxgerätesarbeit	6. Liftesteps
7. Geschicklichkeit/Seil	7. Wurfbungen	7. Sonstiges 810
8. Fencingball	8. Sonstiges	
9. Sonstiges		
Summe: 2	Summe: 35	Summe: 810
7. Kraft (kg,Min.)	8. Taktik (Min.)	9. Aus- und Einlaufen (Min.)
1. Alles 205	1. Angriff	1. Dauerlauf 396
2. Beine 198	2. Abwehr	2. Liftesteps 96
3. Oberkörper 300	3. Sparring	3. Fahrrad 6
4. Sonstiges 60	4. Sonstiges	4. Gymnastik
		5. Spiele
		6. Sonstiges
Summe: 763	Summe: 0	Summe: 498

Seite

Zeitraum festlegen   Grafik   Listen

Abb. 154: detaillierte Aufsummierung der Anteile der einzelnen Trainingsarten am Gesamttraining

Die Ergebnisse der Trainingsdokumentation sind dabei als ausführliche Liste (Abb. 152), verdichtete Grafik (Abb. 153) oder als Schnellinformation (Abb. 145) abrufbar.

Einen Sonderfall innerhalb unserer synergetischen Betrachtungsweise von Training bildet die Komplexitätsreduktion von Systemen durch Faktorenanalyse sowie die Veränderbarkeit der Systeme im Zeitablauf. Da die Faktorenanalyse und insbesondere die Interpretation deren Ergebnisse eine gewisse Erfahrung voraussetzen, bauten wir dieses statistische Instrument nicht in TISSY ein, sondern entschieden uns für folgendes Verfahren:

1. Simulationen haben ergeben, dass die Prozessgestalt eines Sportlersystems nahezu identisch ist mit den Variablen der höchsten Faktorladung. Wir haben für F1 früh bei Vp1 die zweithöchstgeladene und bei F2 die höchstgeladene Variable den Faktoren gegenübergestellt. Die Ähnlichkeit des Kurvenverlauf ist verblüffend (vgl. Abb. 155). Das Ergebnis wird noch besser, wenn man diese Variable mit der Faktorladung gewichtet.

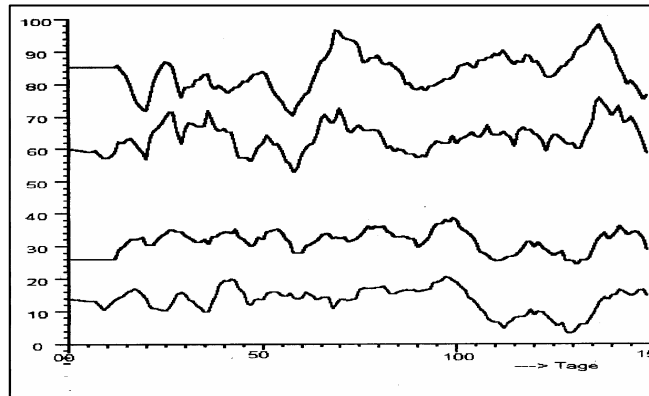


Abb.155: Vp1, Vorbereitungsperiode; Faktor 1 1früh, gedrückte Stimmung früh, Faktor 2 früh, Trägheit früh (von unten nach oben; versetzte Darstellung)

2. Nach einem Vorlauf von 2- 3 Monaten erhält der Athlet die Information, welche Variable er bei seiner Trainingsanalyse besonders beobachten soll.
3. Der Fachmann ausschließlich nimmt die Faktorenanalyse und Feinauswertung vor und gibt dem Athleten ein Feed-back, ob sich an seiner Vorgehensweise (z.B. wegen veränderter Leadvariable) etwas ändern muss, etc...

Zusätzlich enthält TISSY Tools zur Datenpflege. Damit bieten sich auch Möglichkeiten der Datenmanipulation, um z.B. verschiedene Szenarien zu simulieren.

TISSY muss natürlich in der Praxis getestet werden. Besondere Chancen bieten sich hier im Nachwuchsbereich, da mit diesem Instrument Entwicklungsprozesse hervorragend dokumentiert werden können, aber auch für den ausgebildeten Sportler ergeben sich exzellente Möglichkeiten der Überwachung und Steuerung des Trainingsprozesses.

Der große Vorteil von TISSY ist, dass nahezu jeder Parameter (Laktat etc.) problemlos in das System integriert werden kann. Die Analysemöglichkeiten mit TISSY sind somit fast grenzenlos.

Die Anwendung von TISSY würde aber auch eine Vielzahl von weiteren Fragestellungen nach sich ziehen, welche z.B. sind:

- Wie groß ist die Akzeptanz, über einen langen Zeitraum äquidistante Daten zu erfassen?

- Wie beeinflusst die kontinuierliche Visualisierung durch den Trainer bzw. Athleten deren Verhalten?
- Sind Systeme durch eine härtere Kontrolle des Systems diagnostisch leichter zuzuordnen ?
- Werden die Regelmäßigkeiten /Korrelationen größer bzw. höher, d.h. bilden sich klare Systemarten heraus ?

Diese Fragen werden sich erst im Laufe der Praxiserprobung beantworten lassen.

## **5. Zusammenfassung und Perspektiven**

### **5.1 Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse**

Die Trainingswissenschaft sieht eine ihrer vorrangigen Aufgaben darin, Gestaltungsmodelle zu entwickeln, mit dem Ziel, Leistung, Training und Wettkampf zu optimieren. Dabei hat sie ein erhebliches Theorie-Praxis-Problem zu bewältigen. Während auf der einen Seite Theoretiker häufig Antworten ohne vernünftige Fragen haben, die dem Praktiker nicht weiterhelfen, haben die Praktiker vernünftige Fragen ohne Antworten (HEUER, 1993). Das Wissen des Praktikers ist das Ergebnis seiner Erfahrungen, wobei als Gütemaßstab die erfolgreiche Lösung eines spezifischen Praxisproblems dient. Das Wissen des Theoretikers umfasst dagegen wissenschaftliche Erkenntnisse (BRACK, 2002). Ein wichtiger Grund für die ablehnende Haltung der Praxis gegenüber der Theorie ist, dass die Trainingsforschung insgesamt zu wenig bewährtes und effizientes Anwendungswissen produziert, das der Komplexität des Handelns in Training und Wettkampf gerecht wird.

Nach KRUMM (1987) muss wissenschaftliches Wissen für den Anwender empirisch valide sein und über den für den Praktiker relevanten Sachverhalt informieren. Handeln auf der Basis von falschem Wissen oder nicht funktionierenden Regeln kann nicht erfolgreich sein. Auf der anderen Seite sollte gewährleistet sein, dass in Realitätsbereichen, die den Anforderungen der Praktiker gerecht werden, das entsprechende Wissen auch erfolgreich umgesetzt wird.

Vor diesem Hintergrund war es Ziel dieser Arbeit, zunächst auf Modellebene den Forschungsstand zur Entwicklung der individuellen Leistungsfähigkeit im Sport zu sichten. Dabei ergab sich, dass in der sportwissenschaftlichen Literatur eine Vielzahl unterschiedlicher Betrachtungsweisen und Handlungsanweisungen zur Optimierung der sportlichen Leistung existieren.

Die systematische Analyse ergab, dass zum einen die betrachteten Modellansätze die sportliche Leistung und ihre Bedingungen nur reduktionistisch abbilden. Die hohe Komplexität durch die Vernetzung der Teilprozesse sowie die rückgekoppelten Entscheidungs- und Wirkungsmechanismen kommen darin nicht umfassend zum Ausdruck. Dazu kommt, dass man bei der Operationalisierung – wie etwa bei den Handlungsmodellen – mit ungelösten methodischen Problemen konfrontiert wurde, die zum Teil widersprüchliche Ergebnisse, Fehlinterpretationen oder Übergeneralisierungen nach sich zogen.

Häufig liegen den Erkenntnissen Querschnittsuntersuchungen zugrunde, deren Übertragbarkeit auf das trainierende Individuum im Bereich des Hochleistungssport nicht bedenkenlos erfolgen darf. Selbst bei den Trainingsprinzipien handelt es sich nur um verallgemeinerte Handlungsgrundsätze bzw. Lehrmeinungen ohne wissenschaftliche Bewährungsprobe. Bisweilen ist auch zu vermuten, dass eine Umsetzung der Theorie des Trainings in die Trainingspraxis nicht konsequent erfolgt.

Ein gewichtiger Grund für diese Entwicklung liegt nach DÖRNER, KREUZIG, REITHER & STÄUDEL (1994) sicherlich darin, dass das komplexe System der sportlichen Leistung durch Intransparenz, Vernetztheit, Polytelie und Unbestimmtheit gekennzeichnet ist, das wissenschaftlichen Methoden nicht zugänglich ist.

Im Gegensatz zu dieser Auffassung sollte in dieser Abhandlung eine erste Annäherung zur Lösung des Problems auf Beschreibungsebene erfolgen.

Die vorliegende Arbeit knüpft deshalb im nächsten Schritt zur theoretischen Fundierung dieses Forschungsziels an eine allgemeine Theorie komplexer dynamischer Systeme an, verbunden mit einer Hinwendung von linearen zu nichtlinearen Modellvorstellungen. In diesem Zusammenhang war es unser Anliegen, die bedeutendsten Ansätze vorzustellen und Gemeinsamkeiten, aber auch Unterschiede herauszuarbeiten.

Unser besonderes Interesse galt dabei der Synergetik und den Prozessgestalten als zentrale Hintergrundtheorie zur Klärung verschiedener Fragestellungen zur Entwicklung der sportlichen Leistungsfähigkeit. Dazu wurde in Abwandlung des allgemeinen Ansatzes eine spezielle Variante für den Bereich der sportlichen Leistung modelliert. Wir stimmen mit BRACK (2002) überein, dass vermehrt ganzheitliche Untersuchungen im Feld durchzuführen sind, wenn man die Forderung nach problemorientierter Anwendungsforschung ernst nimmt.

Im Bereich des empirischen Teils beinhaltet unser Forschungsansatz deshalb eine Hinwendung zu einzelfallbezogenen Zeitreihenanalysen mit aus dem Sportalltag generierten äquidistanten Untersuchungsreihen aus ausgewählten Sportarten, die den prozessualen Charakter der sportlichen Leistungsentwicklung durch die Analyse von Dynamiken thematisieren. Dabei wurden neben physiologischen Parametern verstärkt auch der Zusammenhang zwischen subjektivem Zustand und Belastung der Sportler berücksichtigt.



Wir begannen unsere Darstellung der empirischen Studien zur Gestalt von Dynamiken von Sportlersystemen mit der Abbildung der jeweiligen Systeme mit der sie charakterisierenden Gesamtheit der Variablen, die sich in dem Fragebogen von HAMPEL (1977) widerspiegelten.

Das grafische Ergebnis gestaltete sich wie erwartet vollkommen unübersichtlich, zum Teil widersprüchlich und für eine Systembeschreibung bzw. Zustandsbeschreibung von Sportlersystemen im zeitlichen Verlauf als zu komplex, so dass es als Grundlage für trainingssteuernde Maßnahmen nicht in Frage kam.

Entsprechend der Grundhypothese der Selbstorganisation wurde deshalb in einem zweiten Schritt versucht, eine Komplexitätsreduktion der Systeme entsprechend der Versklavungsannahme der Synergetik zu realisieren. Dies gelang in allen Fällen mittels Faktorenanalysen.

Die allgemeinste Formulierung des Gedankens der Prozessgestalten, also des in Anlehnung an TSCHACHER (1997) verwendeten Theoriekerns, besagt, dass die serielle zeitliche Information eine wesentliche Erkenntnisquelle darstellt. Dies konnte in allen Studien plausibel gemacht werden. Dieser Nachweis von Prozessgestalten unter unkontrollierbaren Feldbedingungen spricht für die Stabilität der Dynamiken, wenn sie trotz der vielfältigen natürlichen Einflussfaktoren in der Entwicklung des Systems dennoch bestimmend bleiben. Eine plausible (aber durch uns nicht verifizierbare) Erklärungsmöglichkeit wäre, dass es sich dabei um chaotische Attraktoren handelt.

Es zeigte sich, dass in einem „gesunden“, funktionierenden System der jeweils mit höherem Varianzanteil versehene erste Faktor früh vor dem Training auf der Mikroebene eine eindeutige Tendenz zu einem Gleichgewicht (Homöostase) aufweist. Längerfristige „chronische“ Abweichungen davon, deuten auf eine ernsthafte Störung (Angst, Übertraining etc.) des Systems hin. Die Selbstorganisationskraft des Systems ist in dieser Phase nicht mehr optimal. Das heißt, dass Prozessgestalten selbstorganisierende Strukturen darstellen. Durch das Verfahren der synergetischen Reduzierung der Systemkomplexität steht dem Trainer somit eine wichtige, in dieser Form noch nicht bekannte praktische Steuerungsgrundlage für das Training zur Verfügung. Nach der Reduktion der Gesamtsysteme auf wenige Faktoren haben wir im nächsten Schritt durch relationale Prozesscharakteristika anhand der Originaldaten Ausmaß und Form der Belastung der Sportler versucht zu beschreiben. Wir haben uns dabei auf die Betrachtung der Extremwerte konzentriert, um die Begleitumstände zu analysieren, die zu einem Maximum oder Minimum der Stimmungsfaktoren geführt haben.

Plausible Übereinstimmungen zwischen konkreten Ereignissen und den Peaks der das System reduzierenden Faktoren können ein Indikator sein, dass diese Faktoren die Belastungswirkungen des vereinfachten Gesamtsystems hinreichend beschreiben. Dieser Nachweis konnte in nahezu allen Fällen geführt werden.

In den Originaldaten überdecken die kurzfristigen Schwankungen die längerfristigen Entwicklungen; die Identifizierung einer klaren Prozessgestalt ist in der Regel auf dieser Basis nicht möglich. Um ein klareres Bild vom Gesamtverlauf einer individuellen Belastungskurve zu erhalten, griffen wir auf die Prozessanalyse mit Gleitmittelwerten zurück, einem statistischen Verfahren das bei sportwissenschaftlichen Untersuchungen bisher wenig zum Einsatz kam und ein hervorragendes Instrument darstellt, die Eigenart von Belastung in Training und ansatzweise im Alltag sowie die Mechanismen ihrer Bewältigung, also ihrer Regulation, zu erfassen und dynamisch zu beschreiben. Auf diese Weise ist es dem Trainer möglich, im Rahmen der Leistungssteuerung kontinuierlich Auskunft über den Gleichgewichtszustand eines Athleten zu erhalten.

In der Annahme, dass interne Regulation eher in direkter zeitlicher Beziehung zur Belastung und weniger in der Akkumulation über Tage wirksam wird, haben wir unsere Daten nicht nur auf der Mikroebene (vorgegebene Ebene war die Tageseinheit) analysiert, sondern haben auf der Makroebene gleichartige Daten einer Woche zusammengefasst. Die Betrachtung, die in dieser Art noch nicht in der Trainingswissenschaft durchgeführt wurde, bestätigte die Vermutung, dass bei Belastungen in der Regel kurzfristig ein Gleichgewicht aufrecht erhalten werden kann, dass diese aber nicht mehr kompensiert werden können, wenn sie im Zeitverlauf zu dicht aufeinander folgen. Dieses Ergebnis unterstreicht die Notwendigkeit von methodischen Instrumenten und Möglichkeiten der grafischen Veranschaulichung, um auf der aggregierten Ebene dem Trainer (Athleten) fundierte und nicht nur gefühlsmäßige Hilfestellungen über den individuellen Belastungsverlauf im Rahmen der Trainingssteuerung zu geben.

Den nächsten logischen Schritt bei der Aufhellung des Systemcharakters der Sportler stellt die Detektion von Regelmäßigkeiten der Systeme dar.

Eine sehr wichtige, die These der selbstorganisierenden Systeme untermauernde Aussage, kam durch den Korrelationszusammenhang bei ACF und PACF der das System charakterisierenden Größen auf allen Analyseebenen zustande. Auffallend

war dabei, dass bei den Basketballerinnen sowohl ACF als auch PACF höhere Zusammenhänge lieferten. Wir führen dieses Ergebnis auf das weniger komplexe Training in der Wettkampfperiode und auf Grund der geringeren Trainingstage auf ein weniger von gegenseitigen Belastungswirkungen kumulativ überlagertes System zurück. In einer Art Näherungsverfahren scheint das System immer den Gleichgewichtszustand von Tag zu Tag abzutasten, so dass sich eine Tendenz zu wechselnder Belastung von einem Tag zum anderen ergibt.

Dieses beeindruckende Ergebnis steht im Gegensatz zu den ausgeklügelten Belastungsvorgaben der Trainingslehren und entspricht einem eindeutigen Widerspruch zwischen theoretischer Vorgabe und praktischer Verfahrensweise, den es sowohl von der Seite der Wissenschaft als auch von Anwenderseite zu überprüfen und zu überdenken gilt.

Zur weiteren Beschreibung der komplexen Sportlersysteme versuchten wir als nächstes, Wirkungsgefüge auf der Basis von Kreuzkorrelationen zu identifizieren. Dabei kamen die sich aus den Faktorenanalysen ergebenden Stimmungsfaktoren (Ordnungsparameter, z.B. F1), aber auch Leistungsparameter (Schlagfrequenzen, Würfe, Skippings) zur Anwendung. Für eine Leistungssteuerung wäre es ein bedeutendes Hilfsmittel, wenn durch diese Methodik sich etwa herauskristallisieren würde, dass bei bestimmten Athleten die Entwicklung der Stimmungsfaktoren den Leistungsindikatoren mit einem abgrenzbaren Zeitintervall vorausgehen würde. Die Untersuchung ergab jedoch, dass viele Zusammenhänge, wenn auch überzufällig, doch recht nahe bei Null liegen und eher auf keinen Zusammenhang hin deuten. Wir führen dies u.a. auf die Komplexität der Systeme zurück und haben ein Verfahren entwickelt, das trotz kleiner Zahlen eine zeitreihenanalytische Feinstrukturanalyse erlaubt. Dadurch können, wie wir exemplarisch aufzeigten, z.B. die Einflüsse von Trainingswirkungen einzelner Trainingsarten gezielt untersucht werden. Dies könnte die diffusen Ergebnisse der Gesamtbetrachtung zumindest teilweise etwas aufhellen.

Einen Ausweg aus diesem Dilemma im Sinne der Identifizierung eines trendmäßigen Zusammenhangs zwischen Stimmungsfaktoren und physischen bzw. Leistungsparametern als Grundlage für eine Trainingssteuerung fanden wir wiederum im Instrumentarium der Gleitmittelwertberechnung.

Da die Gleitmittelwerte längerfristige Entwicklungen aufzeigen, sind diese, wie wir darstellen konnten, hervorragend geeignet, dem Trainer nicht nur Hinweise über psy-

chische Gleichgewichtszustände, sondern auf der Basis geeigneter Zeitreihen (Skipings, Pulse) auch Hinweise auf bestimmte Leistungsentwicklungen zu geben. Eine für die Trainingspraxis (Leistungssteuerung) sehr wichtige Erkenntnis.

Allerdings erscheint uns in diesem Kontext die Verwendung von Flimmerverschmelzungsfrequenz im Allgemeinen gar nicht und von Wurfsequenzen als Leistungsparameter im Basketball nur bedingt einsatzfähig.

Um dem Trainer bzw. dem Athleten in der Praxis die instrumentelle Voraussetzung zu bieten, praktische Leistungssteuerung unter Berücksichtigung oben beschriebener Erkenntnisse zu betreiben, wurde das umfangreiche Softwarepaket TISSY entwickelt.

Das leistungsfähige Tool stellt u.a. herkömmliche Programmteile zur Trainingsplanung, -dokumentation, und -auswertung bzw. -kontrolle zur Verfügung. Darüberhinaus werden umfangreiche Erklärungs- und Helpfunktionen sowie alle in der vorliegenden Untersuchung verwendeten Befragungs-, Dokumentations-, Erfassungs- und zeitreihenanalytische Auswertungsinstrumente mit Ausnahme der Faktorenanalyse integrativ zur Verfügung gestellt.

Die Akzeptanz dieses benutzerfreundlichen Tools sowie dessen Effizienz im Rahmen der Leistungssteuerung muss die Zukunft zeigen. Gerade für die Nachwuchsarbeit aber auch generell für den Hochleistungsbereich stellt die Software ein hervorragendes Hilfsmittel dar, auch langfristige Entwicklungen zu identifizieren und zu steuern.

Abschließend versuchten wir den Charakter der Dynamik unserer Sportlersysteme weiter einzugrenzen. Wir griffen hierzu auf das Bootstrapping zurück, eine Methode, die im sportwissenschaftlichen Bereich bisher noch keine Anwendung fand und methodische Probleme der Einzelfall- und Zeitreihenanalyse in eleganter Weise umgeht. Beim Bootstrap-Ansatz werden aus einer empirischen Zeitreihe artifizielle Vergleichszeitreihen generiert, die die Funktion einer Kontrollgruppe bzw. einer Nullhypothese einnehmen. Dadurch kann systematisch eine statistisch abgesicherte Klassifizierung der Ursprungsreihe erfolgen, ohne dass eine wirkliche Kontrollgruppe erhoben werden muss. Die anschließende Prüfung gegen die Zufallshypothese (Surrogate: Ausgangsdaten in zufälliger Reihenfolge) und gegen die Linearitätshypothese (Surrogate: Realisationen des mit den Ausgangsdaten gefitteten Ornstein-Uhlenbeck-Prozesses ) sowie die Einbeziehung des Lyapunov-Exponenten ergab, dass li-

neare Zeitreihenmodelle die Serialität der Prozesse in manchen Fällen nicht hinreichend gut abbilden. Hier fehlt es aber noch an Erfahrungen und Verfahren im Rahmen der Grundlagenforschung, die eine umfassende nichtlineare Analyse von insbesondere multivariaten Zeitreihen erlauben. Das von uns zur Anwendung gebrachte Bootstrapping Verfahren kann nur als erster Zugang zum Aufspüren von Nichtlinearitäten betrachtet werden. Ein großes Problem bei der Anwendung nichtlinearer aber auch linearer Verfahren ist die Notwendigkeit, längere Zeitreihen (oft mit mehreren hundert Werten bei nichtlinearen Verfahren) zur Verfügung zu stellen, da ansonsten die Ergebnisse zu unsicher werden. Hier sind durch die Trainingsperioden aber natürliche Grenzen vorgegeben.

Es gilt zusammenfassend festzuhalten, dass für die Theorie der dynamischen Systeme und die Synergetik neben ihrer heuristischen Fruchtbarkeit im Zusammenhang mit trainingswissenschaftlichen Fragestellungen besonders spricht, dass sie neue Ansätze für Fragestellungen im Sport, speziell der Leistungssteuerung, anbieten und zur Entwicklung neuer Methoden beitragen. Dies betrifft zum einen die vermehrte Beachtung der Zeitlichkeit und Dynamik insgesamt und zum anderen die Erweiterung der bereits in Ansätzen eingeführten zeitreihenanalytischen Methodik in der Sportwissenschaft insbesondere um den weiten Bereich der nichtlinearen Verfahren.

Wenn die Aussage zutrifft, dass die Zeitlichkeit belastender Sachverhalte wesentliche Informationen über diese Sachverhalte enthält, so kommt durch Zeitreihenmethoden erzielten Resultaten eine höhere Validität zu. Die quantitative Beschreibung von Einzelsystemen wird präziser und realitätsnaher und die Darstellung erfasst zeitliche Sachverhalte von Merkmalen (im Gegensatz zu Querschnittsbetrachtungen).

## **5.2 Perspektiven**

In dieser Arbeit wurde in mehrfacher Hinsicht versucht, die Grenzen bisheriger Untersuchungen und bislang verwendeter Methoden zu erweitern. Es zeigten sich aber auch häufig Grenzen für das eigene Vorgehen:

Wie oben dargestellt lieferte die Analyse der Wirkungszusammenhänge keine befriedigenden Ergebnisse. Durch Anwendung der von uns entwickelten Verfahrensvarianten der Zeitreihenanalyse könnten gezielte Trainings-Wirkungsanalysen durchgeführt

werden, die im Gegensatz zur Analyse der komplexen Gesamtbelastung für bestimmte Trainingsarten klarere Zusammenhänge erkennen ließen.

Auch stellte sich heraus, dass sich die Dimensionalität sowie die Struktur der Ordnungsparameter (Faktoren) interindividuell und auch intraindividuell, selbst innerhalb derselben Mannschaft, sich vollkommen unterschiedlich darstellten.

Unser Anliegen, Komplexität und Musterbildung sowohl qualitativ als auch quantitativ zu erforschen, stieß somit bei den kleinen Stichproben und der ihnen zugrunde liegenden Varianten sehr schnell an Grenzen.

Ein wesentlicher Impuls für trainingswissenschaftliche Forschung kann aber gerade aus den quantitativ-methodischen Innovationen entstehen, die die Theorie dynamischer Systeme anbietet, wenn es etwa um typische Charakteristika in den Trainingsstrukturen z.B. bestimmter Sportarten geht.

Hierzu wären Untersuchungen mit einer größeren Anzahl von Probanden, evtl. sogar im Labor vonnöten, um hier klarere und vergleichbarere Systemstrukturen zu erhalten. Hinsichtlich des Instrumentariums der Analyse von Systemstrukturen finden sich bei SCHMITZ(1987) zahlreiche Hinweise.

Im Ausdauerbereich wurde exemplarisch ein lineares Zustandsraummodell sowie ein Phasenraum für Versuchsperson1 (Vp1) auf der Basis der gefundenen Faktoren als Möglichkeit dargestellt, Zusammenhänge von Systemfaktoren abzubilden. Durch das Zustandsraummodell konnten die korrelativen Wechselwirkungen zwischen den (zeitverschobenen) Faktoren herausgearbeitet werden. Nach TSCHACHER (1997) ist davon auszugehen, dass jede Person dabei (sieht man von der schon besprochenen Verschiedenartigkeit in der Zusammensetzung der Faktoren ab) in ihrem individuellen Modell eine eigene Prägung zeigt.

Es wäre ein interessanter Forschungsansatz, bei entsprechend großer Stichprobe und klarer Faktorenstruktur (ggf. müsste man auf Variablenebene zurückgehen), die Koeffizienten aller Einzelmodelle im Querschnitt daraufhin zu testen, ob sie über die Gesamtstichprobe hinweg überzufällig von Null abweichen. Man könnte sich somit der Frage annähern, welche Gemeinsamkeiten den Verlauf der gesamten Gruppe (Sportart, Leistungsniveau, Alter etc.) auszeichnen. Man könnte sozusagen prototypische Wirkungsgefüge entwickeln.

Eine andere Möglichkeit wäre bei entsprechender Gesamtzahl, die Gesamtstichproben durch eine Clusteranalyse in solche Untergruppen zu zerlegen, die sehr ähnliche Charakteristika aufweisen.

Durch unser Untersuchungen konnte mehrfach aufgezeigt werden, dass lineare Zeitreihenmodelle in manchen Fällen zwar nicht kategorisch abgelehnt werden konnten, auf der anderen Seite jedoch die Serialität der Prozesse meist nicht eindeutig und hinreichend erfassten.

Die Untersuchung von Prozessen erfordert eine Behandlung der Art und Weise wie in einem System kontinuierlich Zustände aus Zuständen desselben Systems evolvieren. Diese Evolution gilt es in weiteren Arbeiten sicher zu modellieren und es müssen dann Kriterien gefunden werden, die es erlauben, die Bedeutsamkeit der Modellparameter einzuschätzen. Dieser noch weite Weg könnte die Trainingssteuerung und Leistungsprognose von Sportlern sicherer machen. Hierzu steht eine breite und sich ständig erweiternde Palette von Verfahren zur Verfügung, die eine nichtlineare Analyse von univariaten und in der Zukunft auch multivariaten Zeitreihen erlauben.

Wir haben den Einstieg in diese Problematik mit der Anwendung des Bootstrap-Ansatzes gesucht bei Prüfung gegen die Zufallshypothese bzw. unter Einbeziehung des Ornstein-Uhlenbeck-Prozesses. Weitere Prüfungen (z.B. phasenrandomisierte Surrogate mit identischem Fourierspektrum sowie beliebige weitere Kennwerte (verschiedene Dimensionalitätsmaße, Komplexitätsmaße, Modellparameter neuronaler Netze sowie zusätzliche immer sophistiziertere Nullhypothesen) können nach dem Baukastenprinzip in das methodologische Schema des Bootstrappings aufgenommen werden. Die Methode kann in Einzelfallstudien hypothesenprüfend verwendet werden. Sie bietet sich aber aufgrund ihrer einfachen Standardisierbarkeit besonders auch als Basis für spätere Metaanalysen an. Im wissenschaftlichen Austausch von Forschungsgruppen könnte im Laufe der Zeit eine Bibliothek von Effektmaßen zusammengestellt werden, die Auskunft darüber gibt, wie sich bestimmte Zeitreihen oder Zeitreihen vergleichbarer Herkunft in Bezug auf bestimmte dynamische Kennwerte oder Invarianten verhalten (TSCHACHER, 1997).

Auf den Sport bezogen befinden wir uns an dieser Stelle bereits an der Schwelle zur Entwicklung leistungsfähiger Sportartinformationssysteme. Die konsequente Anwendung unseres Softwaresystems TISSY könnte zudem wichtige Erkenntnisse liefern, die z.B. in Expertensysteme eingehen könnten. In diesem Kontext sollten auch die

auf S. 277f. angesprochenen methodisch/didaktischen Fragen Gegenstand weiterer Untersuchungen sein, ebenso wie sozialpsychologische Pilotstudien vor dem Hintergrund der Konzeptualisierung von Paarsystemen (Trainer/Athlet, vgl. S. 259f.) bzw. Gruppen (Mannschaften) als selbstorganisierende Systeme. Denn „die Erhöhung der theoretischen und technologischen Wissensbestände zu Leistung, Training und Wettkampf ebnet den Weg, für den Einsatz von Simulationstechniken, um die Wirksamkeit verschiedener Trainingsinterventionen im voraus abschätzen und die optimale Intervention benennen zu können“ (BRACK, 2002, 306).



## Literaturverzeichnis

ALLPORT, G.W. (1937). *Personality*. London: Constable.

ALLPORT, G.W. (1962). The general and the unique in psychological science. *Journal of Personality*, 30, 404 – 422.

AMAZEEN, P.G., SCHMIDT, R.C.& TURVEY, M.T. (1995). Frequency detuning of the phase entrainment dynamics of visually coupled rhythmic movements. *Biological Cybernetics*, 72, 511-518.

AN DER HEIDEN, U. (1994). Vorwort. In G. Schiepek & G. Strunk (Hrsg.), *Dynamische Systeme. Grundlagen und Analysemethoden für Psychologen und Psychiater* (S. 9-11). Heidelberg: Asanger.

ARGYRIS, J., FAUST, G.& HAASE, M. (1994). *Die Erforschung des Chaos*. Braunschweig, Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn.

ASHBY, W. R. (1985). Einführung in die Kybernetik, Originaltitel: *An introduction to cybernetics*, aus d. Engl. Von J.A. Huber (2. Aufl.). Frankfurt/M.: Suhrkamp.

BANISTER, E.W. (1982). Modeling Elite Athletic Performance. In J.D. Macdougall, H.W. Wenger, & H.J. Green (Eds.), *Physiological Testing of Elite Athletes* (pp. 403-425). Champaign IL: Human Kinetics.

BAUERSFELD, K.-H. & SCHRÖTER, G. (1980). *Grundlagen der Leichtathletik*. Berlin: Sportverlag.

BAUMANN, U. (Hrsg.). (1984). *Psychotherapie. Makro-/Mikroperspektive*. Göttingen: Hogrefe.

BEISEL, R. (1996). *Synergetik und Organisationsentwicklung. Eine Synthese auf der Basis einer Fallstudie aus der Automobilindustrie* (2. Aufl.). München: Hampp.

BENDIG, A.W. (1953). The reliability of self-rating as a function of the amount of verbal anchoring and of the number of categories on the scale. *J. appl. Psychol.*, 37, 38-41.

BENEKE, T., DAPPER, T., DIETRICH, C.& SCHWIPPERT, W. (1994). *Grundlagen des Chaos. Die Macht des kleinen Unterschieds*.

BERGER, J.& MINOW, H.-J. (1984). Der Mikrozyklus in der Trainingsmethodik. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, 33, 133-140.

BERGER, J.& MINOW, H.-J. (1985). Der Makrozyklus in der Trainingsmethodik. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, 34, 373-381.

BERGER, J.& MINOW, H.-J. (1990). Der Mesozyklus in der Trainingsmethodik. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, 39, 263-268.

BERTALANFFY, L.v. (1973). *General system theory. Foundations, development, applications*. Harmondsworth.

BEUTEL, P., KÜFFNER, H.& SCHUBÖ, W. (1980). *Statistik-Programm-Systeme für die Sozialwissenschaften*. New York, Stuttgart: Fischer.

BISCHOF, N., (1995). *Struktur und Bedeutung. Eine Einführung in die Systemtheorie*. Bern: Huber.

BONDARCUK, A.P.& VOZNIAC, S.V. (1984). *Die leichtathletischen Würfe*. Frankfurt: Deutscher Sportbund.

BORG, G. (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 2-3, 92-98.

BORTZ, J. (1985). *Lehrbuch der Statistik*. Berlin: Springer.

BOX, G.E.P.& JENKINS, G. (1976). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. San Francisco:Holden-Day.

- BRACK, R. (1985). Steuerung, Regelung und Planung des Basketballtrainings. *Basketball (Lehrbeilage)*, 16, 15-18; 18, 17-24; 20, 19-22; 21, 19-20.
- BRACK, R. & HOHMANN, A. (1986). Theoretische Grundlagen und praktische Anwendung der Steuerung und Regelung des Sportspieltrainings. In R. Andresen (Hrsg.), *Beiträge zur Sportspielforschung* (S. 125-144). Ahrensburg: Czwalina.
- BRACK, R. (2002). *Sportspielspezifische Trainingslehre. Wissenschafts- und objekttheoretische Grundlagen am Beispiel Handball*. Haburg: Czwalina Verlag.
- BRAEUNING, M. & FITCH, R. (1995). *Winstat. Das Statistikprogramm für Windows*. Cambridge.
- BREDENKAMP, J. (1972). *Der Signifikanztest in der psychologischen Forschung*. Frankfurt a.M: Akademische Verlagsgesellschaft.
- BROMME, R. (1985). Was sind Routinen im Lehrerhandeln? Eine Begriffsklärung auf der Grundlage neuerer Ergebnisse der Problemlösungsforschung. *Unterrichtswissenschaft* 13 (2), 182-192.
- BRUNNER, E. J., TSCHACHER, W., QUAST, CH. & RUFF, A. (1997). Veränderungsprozesse in Paarbeziehungen. Eine empirische Studie aus der Sicht der Selbstorganisationstheorie. In G. Schiepek & W. Tschacher (Hrsg.), *Selbstorganisation in Psychologie und Psychiatrie*. Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg.
- BRÜGGEMANN, P. (1987). Technische Hilfen bei der Steuerung der sportlichen Leistung. In H.J. Appel & J. Mester (Hrsg.), *Trainingsoptimierung. Zielsetzungen und Maßnahmen. Brennpunkte der Sportwissenschaft*, 2, 199.
- BÜHL, W.L. (1990). *Sozialer Wandel im Ungleichgewicht. Zyklen, Fluktuationen, Katastrophen*. Stuttgart.
- BÜHRLE, M. (1979). Grundbedingungen zur Kraftverbesserung aus der Sicht des Sportwissenschaftlers. In *Würrt. LSB (Hrsg.), 3. Sportmedizinisches Seminar*.
- BÜHRLE, M. & SCHMIDTBLEICHER, D. (1981). Komponenten der Maximalkraft und Schnellkraft. *Sportwissenschaft*, 11, 11.
- BÜHRLE, M., SCHMIDTBLEICHER, D. & RESSEL, H. (1983). Die spezielle Diagnose der einzelnen Kraftkomponenten im Hochleistungssport. *Leistungssport*, 13, 11.
- BÜHRLE, M. (1985). *Grundlagen des Maximal- und Schnellkrafttrainings*. Bundesinstitut für Sportwissenschaften, Bd 56. Schorndorf: Hofmann.
- BUNDESINSTITUT FÜR SPORTWISSENSCHAFT (1995). *Zeitreihenanalyse und multivariate statistische Verfahren unter besonderer Berücksichtigung der Sport- und Trainingswissenschaft*. Köln.
- BUZUG, T. (1994). *Analyse chaotischer Systeme*. Mannheim: BI Wissenschaftsverlag.
- CARL, K. (1983). *Training und Trainingslehre in Deutschland*. Schorndorf: Hofmann.
- CASDAGLI, M. (1992). Chaos and Deterministic Versus Nonlinear Modelling. *Journal of the Royal Statistical Society*, 2, 2-29.
- CATTELL, R.B., (1965). *The Scientific Analysis of Personality*. Baltimore: Penguin Books.
- CETIN, H. N. (1991). *Leistungssteuerung im Sport*. Sankt Augustin.
- CHASSAN, J. B. (1967). *Research designs in clinical psychology and psychiatry*. New York: Meridith Publishing Co.
- CLUSEN, L.P.V.M., VAN DE LINDEN, J., WELBERGEN, E. & BOER, R.W. (1988). In E.R. Burke & M.N. Nelson (Eds.), *Medical and Scientific Aspects of Cycling* (pp. 133-144). Champaign, Il.: Human Kinetics.

- COSTILL, D.L., BOWERS, R., BRANAM, G. & SPARKS, K. (1971). Muscle glycogen utilisation during prolonged exercise on successive days. *Journal of Applied Physiology*, 31, 834-838.
- CRAMER, F. (1993). *Chaos und Ordnung. Die komplexe Struktur des Lebendigen*. Frankfurt/M., Leipzig.
- CUBE, F.v. (1965). *Kybernetische Grundlagen des Lehrens und Lernens*. Stuttgart.
- CZAJKOWSKI, W. (1982). A simple Method to Control Fatigue in Endurance Training. In P.V.Komi (Hrsg.), *Exercise and Sport Biologie – International Series on Sport Sciences* ( S. 207 – 212). Champaign.
- DANN, H.-D. (1992). Variation von Lege-Strukturen zur Wissensrepräsentation. In B. Scheele (Hrsg.), *Struktur-Lege-Verfahren als Dialog-Konsens-Methodik* ( S. 2-41). Münster.
- DAVIES, P.D. (1993). *Prinzip Chaos. Die neue Ordnung des Kosmos* (4. Aufl.). München: Goldmann.
- DECKER, U. & THOMAS, H. (1983). Die Chaos-Theorie. Unberechenbares Spiel der Natur. *Bild der Wissenschaft*, 23, 63 – 75.
- DELESPAUL, P. (1995). *Assessing Schizophrenia in Daily Life. The Experience Sampling Method*. Maastricht: Universitäre Pers. Maastricht.
- DELTOW, B., HERCHER, W. & KONZAG, G. (1981). *Basketball*. Berlin: Sportverlag.
- DICKEY D.A., BELL W.R. & MILLER R.B. (1986). Unit roots in Time Series Models: Tests and Implications. *American Statistician*, 40, 12-26.
- DJATSCHKOW, W.M. (1974). *Die Steuerung und Optimierung des Trainingsprozesses*. Berlin.
- DÖRNER, D., KREUZIG, H.-W., REITHER, F. & STÄUDEL, T. (1994). *Lohhausen. Vom Umgang mit Unbestimmtheit und Komplexität*. Bern.
- DUKES, W.F. (1977). N=1. In F. Petermann (Hrsg.), *Methodische Grundlagen klinischer Psychologie* ( S. 55-63). Weinheim: Beltz.
- EBBINGHAUS, H. (1885). *Über das Gedächtnis*. Leipzig: Duncker & Humblot.
- EBELING, W., (1990). Instabilität, Mutation, Innovation, Erneuerung. In U. Niedersen & L. Pohlmann (Hrsg.), *Der Mensch in Ordnung und Chaos. Jahrbuch der Komplexität*. Berlin: Duncker.
- EBERSPÄCHER, H. 1981). Überlegungen zur Erweiterung des Trainingsbegriffes. Vortrag auf dem 4. Sportwissenschaftlichen Hochschultag der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft in Würzburg.
- EBERSPÄCHER, H. (1990). Verbal Reports as Data. *Psychological Review*, 87 (3), 215 – 251.
- EDELMANN-NUSSER, J., HOHMANN, A. & HENNEBERG, B. (2001). Prognose der olympischen Wettkampfleistung im Schwimmen. *Leistungssport*, 3, 20-23.
- EHLENZ, H., GROSSER, M. & ZIMMERMANN, E. (1985). *Krafttraining*. blv sportwissen (2. Aufl.). München: blv.
- EIGEN, M. (1987). *Stufen zum Leben. Die frühe Evolution im Visier der Molekularbiologie*. München/Zürich: Piper.
- ELBERT, T., RAY, W., KOWALIK Z., SKINNER, J., GRAF, K. & BIRBAUMER, N. (1991). Chaos und physiology: Deterministic chaos in excitable cell assemblies. *Physiological Reviews* 74(1), 1-47.
- EPSTEIN, S. (1979). The Stability of behavior. On predicting most of the people much of the time. *Journal of Personality and Social Psychology*, 37, 1097-1126.
- ERDMANN, G. (1991). *Elemente einer evolutorischen Innovationstheorie*. Tübingen: Mohr.

- FAHRENBERG, J., (1984). Methodische Überlegungen zur Mehrebenen-Prozessforschung. In U. Baumann, (Hrsg.), Psychotherapie: Makro-/Mikroperspektive ( S. 198 – 222). Göttingen.
- FIEDLER, H.& KIRCHGÄSSNER, H., (1983). Boxsport. Berlin.
- FLOCK, T. (1993). Möglichkeiten der Zeitreihenanalyse im Hochleistungssport – Versuch einer individuellen Leistungssteuerung im Krafttraining. Köln: Strauß.
- FÖHRENBACH, R. (1986). Testverfahren und metabolisch orientierte Intensitätssteuerung im Sprinttraining mit submaximaler Belastungsstruktur. Leistungssport, 5, 15.
- FREY, G., & HILDENBRANDT, E. (2002). Einführung in die Trainingslehre . Teil 1: Grundlagen. (2. Aufl). Schorndorf.
- FUHRER, U., (1984). Mehrfachhandeln in dynamischen Umfeldern. Göttingen: Hogrefe.
- GEHM , T. (1991). Emotionale Verhaltensregulierung. Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- GRASSBERGER; P. & PROCACCIA, I. (1983). Measuring the Strangeness of Strange Attractors. Physical Review Letters, 50, 346.
- GRAWE, K. (1998). Psychologische Therapie. Göttingen: Hogrefe.
- GROEBEN, N., WAHL, D., SCHLEE, J.& SCHEELE, B. (1988).Forschungsprogramm Subjektive Theorien. Eine Einführung in die Psychologie des reflexiven Subjekts. Tübingen.
- GROSSER, M., BRÜGGEMANN, H.-G.&ZINTL, F. (1986). Leistungssteuerung in Training und Wettkampf. München: BLV.
- GROSSER, M. (1991). Schnelligkeitstraining. Grundlagen, Methoden, Leistungssteuerung, Programme. München: BLV.
- GROSSER, M., STARISCHKA, S. & ZIMMERMANN, E. (2004). Das neue Konditionstraining für alle Sportarten, für Kinder, Jugendliche und Aktive. München: BLV.
- GÜNZ, D. (1981). Notwendigkeit und Möglichkeit der Regulierung von Trainingsbelastungen durch subjektive Zustandseinschätzungen. Theorie und Praxis der Körperkultur, 30, 342-347.
- GUNDLACH, H. (1980). Zu den Strukturmerkmalen der Leistungsfähigkeit, der Wettkampfleistung und des Trainingsinhaltes in den Schnellkraft- und Ausdauersportarten. Dissertation, Leipzig: DHfK.
- HAAG, H., STRAUSS E.& HEINZE G. (1989). Theorie und Themenfelder der Sportwissenschaft.
- HACKER, W. (1980) Spezielle Arbeits- und Ingenieurpsychologie. Psychische Fehlbeanspruchung. Bd. 2 Berlin.: Deutscher Verlag der Wissenschaften.
- HAGEDORN, G. (1990). Wissenschaftliche Modelle zur Deutung der sportlichen Praxis. Schorndorf: Hofmann.
- HAKEN , H. (1981). Synergetik – Eine Einführung. Berlin: Springer.
- HAKEN, H. (1984). Erfolgsgeheimnisse der Natur. Synergetik: Die Lehre vom Zusammenwirken. Frankfurt/M.:Ullstein.
- HAKEN, H., KELSO, J.A.S., BUNZ, H. (1985). A theoretical model of phase transitions in human hand movements. Biological Cybernetics, 51, 347-356.
- HAKEN, H. (1995). Erfolgsgeheimnisse der Natur. Synergetik: Die Lehre vom Zusammenwirken. Hamburg: Rowohlt.
- HAKEN, H. (1999). Synergetics and Some Applications to Psychology. In W. Tschacher & J.-P. Dauwalder

- (Eds.), Dynamics, Synergetics, Autonomous Agents. Nonlinear Systems Approaches to Cognitive Psychology and Cognitive Science (pp. 3-12). Singapore: World Scientific.
- HAKEN, H.& WUNDERLIN, A. (1991). Die Selbststrukturierung der Materie. Braunschweig: Friedr. Vieweg&Sohn.
- HAMPEL, R. (1977). Adjektiv-Skalen zur Einschätzung der Stimmung (SES). *Diagnostica*, 1977, 23, 43-60.
- HANKE, U. & WOERMANN, S. (1994). Trainerwissen – ein Experten-Novizen-Vergleich der Wissensstrukturierung zum „Feedback“ als beeinflussende Variable des sportmotorischen Lernprozesses. Köln.
- HARRE, D. (1971). Trainingslehre. Berlin (Ost): Sportverlag.
- HARRE, D. (Red.) (1986). Trainingslehre. Berlin (Ost): Sportverlag.
- HARTMANN, U. (2002). Zum Stand der Entwicklung der Trainingsprinzipien aus der Sicht der Ausdauersportarten. In J. Krug, H.-J. Minow (Hrsg.), *Trainingsprinzipien – Fundament der Trainingswissenschaft* (S. 49-64). Köln.
- HEINRICHS, G. (1993). Chaos: Einführung in eine neue physikalische Theorie. Köln.
- HELLWIG, T. (1988). Möglichkeiten einer sprintspezifischen Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung mit Hilfe der Blutlaktatkonzentration. *Dt. Z. für Sportmedizin* 39, 10, 392.
- HENRIKSON, J. (1993). Zellulärer Stoffwechsel und Ausdauer. In R.J. Shepard & P.-O. Astrand (Eds.), *Ausdauer im Sport* (S. 59-72). Köln: Deutscher Ärzte-Verlag.
- HEUER, H. (1993). Motorikforschung zwischen Elfenbeinturm und Sportplatz. In R. Dauterive (Hrsg.), *Neuere Aspekte der Motorikforschung* (S. 29-46). Clausthal-Zellerfeld.
- HOHMANN, A. & BRACK, R. (1983). Theoretische Aspekte der Leistungsdiagnostik im Sportspiel. *Leistungssport*, 13 (2), 5-10.
- HOHMANN, A. (1994). Grundlagen der Trainingssteuerung im Sportspiel. Hamburg.
- HOHMANN, A.& EDELMANN-NUSSER, J. (2000). Technische Systeme bei der Trainingssteuerung. In A. Hummel & A. Rütten (Hrsg.), *Handbuch Sporttechnologie* (S. 161-173). Schorndorf: Hofmann.
- HOHMANN, A. (2001). Stand der Forschung. Unveröffentlichter Forschungsbericht.
- HOHMANN, A., LAMES, M.& LETZELTER, M. (2002). Einführung in die Trainingswissenschaft. Wiebelsheim: Limpert.
- HOLZKÄMPFER, H. (1996). Management von Singularitäten. Außergewöhnliche Ereignisse und Strukturen in industriellen Unternehmen. Dissertation, Wiesbaden: Dt. Univ-Verlag.
- HOTTENROTT, K. (1994). Ausdauertraining. Intelligent, effektiv, erfolgreich. Lüneburg: Wehdemeier & Pusch.
- HUBER, H., P. (1973). Psychometrische Einzelfalldiagnostik. Weinheim: Beltz.
- ISRAEL, S. (1995). Grundprinzipien der biologischen Adaptation. In G. Badtke (Hrsg.), *Lehrbuch der Sportmedizin* (3. Aufl.). ( S. 1-7). Heidelberg, Leipzig: Barth.
- JACOBESHAGEN, N. Die Theorie der Selbstorganisation und ihre Anwendung in der Psychologie. [www.com.jacobsson.com](http://www.com.jacobsson.com).
- JAKOWLEW, N.N. (1977). Sportbiochemie. Leipzig: Barth.
- JOCH, W.(Hrsg.) (1992). Rahmentrainingsplan für das Aufbautraining Lauf (2. Aufl.). Aachen: Meyer &

Meyer.

JOCH, W.(Hrsg.). (1992). Rahmentrainingsplan für das Aufbautraining Sprint (2. Aufl). Aachen: Meyer & Meyer.

JONATH, U., KREMPEL, R. (1986). Konditionstraining. Reinbek.

JONATH, U., KREMPEL, R., HAAG, E.& MÜLLER, H. (1995). Leichtathletik 1. Hamburg: Rowohlt.

JONES; D.F. (1990). From rookie to successful veteran. A pathway to excellence in scholastic basketball coaching. New Orleans, Louisiana.

KAMINSKI, G. (1973). Bewegungshandlungen als Bewältigung von Mehrfachaufgaben. Sportwissenschaft, 3, 233-250.

KANTZ, H. (1994): A robust method to estimate the Lyapunov exponent of a time series. Physics Letters, A 185, 77-87.

KELSO, J.A.S., BUCHANAN, J.J, DEGRUZMAN, G.C.& DING, M. (1993): Spontaneous recruitment and annihilation of degrees of freedom in biological coordination. Physics Letters A 179, 364-371.

KENNEL, M. B. & ISABELLE, S. (1992). Method to Distinguish Chaos from Colored Noise and to Determine Embedding Parameters. Physical Review A, 46, 3111-3118.

KESSEL, T. (1998). Mittel- und Langstreckenlauf. Physiologische Grundlagen und trainingstheoretische Aspekte. Münster: Litverlag.

KIRSCH, W. (1972). Einführung in die Theorie der Entscheidungsprozesse. München.

KLAUS, G. (1969). Wörterbuch der Kybernetik (2. Bd.). Frankfurt.

KLEMM, O. (1938). Zwölf Leitsätze zu einer Psychologie der Leibesübungen. In F. Krueger & O. Klemm (Hrsg.), Motorik. München: Becksche Verlagsbuchhandlung.

KRIZ, J. (1992). Chaos und Struktur – Systemtheorie. Bd 1. München: Quintessenz.

KRUG, J. (1996). Zeitreihenanalyse und „multiple statistische Verfahren“ in der Trainingswissenschaft. Bonn: Wehle.

KRUMM, V. (1987). Der Beitrag der Erziehungswissenschaft zur Entstehung der Kluft zwischen Theorie und Praxis. In G.A. Eckerle & J.-L. Patry (Hrsg.), Theorie und Praxis des Theorie-Praxis-Bezugs in der empirischen Pädagogik. Baden-Baden.

KUCHENBECKER, R. (1990). Taktische Vorbereitung im Sportspiel. Eine empirische Untersuchung im Hallenhandball. Köln.

KUNATH, P., MATHESIUS, R. & MÜLLER, S. (1988). Psychische Aspekte der Trainingsbelastung. Theorie und Praxis der Körperkultur, 37, 385-391.

KÜPPERS, B.-O., (1993). Wenn das Ganze mehr ist als die Summe seiner Teile. In: GEO-Wissen: Chaos + Kreativität, 2, 28-31.

LAMES, M. (1991). Leistungsdiagnostik durch Computersimulation. Frankfurt a. M.: Deutsch.

LAMES, M. (1994), Synergetische Betrachtung von Schlagfolgen im Golf. In P. Blaser, K. Witte, Ch. Stucke, (Hrsg.), Steuer- und Regelvorgänge der menschlichen Motorik. Sankt Augustin: Academia.

LAMES, M. (1994). Systematische Spielbeobachtung. Münster: Philippka.

LAMES, M. (1994). Zeitreihenanalyse in der Trainingswissenschaft. Spectrum der Sportwissenschaften, 6 (1),

27-50.

- LAMES, M. (1996). Aussagen der allgemeinen Wissenschaftstheorie für die Sport- und Trainingswissenschaft. In H.-A. Thorhauer, K. Carl & U. Türck-Noack (Hrsg.), Trainingswissenschaft: Theoretische und methodische Fragen in der Diskussion (S. 101-123). Köln: Strauß.
- LAZARUS, R.S., KANNER, A.D. & FOLKMAN, S. (1980). Emotions: A cognitive –phenomenological analysis. In R., Plutchik & H. Kellerman (Eds.), Emotions. Theory. Research and experience. Vol. I, New York: Academic Press.
- LAZARUS, R.S. & LAUNIER, R. (1981). Stressbezogene Transaktion zwischen Person und Umwelt. In J. Nitsch (Hrsg.) (S. 213-259). Bern: Huber.
- LAZARUS, R.S. & FOLKMAN, S. (1984). Stress, appraisal and coping. New York: Springer.
- LEIST, K.-H. (2003). Riding a Pedalo and Learning to Ride it. In W. Tschacher & J.-P. Dauwalder, 11<sup>th</sup> Herbstakademie. Dynamical Systems in cognitive science. Bern.
- LETZELTER, M. (1978). Trainingsgrundlagen. Reinbek: Rowohlt.
- LETZELTER, M. (1981). Belastung und Erholung im Sportunterricht. Sportpraxis, 1, 11-13, 2, 25-26, 3, 49-50, 4, 71-72.
- LETZELTER, H. & LETZELTER, M. (1984). Methodologische Barrieren einer wissenschaftlichen Trainingsberatung im Sportspiel. In: Andresen, R., Hagedorn, G. (Hrsg.), Steuerung des Sportspiels in Training und Wettkampf (S. 27-48). Ahrensburg.
- LIESEN, H. (1983). Schnelligkeitsausdauertraining im Fußball aus sportmedizinischer Sicht. Fußballtraining, 5, 27-31.
- LIESEN, H. (1985). Trainingssteuerung im Hochleistungssport: einige Aspekte und Beispiele. Dt. Zeitschrift für Sportmedizin, 1, 8.
- LOISTL, O. & BETZ, I. (1993). Chaostheorie (2. Aufl). München: Oldenbourg.
- LOISTL, O. & BETZ, I. (1994). Chaostheorie. Zur Theorie nichtlinearer dynamischer Systeme. München, Wien: Oldenbourg.
- LORENZ, H.-W. (1992). Zur Rolle der Chaosforschung in der Evolutionsökonomik. In U. Witt (Hrsg.), Studien zur Evolutorischen Ökonomik (S. 65-91), Berlin.
- LUDERER, H.-J., PILLUNAT, L.E, CHRIST, T & STODTMEISTER, R. (1986). Hirnfunktion bei Alkoholabhängigen. Korrelation von Flimmerfrequenz und psychopathologischem Befund. Fortschritte der Medizin 104, (5), 101-104.
- LÜSCHER, K., (1975). In W. Fuchs, R. Klima, R. Lautmann, O. Rammstedt & H. Wienold (Hrsg.), Lexikon der Soziologie. Bd. 2. Reinbek.
- MAHNKE, R., SCHMELZER, J. & RÖPKE, G. (1992). Nichtlineare Phänomene und Selbstorganisation. Stuttgart: Teubner.
- MAINZER, K. (1994). Quanten, Chaos und Selbstorganisation. Philosophische Ansätze des physikalischen Weltbildes. In K. Mainzer. & Schirmacher, W. (Hrsg.), Quanten, Chaos und Dämonen. Erkenntnistheoretische Aspekte der modernen Physik. Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich: BI-Wissenschafts-Verlag.
- MAKRIDAKIS, S. & WHEELWRIGHT S.C. (1984). Interactive Forecasting. Univariate and multivariate methods. San Francisco.
- MARTIN, D. (1977). Grundlagen der Trainingslehre. Teil I: Die inhaltliche Struktur des Trainingsprozesses. Schorndorf: Hofmann.

- MARTIN, D. (1980). Grundlagen der Trainingslehre. Teil II: Die Steuerung des Trainingsprozesses. Schorndorf: Hofmann.
- MARTIN, D., CARL, K. & LEHNERTZ, K (1991). Handbuch Trainingslehre. Schorndorf .
- MARTIN, D. (1999). Handbuch Kinder- und Jugendtraining. Schorndorf.
- MATHESIUS, R. (1972). Methoden zur Erfassung aktuell erlebter Zustände . In P. Kunath (Hrsg.), Beiträge zur Sportpsychologie I (S. 99 – 131). Berlin: Sportverlag.
- MATURNA H.R. & VARELA F.J. (1987). Der Baum der Erkenntnis. Bern: Scherz.
- MATURNA, H. R. (1987). Kognition. In S.J. Schmidt (Hrsg.), Der Diskurs des Radikalen Konstruktivismus (89-118). Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- MATWEJEW, L.P. (1972). Periodisierung des sportlichen Trainings. Berlin: Bartels & Wernitz.
- MELLEROWICZ, H. & MELLER, W. (1972). Training. Biologische und medizinische Grundlagen und Prinzipien des Trainings. Berlin: Springer.
- MESSING, M. & LAMES, M. (1991). Die komplexe sportliche Leistung aus systemtheoretischer Sicht. Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge, 32 (1), 69-89.
- MESTER; J. & MAAS S. (1995). Methodenverständnis in der Trainingswissenschaft. Theoretische und methodische Fragen in der Diskussion. In H.-A. Thorbauer, K. Carl & Türck-Noack (S. 75-95). Köln: Strauß.
- METZGER, W. (1963). Psychologie. Darmstadt: Steinkopff.
- MEYER, U. (2003). Born to Run, aus dem Leben des Extremläufers Achim Heukemes. Reinbek: Rowohlt.
- MIETHLING, W. & PERL, J. (1981). Computerunterstützte Sportspielanalyse. Ahrensburg: Czwalina.
- MILLER, G.A., GALANTER, E. & PRIBAM, K.H. (1960). Plans and the Structure of Behavior. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- MILLER, G.A., GALANTER, E. & PRIBAM, K.H. (1973). Strategien des Handelns. Stuttgart.
- MISCHEL, W. (1968). Personality and assessment. New York: Wiley.
- MITTELSTAEDT, W, (1993). Zukunftsgestaltung und Chaostheorie. Frankfurt/M.: Lang.
- MORRISON, F. (1991). The Art of Modelling Dynamic Systems. Forecasting for Chaos, Randomness, and Determinism. New York: Wiley.
- NETT, T. (1964). Das Training des Leichtathleten. Hürdenlauf, Sprung, Wurf, Mehrkampf, Berlin: Bartels & Wernitz.
- NEUBAUER, W. (1994). Statistische Methoden. Ausgewählte Kapitel für Wirtschaftswissenschaftler. München: Vahlen.
- NEUMANN ,H. (1982). Richtig Basketballspielen. München: BLV.
- NEUMANN, G., PFÜTZNER, A. & BERBALK, A. (1999). Optimiertes Ausdauertraining. Aachen: Meyer & Meyer.
- NICOLIS , J.S. (1986). Dynamics of Hierarchical Systems. (An Evolutionary Approach). Berlin: Springer.
- NIEDERSEN, U. & POHLMANN, L. (1990). Komplexität, Singularität und Determination. Die Koordination der Heterogenität. In U. Niedersen (Hrsg.), Jahrbuch Selbstorganisation, Bd. 1. (S. 26-52). Berlin.



- NIKIFOROW, J.B.& VIKTOROW, J. B.(1973). (russ.) Mikrozyklen nach dem Pendelprinzip in der Wettkampfperiode von Boxern. *Leistungssport*, 3, 110 – 113.
- NISBETT, R.E. & WILSON, T.D. (1977). Telling more than we can know. Verbal reports on mental processes. *Psychological Review*, 84, 231-259.
- NITSCH, J.R.& UDRIS, J. (1976). Beanspruchung im Sport. Bad Homburg: Limpert.
- NITSCH, J.R.& MUNZERT, J.(1985). Handlungstheoretische Aspekte des Techniktrainings – Ansätze zu einem integrativen Modell. In J.R. NITSCH et al. (Hrsg.), *Techniktraining* (S. 109-172). Schorndorf: Hofmann.
- NITSCH, J.R. (1986). Zur handlungstheoretischen Grundlegung der Sportpsychologie. In H. Gabler, J.R. Nitsch. & R. Singer (Hrsg.), *Einführung in die Sportpsychologie*, Teil 1 (S. 188 – 270). Schorndorf.
- o.V., Nichtlineare Theorieansätze in der Sportwissenschaft. [www.ndss.de](http://www.ndss.de).
- Olivier, N., BÜSCH D.& DAUGS R., (1990). Zur Messung der Flimmerverschmelzungsfrequenz im Sport. Beiträge verschiedener Wissenschaftsdisziplinen zur Methode der FVF-Messung. Köln: Strauß.
- OSGOOD, C.E., SUCI, G.J.& TANNENBAUM; P.H. (1957). *The measurement of meaning*. Urbana: University of Illinois Press.
- OSOLIN, G.N. (1970). Die Selbstkontrolle des Sportlers in der Steuerung des Trainingsprozesses. In DSB-BaL (Hrsg.), *Informationsheft zum Training*. Eigenverlag.
- OTT, E., SAUER, T.& Yorke, J.A. (Eds.). (1994). *Coping with Chaos. Analysis of Chaotic Data and the Exploitation of Chaotic-Systems*. New York: Wiley.
- PAßLACK, R. (1991): *Urgeschichte der Selbstorganisation*. Braunschweig: Vieweg.
- PAWLIK, K. (1974). In Arnold, Eysenck/Meili (Hrsg.), *Lexikon der Psychologie*. Erster Band. (12. Aufl.). Freiburg: Herder.
- PEAT, F. D. & BRIGGS, J. (1990). *Die Entdeckung des Chaos*. München: Hanser.
- PECHTL, V., OSTROWSKI, C.& KLOSE, S. (1993). Positionen zur Erarbeitung bundeseinheitlicher Kaderkriterien. In DSB/BAL (Hrsg.), *Beiträge zur Förderung im Nachwuchsleistungssport* (S. 7-30). Frankfurt/M.: DSB.
- PEITGEN, H.-O., JÜRGENS, H. (1989). *Fraktale: Computereperimente (ent)zaubern komplexe Strukturen*. In W. Gerok (Hrsg.), *Ordnung und Chaos in der belebten und unbelebten Natur* (S. 123-152). Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.
- PEITGEN, H.-O., JÜRGENS, H.& SAUPE, D. (1994). *Chaos – Bausteine der Ordnung*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- PERL, J. (1997). Modellbildung: Informatische Ansätze im Sport. *Spectrum der Sportwissenschaften*, 9(1), 22-40.
- PERL, J., LAMES, M.& MIETHLING, W.-D. (1997). *Informatik im Sport. Ein Handbuch*. In J. Perl, M. Lames, W.-D. Miethling (Hrsg.), Schorndorf: Hofmann.
- PERL, J., LAMES, M., GLITSCH, U. (2002). *Modellbildung in der Sportwissenschaft*. In J. Perl, M. Lames, W.-D. Miethling (Hrsg.), Schorndorf: Hofmann.
- PERREZ, M. (1991). Wissenschaftlich-theoretische Grundbegriffe der klinisch-psychologischen Interventionsforschung. In M. Perrez & U. Baumann (Hrsg.), *Klinische Psychologie*, Bd. 2 (S.51-53). Bern.
- PETERMANN, F. (1989). *Einzelfallanalyse*. München: Oldenbourg.

- PIAGET, J. (1948). Psychologie der Intelligenz. Zürich: Rascher.
- PINKWART, A. (1992). Chaos und Unternehmenskrise. Dissertation. Wiesbaden:Gabler.
- PLATEN P., NÜSSER, S., KRÜGER, M., WOESTMANN, R., SCHULZ, H., HARTMANN, U., BARTMUS, U., GRABOW, V.& HECK, H. (1999). Morgentliche Herzfrequenzvariabilität von Triathleten im Jahresverlauf. Abstract anlässlich des Symposiums „Herzfrequenzvariabilität im Sport“ am 8.12.2001 in Marburg.
- PRIESTLEY, M.B. (1981). Spectral analysis and time series. Vol. I,II, New York: Academic Press.
- PRIGOGINE, I. (1980). Vom Sein zum Werden. München, Zürich: Piper.
- PRINZ, W. (1992). Wahrnehmung. In H. Spada (Hrsg.), Lehrbuch Allgemeine Psychologie (2. Aufl.). (S. 25 – 114). Bern: Huber.
- RIEDL, R. (1990). Evolution und Erkenntnis. Antworten und Fragen aus unserer Zeit (4. Aufl.). München.
- RITZDORF, W. (1987). Aspekte der Trainingssteuerung im Mikrozyklus. In H.J. Appel, J. Mester (Hrsg.), Trainingsoptimierung. Zielsetzungen und Maßnahmen. DSHS Köln: Brennpunkte der Sportwissenschaft 2 (S. 199). Köln.
- RODIONOW, A.W. (1982). Psychologie in Training und Wettkampf. Berlin: Sportverlag.
- ROTH, K. (Hrsg.). (1996). Techniktraining im Spitzensport – Rekonstruktion, Zusammenfassung und Validierung der Alltagstheorien erfahrener und erfolgreicher Trainer. Köln.
- ROUX, W. (1895). Gesammelte Abhandlungen über Entwicklungsmechanik der Organismen. Band I: Funktionelle Anpassung. Leipzig: Engelmann.
- RUBINSTEIN, S.L. (1958). Grundlagen der Allgemeinen Psychologie, Berlin.
- RUPPRECHT, H., BECKMANN, H.-K., CUBE, F. v. & SCHULZ, W. (1975). Modelle grundlegender didaktischer Theorien (2. Aufl.). Hannover.
- SATORI, J.& TSCHIENE, P. (1987). Die Fortentwicklung der Theorie des Trainings. Leistungssport, 17(2), 7-16.
- SCA. (1992). The SCA statistical system. Oak Brook.
- SCHIEPEK, G., STRUNK, G. (1994). Dynamische Systeme. Grundlagen und Analysemethoden für Psychologen und Psychiater. Heidelberg:Asanger.
- SCHIEPEK, G.& STRUNK, G. (2000), Dynamische Komplexität in der Therapeut-Klient-Interaktion. Therapieforschung aus dem Geiste der Musik. Heidelberg:Asanger.
- SCHLICHT, W.&WILHELM A. (1987). Der Effekt handlungsbegleitender Kognitionen auf die Leistungsfähigkeit im Hallenhandballspiel. – Eine quasi-experimentelle Einzelfallstudie – Sportwissenschaft, 17, 439-448.
- SCHLICHT, W. (1988). Einzelfallanalysen im Hochleistungssport: zum Verlauf und zur Wirkung selbstbezogener Aufmerksamkeit im 400-Meter-Hürdenlauf. Schorndorf:Hofmann.
- SCHLICHT, W. (1989). Belastung, Beanspruchung und Bewältigung. Sportpsychologie, 3 (2), 10-11.
- SCHLICHT, W. (1992). Das sportliche Training: Überlegungen auf dem Wege zu einem integrierten Belastungs-Beanspruchungs-Konzept. In J.P. Janssen, W. Schlicht, H. Rieckert & K. Carl (Hrsg.), Belastung und Beanspruchung (S. 31-44). Köln: Strauß.
- SCHLITTEGEN, R.& STREITBERG, B.H.J., (1984). Zeitreihenanalyse. München/Wien.

- SCHMIDT, R.C., SHAW, B.K. & TURVEY, M.T. (1990). Phase transitions and critical fluctuations in the visual coordination of rhythmic movements between people. *J. of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 16, 227-247.
- SCHMITZ, B. (1987). *Zeitreihenanalyse in der Psychologie. Verfahren zur Veränderungsmessung und Prozessdiagnostik*. Weinheim.
- SCHMITZ, B. (1989). *Einführung in die Zeitreihenanalyse: Modelle, Softwarebeschreibung, Anwendungen*. Bern.
- SCHMOLINSKY, G. (1980). *Leichtathletik*. Berlin: Sportverlag.
- SCHNABEL, G. (1994). Prinzipien des sportlichen Trainings. In G. Schnabel, D. Harre & A. Borde (Hrsg.), *Trainingswissenschaft . Leistung-Training-Wettkampf* (S. 282-293). Berlin.
- SCHNABEL, G., HARRE, D. & BORDE, A. (Hrsg.). (1994). *Trainingswissenschaft*. Berlin: Sportverlag.
- SCHÖLLHORN, W.I. (1995). Systemdynamische Betrachtung komplexer Bewegungsmuster im Lernprozess – Prozessorientierte Strukturierung der Entwicklung eines Bewegungsablaufs mit Hilfe biomechanischer Bewegungsgrößen. *Habilitationsschrift*, Köln.
- SCHÖLLHORN, W.I. (1999). Individualität – ein vernachlässigter Parameter? *Leistungssport*, 2, 5-12.
- SCHÖNER, G., HAKEN, H. & KELSO, J.A.S. (1986). A stochastic theory of phase transitions in human hand movement. *Biological Cybernetics* 53, 247-257.
- SCHÖNER-KOLB, I., SCHLATTMANN, A., LIESEN, H. & HACKFORT, D. (1989). Auswirkungen eines Übertrainingsversuchs auf das Leistungsverhalten und das subjektive Befinden. In D. Hackfort, A. Schlattmann (Hrsg.), *Wechselbeziehung bei psychischen und physischen Beanspruchungen* (S. 84 – 113). Köln: bps.
- SCHÖNPFLUG, W. (1983). Coping efficiency and situational demands. In G.R.J. Hockey (Ed.), *Stress and fatigue in human performance* (pp. 299-330). London: Wiley.
- SCHÖNPFLUG, W. (1984). Regulation und Fehlregulation im Verhalten. Entlastung und Belastung durch gesundheitsfördernde Maßnahmen. *Psychologische Beiträge*, 26, 692-721.
- SCHÖNPFLUG, W. (1986a). Behavior economics as an approach to stress theory. In M.H. Appley & R. Trumbull (Eds.), *Dynamics of Stress* (pp. 81-98). New York: Plenum.
- SCHÖNPFLUG, W. (1986b). Effort regulation and individual differences in effort expenditure. In G.R.J. Hockey, A.W.K. Gaillard & M.G.H. Coles (Eds.), *Energetics and Human Information Processing* (pp 271-283). Dordrecht: Nijhoff.
- SCHÖNPFLUG, W. (1987). Beanspruchung und Belastung bei der Arbeit – Konzepte und Theorien. In U. Kleinbeck & J. Rutenfranz (Hrsg.), *Arbeitspsychologie* (S. 130-184). Göttingen: Hogrefe.
- SCHÖNPFLUG, W. (1991). Von der Aktivierungstheorie zur Ressourcentheorie: Die Regulation von Aktivierungszuständen. In J.-P. Janssen, H. Strang & E. Hahn (Hrsg.), *Konzentration und Leistung* (S. 27-36). Göttingen: Hogrefe.
- SCHÖNPFLUG, W. (1993). Mehr Tempo, weniger Fehler, anspruchsvollere Aufgabenwahl- Was bewirkt eigentlich die erhöhte Anstrengung? In J. Beckmann, H. Strang & E. Hahn (Hrsg.), *Aufmerksamkeit und Energetisierung* (S. 133-154). Göttingen: Hogrefe.
- SCHUSTER, P. (1991) Molekulare Evolution und Ursprung des Lebens. In B.-O. Küppers (Hrsg.), *Ordnung aus dem Chaos. Prinzipien der Selbstorganisation und Evolution des Lebens*, (49-84) (3. Aufl.). München: Piper.
- SCHUSTER, H.G. (1994). *Deterministisches Chaos*. Weinheim: VCH.
- SCHWABERGER, G. & Pessenhofer, H., Schmid P., Wolf, W. & Sanseng, N. (1982). *Grundlagen der aeroben*

- Leistungsdiagnostik. Österr. J. Sportmed. 12 (1982), 3-10.
- SCHWENKMEZGER, P.&WACHTMEISTER, J. (1981). Individuelle Auswirkungen des Olympiaboykotts – Eine Einzelfallstudie. Leistungssport 1981, 11, 505-512.
- SKARDA C.A.&FREEMAN W.J. (1987). How Brains Make Chaos in Order to Make Sense of the World. Behavioral and Brain Science, 10, 161-195.
- SPADA, H. & MANDL, H. (1988). Wissenspsychologie. München: Psychologie Verlags Union.
- STACHOWIAK, H. (1973). Allgemeine Modelltheorie. Wien/ New York.
- STADLER, M., KRUSE, P. & STRÜBER, D. (1997). Struktur und Bedeutung in kognitiven Systemen. In: G. Schiepek & W. Tschacher (Hrsg.), Selbstorganisation in Psychologie und Psychiatrie (S. 33-56). Braunschweig: Vieweg.
- STARISCHKA, S. & TSCHIENE, P. (1977). Anmerkungen zur Trainingssteuerung. Leistungssport, 7, 275-281.
- STARISCHKA, S. (1988). Trainingsplanung. Schorndorf: Hofmann.
- STARISCHKA, S., FRIEDHOFF, T. & STORK, H.-M. (1993). EDV-gestützte Dokumentation und Auswertung von Trainingsdaten. Endbericht zum Forschungsauftrag (BISP). Dortmund .
- STARISCHKA, S. (1996). Prinzipien und Trainingssteuerung. In H.-A. Thorhauer , K.Carl, U. Türck-Noack (Hrsg.), Trainingswissenschaft: Theoretische und methodische Fragen in der Diskussion (S. 101-123). Köln.:Strauß.
- STEFFNY, H., PRAMANN, U. (1998). Perfektes Lauftraining. München: Südwest.
- STEINMANN, W. (1988). Krafttraining im Sportunterricht. Ahrensburg: Czwalina.
- STEWART, H.B. (1995). Recents Trends in Dynamical Systems Theory. Adelphi University NY: Lecture given at the Annual Conference of the Society for Chaos Theory in Psychology and the Life Sciences (11.8.1995).
- STRATTON, G. M. (1897). Vision without inversion of the returnal image. Psychological Review.
- SUGIHARA G.& MAY, R. (1990). Nonlinear Forecasting as a Way of Distinguishing Chaos from Measurement Error in Time Series. Nature, 344, 734-741.
- TAKENS, F. (1981). Detecting Strange Attractors in Turbulence. In Rand D.A. & Young L.S. (Eds.), Lecture Notes in Mathematics, (S. 898). Berlin: Springer.
- THEILER, J., GALDRAKIAN, B., LONGTIN, A., EUBANK, S. & FARMER, J.D. (1992). Using Surrogate Data to detect nonlinearity in time series. In M. Casdagli & S. Eubank (Hrsg.), Nonlinear Modeling and Forecasting (S. 163-182). Reading: Addison-Wesley.
- THOMAE; H.(1970). Persönlichkeit. Eine dynamische Interpretation. (5. Aufl.). Bonn :Bouvier.
- TSCHACHER, W. & SCHEIER, C. (1995). Analyse komplexer psychologischer Systeme II. Verlaufsmodelle und Komplexität einer Paartherapie. System Familie,8, 160-171.
- TSCHACHER, W.& GRAWE, K., (1996). Selbstorganisation in Therapieprozessen – Die Hypothese und empirische Prüfung der „Reduktion von Freiheitsgraden“ bei der Entstehung von Therapiesystemen. Zeitschrift für Klinische Psychologie, 25, 55-60.
- TSCHACHER, W. (1997). Prozessgestalten. Göttingen:Hogrefe.
- TSCHIENE, P. (1976). Zu einigen Fragen der Steuerung des Trainingsprozesses. Leistungssport, 6, 492-502.

- TSCHIENE, P. (1977). Einige neue Aspekte zur Periodisierung des Hochleistungstrainings. *Leistungssport*, 7, 379-382.
- TSCHIENE, P. (1980). Die zyklische Gestaltung des Trainings fortgeschrittener Werfer. DLV, Darmstadt .
- TSCHIENE, P. (1985). Veränderungen in der Struktur des Jahrestrainingszyklus. *Leistungssport*, 15 (5), 5-12.
- TSCHIENE, P. (1985). Veränderungen in der Struktur des Jahrestrainingszyklus. *Leistungssport*, 15(5),5-12.
- VIRU, A. & VIRU, M. (1993). Der Mechanismus von Training und Adaptation. *Leistungssport*, 23, 5, 5-8.
- VOIGT, E. (1938). Über den Aufbau von Bewegungsgestalten. In F. Krueger & O. Klemm (Hrsg.), *Motorik*. München: Becksche Verlagsbuchhandlung.
- WEBER, K., BOCHOW, W.& FERRAUTI, A. (1987). Trainings- und Wettkampfbeobachtung im Tennis durch systematische Spielbeobachtung von Boris Becker. In H.J. Appel & J. Mester (Hrsg.), *Trainingsoptimierung. Zielsetzungen und Maßnahmen*, DSHS Köln: Brennpunkte der Sportwissenschaften ,2, 235.
- WEIDENMANN, B. & KRAPP, A. (Hrsg.). (1986). *Pädagogische Psychologie*. Weinheim.
- WEINECK, J. (1994). *Optimales Training*. Erlangen:Perimed.
- WEINECK, J. & HAAS, H. (1999). *Optimales Basketball*. Balingen: Spitta.
- WENDLAND, U. & BANZER, W. (1990). *Verlaufsforschung im Spitzensport*. Köln: Strauß.
- WERCHOSCHANSKI, J.W. (1988). *Effektiv trainieren*. Berlin: Sportverlag.
- WIEMEYER, J. (1990). *Zentralnervöse Aktivierung und sportliche Leistung*. Köln: Strauß.
- WIENER, N. (1968). *Kybernetik*. Reinbek: Rohwohlt.
- WIENOLD, H., (1975). In W. Fuchs, R. Klima, R. Lautmann, O. Rammstedt & H. Wienold (Hrsg.). *Lexikon der Soziologie*. Bd. 1. Reinbek.
- WILHELM, A. (1995). *Belastung und Beanspruchung im Wettkampfsport*. Bonn:Holos.
- WITTE, K. (2002). *Stabilitäts- und Variabilitätserscheinungen der Motorik des Sportlers unter nichtlinearem Aspekt*. Aachen:Shaker.
- WOLKOW, W.M. (1974). Theoretische Überlegungen zum Aufbau eines Mikrozyklus. *Leistungssport*, 4, 163-167.
- WORG, R. (1991). *Deterministisches Chaos. Wege in die nichtlineare Dynamik..* Mannheim: Bi-Wiss-Verlag.
- WOROBJEWA, E.I.& WOROBJEW, A. N. (1978). Die Adaptation im sportlichen Training als eine der Formen der biologischen Anpassung an Umwelt- und Entwicklungsbedingungen. *Leistungssport*, 8, 145-148.
- ZACIORSKY, V. M. (1966a). *Kybernetik und Körpererziehung (I). Theorie und Praxis der Körperkultur*, 14, 625-635.
- ZACIORSKY, V. M. (1966b). *Kybernetik und Körpererziehung (II). Theorie und Praxis der Körperkultur*, 14, 786-792.
- ZACIORSKY, V. M. (1966c). *Kybernetik und Körpererziehung (I). Theorie und Praxis der Körperkultur*, 14, 878-883.
- ZACIORSKY, V. M. (1971). *Kybernetik – Mathematik – Sport (I). Theorie und Praxis der Körperkultur*, 19, 1068-1091.

ZANONE, P.G.& KELSO, J.A.S. (1991). Relative timing from the perspective of dynamic pattern theory: stability and instability. In J.Fagard & P.H. Wolff (Eds.), *The development of timing control and temporal organization in coordinated action*. Amsterdam, London, New York, Tokyo: North Holland.

## Anhang

Name:

Datum:

Uhrzeit:

Im folgenden Fragebogen geht es um eine Selbsteinschätzung Ihres *augenblicklichen* Befindens und Ihrer *augenblicklichen* Stimmungslage. Bitte entscheiden Sie - ohne lange zu überlegen - wie treffend jeweils ein Eigenschaftswort ihren momentanen Zustand beschreibt. Sie haben dazu eine Skala (vergleichbar einer Thermometerskala), mit der Sie Ihre Aussagen abstimmen können.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	überhaupt nicht zu- treffend	ein bißchen zutreffend	etwas zutreffend	ziemlich zutreffend	überwiegend zutreffend	fast völlig zutreffend	vollkommen zutreffend
1. schleppend	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
2. brummig	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
3. friedlich	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
4. träge	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
5. ausgewogen	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
6. unsicher	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
7. erschöpft	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
8. ausgelassen	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
9. teilnahmslos	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
10. fröhlich	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
11. enttäuscht	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
12. ausgelaugt	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
13. schlecht aufgelegt	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
14. kummervoll	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
15. schlaff	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
16. gelöst	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
17. ärgerlich	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
18. flau	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
19. gesammelt	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
20. gezügelt	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
21. dösig	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
22. verwirrt	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
23. hochgestimmt	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
24. ruhebedürftig	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
25. grantig	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
26. gelassen	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
27. mürrisch	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
28. abgehetzt	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
29. harmonisch	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
30. unwirsch	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
31. angestrengt	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
32. niedergeschlagen	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
33. zornig	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
34. lebendig	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
35. gleichgültig	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
36. geordnet	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
37. beschwingt	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
38. schlapp	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
39. traurig	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
40. entmudigt	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
41. abgekämpft	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
42. lustig	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)



Athletenname: ..... Datum: ..... Witterung: .....

Beginn: ..... Ende: ..... Trainingsort: .....

Training  Wettkampf .....

Aufwärmen:			
Was?	Wie lange?	ggf. Pausen	HF
Hauptteil:			
Was?	ggf. Zeiten	Intensität	Wie lange?
Ausklang:			
Was?	Wie lange?	ggf. Pausen	HF

Datum:  
Uhrzeit:  
Situation:

Heute war ein

- a) Trainingstag
- b) Samstag
- c) Sonn- oder Feiertag
- d) Urlaubstag
- e) ich war krank
- f) Wettkampftag

Beginn des Trainings:

Ende des Trainings:

Bitte beurteilen Sie zusammenfassend Ihr heutiges Training:

	sehr	etwas	weder/noch	etwas	sehr	
anstrengend						nicht anstrengend
emotional belastend						nicht emotional belastend
erfolgreich						nicht erfolgreich

Bitte beurteilen Sie zusammenfassend Ihre heutige Arbeit/Training:

	sehr	etwas	weder/noch	etwas	sehr	
anstrengend						nicht anstrengend
emotional belastend						nicht emotional belastend
erfolgreich						nicht erfolgreich

Mir geht es heute im Vergleich zu gestern

deutlich besser ( )    etwas besser ( )    gleich ( )    etwas schlechter ( )    deutlich schlechter ( )

Beurteilen Sie bitte, wie Sie vergangene Nacht geschlafen haben:

tief/gut geschlafen | sehr ( )    etwas ( )    weder/noch ( )    etwas ( )    sehr ( ) | schlecht geschlafen

Beurteilen Sie bitte Ihren Appetit am heutigen Tag:

Großer Appetit | sehr ( )    etwas ( )    weder/noch ( )    etwas ( )    sehr ( ) | appetitlos

Ich empfand die Beziehung zu meinem Trainer heute als

	sehr	etwas	weder/noch	etwas	sehr	
gespannt						entspannt
problemlos						problematisch

Hat Sie heute etwas privat, beruflich oder im Training besonders belastet oder gefreut? Wenn JA, geben Sie kurz an, was dies war.

Welche Regenerationsmaßnahmen haben Sie heute angewendet?

Hatten Sie heute irgendwelche körperlichen Beschwerden?

Ist heute zwischen Trainingsende und Bettruhe irgendetwas vorgefallen, was Sie besonders belastet hat? Wenn JA, geben Sie bitte kurz an, was dies war.

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet habe.

Die vorgelegte Dissertation liegt weder ganz oder in einer anderen Fassung oder in Teilen einer Hochschule im Zusammenhang mit einer staatlichen oder akademischen Prüfung vor, noch wurde sie veröffentlicht oder hat einer Hochschule bereits vorgelegen.

Gräfenberg, den 02.10. 2004