

**Methode für die Analyse  
und Bewertung  
der Wechselwirkung  
zwischen Stress und  
der Zuverlässigkeit  
wissensbasierten  
Handelns in der  
probabilistischen  
Sicherheitsanalyse**



## **Methode für die Analyse und Bewertung der Wechselwirkung zwischen Stress und der Zuverlässigkeit wissensbasierten Handelns in der probabilistischen Sicherheitsanalyse**

Werner Faßmann

Juni 2014

### **Anmerkung:**

Das diesem Bericht zugrunde liegende F&E-Vorhaben RS1198 „Fortschrittliche Methoden und Werkzeuge für probabilistische Sicherheitsanalysen“ wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) durchgeführt.

Die Arbeiten wurden von der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH ausgeführt.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Auftragnehmer.

**Deskriptoren**

Stress, Analyse, wissensbasiertes Handeln, emotionale Reaktion, menschliche Zuverlässigkeit

## **Kurzfassung**

Theoretische und empirische Erkenntnisse zeigen, dass Stress heute als emotionale und kognitive Reaktion zu verstehen ist, mit der sich Menschen an Situationen anpassen, die mit realen oder erwarteten Gefahren, Bedrohungen oder Frustrationen persönlich wichtiger Ziele oder Bedürfnisse einhergehen. Die emotionale Reaktion auf solche Situationen kann so extrem sein, dass sie rationales Handeln zur Bewältigung der Situation vereitelt. In weniger extremen Fällen finden Veränderungen der kognitiven Prozesse statt, auf denen das Handeln beruht und die sich systematisch auf die Zuverlässigkeit auswirken können, mit der Menschen ihre Aufgaben in Situationen unter Stress erfüllen. Auch die zuverlässige Aufgabenerfüllung durch das Personal von Kernkraftwerken und anderen Risikotechnologien ist von solchen Effekten betroffen.

Die im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten Forschungs- und Entwicklungsvorhabens RS1198 erarbeitete Methode berücksichtigt die beiden Aspekte der emotionalen und der kognitiven Bewältigung von Situationen, in denen das Personal wissensbasierte Aufgaben zuverlässig zu erfüllen hat. Die Analyse- und Bewertungsschritte der Methode leiten den Anwender systematisch an, den Beitrag stressbezogener emotionaler und kognitiver Faktoren mit ihren Beiträgen zur Zuverlässigkeit der Aufgabenerfüllung zu erfassen und zu quantifizieren. Eine entsprechende praktische Anleitung wurde erarbeitet. Die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen zur Klärung offener Fragen ist dargestellt. Ein konkretes Beispiel zeigt, wie die Methode anzuwenden ist.

Zu den Arbeiten des Projekts gehörte auch die Untersuchung, in welchem Punkten Swains Ansatz zur Bewertung des Faktors Stress bei regelbasierten Handlungen fachwissenschaftlich noch aktuell ist. Vorschläge zur Aktualisierung wurden erarbeitet.

## **Abstract**

According to the current theoretical and empirical state-of-the-art, stress has to be understood as the emotional and cognitive reaction by which humans adapt to situations which imply real or imagined danger, threat, or frustration of important personal goals or needs. The emotional reaction to such situations can be so extreme that rational coping with the situation will be precluded. In less extreme cases, changes of cognitive processes underlying human action will occur, which may systematically affect the reliability of tasks personnel has to perform in a stressful situation. Reliable task performance by personnel of nuclear power plants and other risk technologies is also affected by such effects.

The method developed in the frame of the research and development project RS1198 sponsored by the German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi) addresses both aspects of emotional and cognitive coping with stressful situations. Analytical and evaluation steps of the approach provide guidance to the end users on how to capture and quantify the contribution of stress-related emotional and cognitive factors to the reliable performance of knowledge-based actions. For this purpose, a suitable guideline has been developed. Further research for clarifying open questions has been identified. A case study application illustrates how to use the method.

Part of the work performed in this project was dedicated to a review addressing the question to which extent Swain's approach to the analysis and evaluation of stress is in line with current scientific knowledge. Suitable suggestions for updates have been developed.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Zielsetzung.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Wesentliche Erkenntnisse zu Stress und Handeln.....</b>	<b>7</b>
3.1	Begriffsbestimmungen und Erklärungsansätze .....	7
3.1.1	Belastung und Beanspruchung .....	7
3.1.2	Handeln .....	9
3.1.3	Phasen der Tätigkeits- und Handlungsregulation.....	12
3.1.4	Ebenen der Tätigkeits- und Handlungsregulation.....	17
3.1.5	Stress .....	20
3.1.6	Synthese der theoretischen Überlegungen zu Stress und Handeln .....	32
3.1.7	Fazit der Synthese theoretischer Überlegungen zu Stress und Handeln..	52
3.2	Empirische Erkenntnisse zu Stress, Handeln und Leistung .....	55
3.2.1	Grenzen empirischer Untersuchungen und Erkenntnisse im Allgemeinen.....	55
3.2.2	Wesentliche Erkenntnisse der empirischen Stressforschung .....	65
3.3	Bewertung des Faktors Stress in Methoden der sogenannten zweiten Generation.....	76
<b>4</b>	<b>Methode für die Analyse und Bewertung der Zuverlässigkeit wissensbasierten Handelns unter Stress .....</b>	<b>77</b>
4.1	Fachliche Grundlagen der Analyse- und Bewertungsmethode.....	77
4.1.1	Modell der Handlungsregulation .....	78
4.1.2	Wesentliche empirische Erkenntnisse.....	79
4.1.3	Arbeitsbegriff für „Stress“ und Folgerungen für die Methode .....	81
4.1.4	Stresshöhe .....	82
4.1.5	Analyse und Bewertung wissensbasierten Handelns .....	84
4.1.6	Vorläufige Eingrenzung des Anwendungsbereichs der Methode auf nicht dynamische probabilistische Sicherheitsanalysen .....	90

4.2	Anlagenbegehung zur Vorbereitung der Analyse und Bewertung .....	90
4.2.1	Vorbereitung der Anlagenbegehung .....	90
4.2.2	Durchführung der Anlagenbegehung .....	96
4.2.3	Ergebnis der Anlagenbegehung.....	99
4.3	Analyse und Bewertung.....	100
4.3.1	Bestimmung der Stresshöhe.....	103
4.3.2	Bewältigung möglicher Phasen der Konfusion .....	108
4.3.3	Denkbare schädliche Eingriffe in möglichen Phasen der Konfusion .....	111
4.3.4	Einleitung des Problemlöseversuchs unter Stress .....	115
4.3.5	Analyse und Bewertung des Stresses in einem erfolgreichen Problemlöseversuch .....	116
4.3.6	Analyse und Bewertung des Stresses in einem misslungenen Problemlöseversuch mit der Folge falscher Vorgehensweisen .....	131
4.3.7	Gesamtbewertung des Problemlöseversuchs .....	140
4.3.8	Einleitung der gefundenen Vorgehensweisen .....	148
4.3.9	Phase der Ausführung einer gefundenen Vorgehensweise.....	148
4.3.10	Zuverlässigkeit wissensbasierten Handelns aus Problemlöseversuch und wissensbasierten Handlungen .....	160
4.3.11	Nutzung anderer Daten für die Quantifizierung der Zuverlässigkeit .....	160
4.3.12	Diskussion und Überlegungen zu Weiterentwicklung der vorgestellten Methode .....	160
<b>5</b>	<b>Aktualisierung der Stressbewertungsmethode von Swain für regel- und fertigkeitbasiertes Handeln.....</b>	<b>165</b>
5.1	Swains Bestimmung des Begriffs „Stress“ .....	165
5.2	Die Ursache für Stress.....	166
5.3	Stressoren .....	166
5.4	Stressausprägungen und ihr Zusammenhang mit der Leistung .....	167
5.5	Störfälle und Stressreaktion.....	170
5.6	Quantitative Bewertung.....	170

<b>6</b>	<b>Praxisgerechte Anleitung zur Analyse und Bewertung des Faktors Stress in einer probabilistischen Sicherheitsanalyse und Erprobung der Methode .....</b>	<b>173</b>
6.1	Praxisgerechte Anleitung .....	173
6.2	Erprobung an einem Fallbeispiel.....	181
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>185</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>189</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>195</b>
	<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>197</b>



# 1 Einleitung

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderten Forschungs- und Entwicklungsvorhabens RS1198 mit dem Titel „Fortschrittliche Methoden und Werkzeuge für probabilistische Sicherheitsanalysen (PSA)“ bestand ein Teilziel darin, eine Methode zu entwickeln und zu erproben, mit der man auf der Grundlage heutiger fachwissenschaftlicher Erkenntnisse analysieren und bewerten kann, wie sich Stress auf die Zuverlässigkeit wissensbasierter Personalhandlungen bei der Bewältigung von Betriebsstörungen, Stör- und Notfällen in Kernkraftwerken auswirkt. Zudem waren bestehende Methoden für die Analyse und Bewertung des Faktors Stress und seiner Folgen für die Zuverlässigkeit regel- und fertigkeitbasierter Handlungen auf den aktuellen fachwissenschaftlichen Stand zu bringen (zur Bedeutung fachwissenschaftlicher Begriffe: siehe unten, Kapitel 3).

Diese Entwicklungs- und Erprobungsarbeiten waren aus folgenden Gründen erforderlich:

- Stress kann die Zuverlässigkeit des Handelns generell in all denjenigen Situationen beeinträchtigen, in denen Menschenleben, Gesundheit, Umwelt, Sachwerte, Selbstwertgefühl und/oder Ansehen bei anderen Personen gefährdet sind. Die Gefährdung kann objektiv bestehen oder zumindest aus subjektiver Sicht der Handelnden gegeben sein.
  - Stresssituationen können insbesondere bei Störungen, Störfällen und Notfällen in Anlagen des Risikotechnologiesektors, aber auch im Bereich der medizinischen Behandlung und Versorgung oder bei Feuerwehr-, Rettungs-, Polizei- und Militäreinsätzen auftreten. Zu den Risikotechnologien gehören u. a. Anlagen und Einrichtungen in den Bereichen Kernenergie, Luft- und Raumfahrt, Straßen-, Schienen- und Schiffsverkehr, Bergbau, Öl-, Gas- und Chemieindustrie sowie Waffensysteme. In der Kerntechnik sind auch Anlagen während des Nachbetriebs, der Stilllegung und des Rückbaus zu berücksichtigen, solange die Betreiber gegen radioaktive Freisetzung und sonstige Risiken für Mensch und Umwelt vorzusorgen haben. Darüber hinaus sind alle Einrichtungen zu betrachten, die der Aufnahme radioaktiver Abfälle und kontaminierter Dinge dienen und, z. B. durch Lastabstürze, negative Folgen für Mensch und Umwelt nach sich ziehen können.

- Stress kann fertigungs-, regel- und wissensbasierter Handeln betreffen, je nachdem, ob die Handelnden zur Erfüllung ihrer Aufgaben bekannte, gut trainierte Vorgehensweisen nutzen können oder ein geeignetes Vorgehen in der Situation selbst neu entwickeln und in dieser Situation erstmalig umsetzen müssen.

Aus dem Gesagten folgt, dass praxiserrechte Erkenntnisse zu Stress und Methoden für die Analyse und Bewertung dieses Faktors einen Anwendungsbereich besitzen, der weit über die Kerntechnik hinausgeht.

- Eine nähere Betrachtung zeigt, dass die Methoden für die Analyse und Bewertung menschlicher Zuverlässigkeit in kerntechnischen Anlagen wesentlichen Einschränkungen und Vorbehalten unterliegen, was die Beurteilung des Faktors Stress betrifft:
  - Im Bereich fertigungs- und regelbasierten Handelns wird Stress auf der Grundlage von Erkenntnissen analysiert und bewertet, die schon Jahrzehnte alt sind und dem damaligen Wissen entsprechen. Beispielsweise hat Swain seine Methode (vgl. /SWA 83/, S. 3-33 und Kap. 17), die auch der den deutschen PSA-Leitfaden für Kernkraftwerke ergänzenden Fachband zu PSA-Methoden /FAK 05/ empfiehlt, auf dem Stand der Erkenntnisse der 1980er Jahre entwickelt. Der Erkenntnisstand hat sich inzwischen deutlich verändert. Daher sind die fachlichen Grundlagen der Analyse- und Bewertungsmethode für den Faktor Stress bei regel- und fertigungs-basierten Handlungen auf Diskrepanzen vom fachwissenschaftlich aktuellen Wissensstand zu überprüfen und die Methoden im erforderlichen Umfang zu aktualisieren.
  - Methoden zur Analyse und Bewertung wissensbasierter Handlungen werden seit den 1990er Jahren entwickelt. Vor allem die älteren dieser Methoden könnten ggf. ebenfalls dem aktuellen Stand der Erkenntnisse über den Faktor Stress nicht mehr entsprechen. Außerdem gibt es für verschiedene Methoden älteren, aber auch jüngeren Datums keine oder zumindest keine öffentlich zugänglichen, detaillierten Anleitungen, wie die Analyse und Bewertung des Faktors Stress durchzuführen ist. Ohne detaillierte Anleitungen muss der Anwender nach seinem jeweiligen persönlichen Fachwissen vorgehen, wenn er die Methoden nutzt. Analyse- und Bewertungsergebnisse können sich deutlich unterscheiden, je nachdem, welche Fachkenntnisse der Anwender für die Analyse und Bewertung einsetzt. Eine ausreichend detaillierte Anleitung kann diesen

Unterschieden der Methodenanwendung und ihrer Ergebnisse entgegenwirken.

Ähnliche Verhältnisse bestehen auch für die Analyse und Bewertung des Handelns unter Stress bei Tätigkeiten in nicht-nuklearen Arbeitsfeldern /CON 11/, /HAN 08/, /STA 14/.

Aus diesem Sachstand ergeben sich unmittelbar die Ziele der erforderlichen Entwicklungs- und Weiterentwicklungsarbeiten. Diese Ziele sind im nachfolgenden Kapitel genauer formuliert.



## 2 Zielsetzung

Im Einzelnen haben die anstehenden Entwicklungs-, Weiterentwicklungs- und Erprobungsarbeiten vier Ziele:

- Es sind die wesentlichen fachwissenschaftlichen Erkenntnisse zu den Aspekten herauszuarbeiten, wie Stress beim Handeln entsteht und wie dieser auf Handeln, Leistung und Zuverlässigkeit wirkt.
- Auf dieser Grundlage ist eine Methode zu entwickeln, mit der man analysieren und bewerten kann, wie zuverlässig das Personal unter Stress wissenschaftsbasiert handelt.
- Die fachwissenschaftlichen Erkenntnisse sind darüber hinaus zu nutzen, um die Analyse und Bewertung des Faktors Stress in der Methode von Swain /SWA 83/, die auf dem Wissensstand zu Beginn der 1980er Jahre beruht und deren Schwerpunkt das regel- und fertigkeitbasierte Handeln bildet, auf den neuesten fachwissenschaftlichen Stand zu bringen.
- Die neuen, bzw. weiterentwickelten Methoden, sind in einer praxisgerechten Anleitung für die Anwendung in einer probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA) zu beschreiben und in einer Fallstudie praktisch zu erproben. Zur Erprobung der Methodenentwicklung dient ein wissenschaftsbasierter Eingriff, der in einer PSA zu analysieren und zu bewerten ist.

In den nachfolgenden Kapiteln sind die Arbeiten zu diesem Ziel im Detail dokumentiert. Jedem Ziel ist ein eigenes Kapitel gewidmet, dessen Einleitung im Detail die behandelte Zielsetzung und das Vorgehen erläutert, mit dem dies erreicht worden ist. Der vorliegende Bericht endet mit einer zusammenfassenden Diskussion der Ergebnisse und einem Ausblick auf Untersuchungen, die von diesen Ergebnissen ausgehen können.



### **3 Wesentliche Erkenntnisse zu Stress und Handeln**

Die Zielsetzung dieses Teils der Arbeiten besteht darin, zum einen die Fachbegriffe und Erklärungsansätze zu erläutern, die erforderlich sind, um die Wirkung, die Stress auf die Zuverlässigkeit wissens- und regelbasierten Handelns ausübt, in Übereinstimmung mit dem heutigen fachwissenschaftlichen Erkenntnisstand zu beschreiben und zu verstehen. Zum anderen soll ein Überblick über den Bestand einschlägiger, empirischer Erkenntnisse gegeben werden, wie sich Stress auf Handeln, Leistung und Zuverlässigkeit auswirkt. Die gewonnenen theoretischen und empirischen Erkenntnisse dienen als Grundlage für die Methodenentwicklungen im Rahmen der Arbeiten zu diesem Forschungs- und Entwicklungsvorhaben. Abschließend erhält der Leser einen Überblick, wie neuere Methoden für die Analyse und Bewertung der Zuverlässigkeit menschlichen Handelns in Kernkraftwerken den Faktor Stress berücksichtigen.

#### **3.1 Begriffsbestimmungen und Erklärungsansätze**

Die Stressforschung hat eine Vielzahl unterschiedlicher Theorien, Modelle und Methoden hervorgebracht, in denen diverse Begriffe uneinheitlich gebraucht werden. Daher sind im Folgenden die Bedeutungen derjenigen Begriffe zu klären, die für die weiteren Arbeiten wichtig sind. Dazu gehören „Belastung“, „Beanspruchung“, „Handeln“ und „Stress“. Die Klärung der ersten drei Begriffe ist notwendig, weil Stress bei Handlungen in Situationen entsteht, in denen der Handelnde bestimmten Belastungen und Beanspruchungen unterliegt. „Stress“ bedarf ebenfalls der Erläuterung, weil der Begriff von verschiedenen Autoren unterschiedlich aufgefasst wird. Die vorgestellten Begriffsbestimmungen erfahren eine Kommentierung, die das korrekte Verständnis der Begriffsbestimmungen erleichtern und die Zusammenhänge mit den anderen Begriffsbestimmungen erläutern.

##### **3.1.1 Belastung und Beanspruchung**

Die einschlägige DIN-Norm 33405 /DIN 87/ legt die Begriffe der psychischen Belastung und Beanspruchung wie folgt fest:

### *Begriffsbestimmungen*

„Belastung“ bezeichnet *„die Gesamtheit der erfassbaren Einflüsse, die von außen auf den Menschen zukommen und auf ihn psychisch einwirken“* (siehe /DIN 87/, S. 1).

„Beanspruchung“ steht für *„die individuelle, zeitlich unmittelbare und nicht langfristige Auswirkung der psychischen Belastung im Menschen in Abhängigkeit von seinen individuellen Voraussetzungen und seinem Zustand“* (vgl. /DIN 87/, S. 1).

Äußere Einflüsse sind u. a. die Dauer der Tätigkeit, Umgebungsfaktoren, wie z. B. die Lichtverhältnisse, Tätigkeitsanforderungen, wie etwa aufgabenbedingter Zeitdruck, und sonstige Rahmenbedingungen des Handelns, zu denen auch Gefährdungen zählen. Zu den inneren Voraussetzungen und dem Zustand des Menschen gehören z. B. Einstellungen, Fähigkeiten, die Gesundheit und die aktuelle Verfassung der betroffenen Person (siehe dazu /DIN 87/, S. 3).

### *Kommentierung*

Gegenstand der Begriffsbestimmung sind die psychische Belastung und Beanspruchung, Körperliche Aspekte werden z. B. über die Voraussetzung der Gesundheit und die aktuelle Verfassung der belasteten Person berücksichtigt, die u. a. mehr oder minder ausgeruht sein kann.

Gleiche Belastungen können in Abhängigkeit von den inneren Voraussetzungen und dem Zustand der belasteten Person unterschiedliche Beanspruchungen hervorrufen. Weisen mehrere Personen gleiche Voraussetzungen und Zustände auf, ist also zu erwarten, dass dieselben Belastungen diese Personen auf die gleiche Weise beanspruchen.

Konkrete Vorhersagen der Wirkung einer Belastung erfordern es, genau zu bestimmen, welche Leistungsvoraussetzungen und Zustände auf Seiten der belasteten Person beansprucht werden. Man kann beispielsweise davon ausgehen, dass die Multiplikation mehrstelliger Zahlen im Kopf die meisten Personen in gleicher Weise beansprucht, unabhängig davon, ob sie z. B. im Beruf häufig oder selten Rechenaufgaben im Kopf lösen. Es könnte, je nach Art der Rechenaufgabe (z. B. 220 mal 10 bzw. 373 mal 53), weniger auf den Einsatz hochgeübter Rechenregeln sondern mehr auf die (Über-)Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses ankommen. Es ist also stets

erforderlich, klarzustellen, welche konkreten Belastungen und Beanspruchungen betrachtet werden.

Dieses Gebot der Konkretisierung führt zu der folgenden umfassenden Forderung: Laut Begriffsbestimmung zeichnen sich Belastungen und psychische Beanspruchungen durch psychisch bedeutsame Einwirkungen bzw. Auswirkungen aus. Das Verständnis dieser Prozesse erfordert es, die wesentlichen Merkmale der psychischen Steuerung (auch als „Regulation“ bezeichnet) des Handelns zu berücksichtigen.

### **3.1.2 Handeln**

Verschiedene Autoren gebrauchen die Begriffe „Handeln“, „Handlung“, „Tätigkeit“, „Aktion“ usw. mit unterschiedlichen Bedeutungen. Hacker hat auf der Basis detaillierter theoretischer und empirischer Untersuchungen Begriffsbestimmungen formuliert /HAC 99/, /HAC 05/, die das vorliegende Projekt wegen ihres fundierten Charakters nutzt. Der Begriff „Ziel“ steht in den nachfolgenden Begriffsbestimmungen an erster Stelle, weil die weiteren Begriffe darauf Bezug nehmen.

#### *Begriffsbestimmungen*

Ein „Ziel“ ist ein zukünftiger Zustand, den der Akteur anstrebt (siehe /APA 07/, S. 413).

Eine „Arbeitstätigkeit“ (kurz: „Tätigkeit“) zeichnet sich durch ein Ober-Ziel aus, das im Arbeitsprozess durch Handlungen verwirklicht werden soll (vgl. /HAC 99/, S. 386 f, siehe auch /HAC 05/, S. 69).

„Handlung bezeichnet eine zeitlich in sich geschlossene, auf ein Ziel gerichtete sowie inhaltlich und zeitlich gegliederte Einheit der Tätigkeit, nämlich die kleinste, psychologisch relevante Einheit willentlich gesteuerter Tätigkeiten von Individuen, Gruppen und Organisationen. Die Abgrenzung von Handlungen erfolgt durch das bewusste Ziel, das die mit der Absicht der Realisierung (Intention) verknüpfte Vorwegnahme des Ergebnisses (Antizipation) darstellt“ (vgl. /HAC 99/, S. 386 f, siehe auch /HAC 05/, S. 69).

Eine „Operation“ ist eine Teilhandlung und hat kein eigens definiertes Ziel (siehe /HAC 99/, S. 387). „Operationen sind nur unselbständige Bestandteile der Tätigkeit, weil ihre Resultate nicht bewusst (als Ziel) antizipiert werden“ (vgl. /HAC 05/, S. 69).

Das Merkmal der Unselbständigkeit trifft auch für die Körperbewegungen zu, die zur Ausführung einer Teilhandlung gehören.

Ober-Ziele und Ziele erfüllen die drei Funktionen, die Tätigkeit bzw. Handlung zu motivieren, die Auswahl des Vorgehens und der Mittel zu lenken sowie als Referenzwert für die Kontrolle des Tätigkeits- bzw. Handlungsfortschritts zu dienen (siehe dazu /HAC 99/, S. 390).

### *Kommentierung*

„Ziel“ und „Ober-Ziel“ stehen in einer Beziehung hierarchischer Unter- bzw. Überordnung. Tätigkeiten und Handlungen können je nach Abstraktionsgrad des Zielinhaltes mehr oder minder allgemein und umfassend festgelegt sein. Der Untersuchende hat zur Bestimmung und wechselseitigen Abgrenzung der einzelnen Handlungen (bzw. Tätigkeiten) also das Ziel (bzw. Ober-Ziel) zu ermitteln, das der Handelnde verfolgt und das vom Inhalt einer erteilten Anweisung deutlich abweichen kann. Man denke z. B. an die Weigerung, Aufträge zu erfüllen, die der Handelnden nicht mit seinen Zielen oder Oberzielen vereinbaren kann. Ober-Ziele bzw. Ziele sind der Beobachtung zugänglich: Der Handelnde kann sie benennen, weil sie ihm entweder schon bewusst sind oder er sie sich bewusst vergegenwärtigen kann.

Zur Erläuterung dieser abstrakten Begrifflichkeit dient das folgende Beispiel aus dem Alltag: Der Handelnde habe das Ober-Ziel, auf seinem Notebook-Computer einen Text niederzuschreiben. Die Person sieht, dass ihr Notebook noch einzuschalten ist. Das Einschalten ist eine Handlung, weil man davon ausgehen und durch Befragung nachprüfen kann, dass der Handelnde den eingeschalteten Zustand als ein Ziel antizipiert, das er erreichen muss, wenn er sein Notebook für die Textverarbeitung einsetzen will. Die Person kann diesem Ziel mehr oder minder große, bewusste Aufmerksamkeit zuwenden, manche Menschen verbalisieren es sogar spontan („*Da muss ich erst einmal ...*“ o. ä.). Dagegen erfolgen die Nutzung des Zeigefingers für den Einschaltvorgang und die zugehörigen Bewegungen im Normalfall, ohne dafür entsprechende eigene, mehr oder weniger bewusste Ziele festzusetzen. Hohe, bewusste Aufmerksamkeit wird z. B. gegeben sein, wenn das Handicap eines verletzten, dick verbundenen Zeigefingers besteht und der Handelnde sich durch Fehlschlag des Einschaltvorgangs oder Schmerz seines Ziels und der Unmöglichkeit bewusst wird, es auf dem gewohnten Weg zu erreichen. Es ist zu beachten, dass Bewegungen nicht per se unselbständige

Teile einer Handlung sind. Ihre genaue Vorführung kann bewusstes Ziel eines Ausbilders sein.

Handlungssubjekt können laut Begriffsbestimmung nicht nur Individuen, sondern auch Gruppen und ganze Organisationen sein. Dies entspricht dem alltäglichen Sprachgebrauch, dem zu Folge auch Gruppen oder ein ganzes Unternehmen „handeln“. Im Fall kollektiven Handelns ist zu berücksichtigen, wie das Handeln des einzelnen Mitglieds vom Handeln der übrigen Mitglieder abhängt und umgekehrt: individuelle Ziele können auf Ziele der Gruppe zurückgehen oder solche Gruppenziele bestimmen. Auch sind Kommunikation und Kooperation Tätigkeiten bzw. Handlungen im Sinne der obigen Begriffsbestimmung. Im Folgenden wird vereinfachend auf Individuen als Handlungssubjekte Bezug genommen, ohne dadurch kollektive Handlungssubjekte auszuschließen.

Die Begriffe der Tätigkeit und der Handlung sind generisch bestimmt, sie gelten für alltäglichsten Tätigkeiten und Handlungen (wie z. B. dem Einschalten eines Notebooks) bis hin zu den anspruchsvollsten, innovativen Unternehmungen (wie z. B. der Ausarbeitung einer wissenschaftlichen Theorie oder der Entwicklung neuartiger Technologien). Zur Erfassung dieser Vielfalt ist zu klären, wie Tätigkeiten und Handlungen generell zustande kommen und welche Besonderheiten im Prozess des Handelns Unterschiede zwischen z. B. Routinehandlungen und innovativen Leistungen erklären können. Der grundlegende Begriff ist derjenige der psychischen Regulation von Tätigkeiten und Handlungen. Zur Einführung dieses Begriffs dienen die folgenden Hinweise:

- „Tätigkeit“, „Handlung“ und „Teilhandlung“ sind durch Prädikate wie z. B. „angestrebt“, „willentlich gesteuert“, „bewusst“, „nicht bewusst“, „Intention“ und „Antizipation“, wesentlich als psychische Vorgänge bestimmt. Der Begriff der „Regulation von Arbeitstätigkeiten“ (kurz auch: „Tätigkeitsregulation“) dient dazu, die Gesamtheit dieser psychischen Vorgänge zu bezeichnen. Manche Autoren gebrauchen den Begriff der Handlungsregulation anstelle desjenigen der Tätigkeitsregulation (z. B. /ULI 11/). Der vorliegende Bericht vermeidet diese Unschärfe: Beide Begriffe sind nur austauschbar, wenn die Tätigkeit genau eine Handlung umfassen sollte.
- Die Regulation der Tätigkeiten und Handlungen weist eine Struktur auf, deren wesentliche Merkmale eine Vielzahl theoretischer und empirischer Untersuchungen weitgehend geklärt haben. Nach Hacker und anderen Autoren weist die Tätigkeitsregulation eine Gliederung in Phasen und Ebenen auf. Phasen und Ebenen bilden den begrifflichen Rahmen für die Erfassung und Erklärung der Spannweite

menschlichen Handelns von Alltagsroutinen bis hin zu nie dagewesenen Innovationen. Die Erläuterung der Phasen und Ebenen ist im vorliegenden Projekt auch deshalb wichtig, weil die Ziele der anstehenden Methodenentwicklungen explizit auf die Ebenen des fertigkeit-, regel- und wissensbasierten Handelns Bezug nehmen und weil mit den Phasen der Tätigkeitsregulation genauere Erklärungen möglich sind, wie Stress entsteht und wirkt.

Die folgenden Abschnitte führen in die Begriffe der Phasen und der Ebenen der Tätigkeitsregulation ein.

### **3.1.3 Phasen der Tätigkeits- und Handlungsregulation**

Der Phasenbegriff ist Grundlage für den Begriff der Ebenen und wird daher zuerst erläutert.

#### *Begriffsbestimmungen*

Die „Tätigkeitsregulation“ erklärt Zustandekommen und Ausführung einer Tätigkeit bzw. der dazugehörenden Handlungen, Teilhandlungen (Operationen) und Bewegungen auf der Grundlage psychischer Prozesse, die nach ihren unterschiedlichen Funktionen voneinander unterschieden und verschiedenen Phasen zugeordnet werden können.

Hacker unterscheidet als die hauptsächlichen Phasen das Richten (*Kommentierung*: im Sinne von Ausrichten, eine Richtung geben), Orientieren, Entwerfen eines Aktionsprogramms, Entscheiden und Kontrollieren. Darunter versteht Hacker genauer folgende Vorgänge: (siehe dazu auch /HAC 05/, S. 177 ff, /HAC 14/, S. 119 ff.):

- „Richten“ steht für die psychischen Prozesse der Zielbildung und damit der Vornahme eines Ergebnisses der Tätigkeit sowie der Motivierung zur Tätigkeit. Diese Prozesse kommen in Gang, wenn der Handelnde sich selbst eine Aufgabe stellt oder einen Auftrag erhält. Ziele erfüllen die drei Funktionen, die Tätigkeit bzw. Handlung zu motivieren, die Auswahl des Vorgehens und der Mittel zu lenken sowie als Referenzwert für die Kontrolle des Tätigkeits- bzw. Handlungsfortschritts zu dienen (vgl. /HAC 99/, S. 390).
- „Orientieren“ bezeichnet die sensorischen und psychischen Prozesse, die den Handelnden in die Lage versetzen,

- Diskrepanzen des Istzustands technischer Einrichtungen bzw. technischer Abläufe vom Sollzustand und
  - die Erfordernis bestimmter Arbeitsschritte
- zu erkennen.

Dazu treten Erfassung und Verarbeitung von Information aus der Außenwelt sowie Erinnern und Nutzung erlernten Wissens miteinander in Wechselwirkung:

- Information regt über die Stimulation der Sinnesorgane und die darauf zurückgehende Gehirnaktivität die Erinnerung an Kenntnisse und Erfahrungen an, die dazu dienen, der Information einen Sinn zu geben und dieser Sinnggebung entsprechend auf die Information zu reagieren. (*Kommentierung:* Diese Sinnggebung oder „Interpretation“ kennt jeder aus dem Alltag, man denke z. B. an vertraute und unvertraute Geräusche, von denen man weiß bzw. nicht weiß, was sie bedeuten. Der Erinnerungsprozess verläuft zu einem guten Teil unbewusst.)
- Durch Lernen erwirbt der Handelnde ein Wissen über technische Einrichtungen, Abläufe und Erfordernisse, das es ihm im Idealfall zum einen ermöglicht, aktuelle Informationen aus technischen Einrichtungen als Abweichung von denjenigen Informationen zu erfassen und zu beurteilen, die nach Kenntnis und Erfahrung des Handelnden eigentlich vorliegen müssten, wenn Zustand bzw. Funktion der Einrichtungen im Sollbereich liegen. Zum anderen lernt der Handelnde, welche Informationen („Signale“), wie z. B. Geräusche aus einer Maschine, die Erfordernis bestimmter Arbeitsschritte anzeigen.

Elerntes und erinnertes Wissen dieser Art ermöglicht es dem Handelnden somit, eine enge Verbindung zwischen der Erkennung einer Ist-Soll-Diskrepanz, ihrer Beurteilung, der Feststellung eines eventuellen Handlungsbedarfs und den Kenntnissen herzustellen, welche Arbeitsschritte in dieser Situation geboten sind. Das „Bindeglied“ zwischen der Information und dem Wissen um erforderliche Arbeitsschritte sind die Signale, also Ausprägungen bestimmter Informationen oder Informationsmuster, die der Handelnde als „Auslösebedingungen“ für diese Arbeitsschritte erlernt hat.

- „Entwerfen eines Aktionsprogramms“ heißen die psychischen Prozesse, Vorgehenswesen zur Zielerreichung zu generieren. (*Kommentierung:* Es sind verschiedene Arten des Generierens möglich, die von der Erinnerung an ein Routinevorgehen bis hin zur erstmaligen Entwicklung eines geeigneten Aktionsprogramms in

einer neuartigen Situation reichen. Darauf werden die Ausführungen zu den Ebenen der Tätigkeitsregulation näher eingehen.) Die Aktionsprogramme können Heuristiken, Strategien, Pläne, Handlungsschemata oder Bewegungsentwürfe sein, die das mögliche Vorgehen im Gedächtnis des Handelnden mehr oder weniger detailliert antizipieren und daher „Programm“ heißen. Die Heuristiken sind Vorgehensweisen zur Generierung von Strategien und Plänen. Heuristiken, Strategien, Pläne, Handlungsschemata und Bewegungsentwürfe unterscheiden sich dadurch, dass sie zunehmend detailliertere Antizipationen des konkreten Vorgehens darstellen. Grundlage des Entwerfens sind

- die Zielsetzung,
  - die gewonnene Orientierung über Ausgangsbedingungen und Erfordernisse des Handelns (siehe oben: „Orientieren“),
  - das wenigstens prinzipielle Wissen des Handelnden zur Funktionsweise der technischen Einrichtungen und Arbeitsmittel sowie zu Eigenschaften der Materialien und möglichen Eigengesetzlichkeiten der Prozesse.
- Das Entwerfen eines Aktionsprogramms ist zumindest dann erforderlich, wenn die Erreichung des Ober-Ziels einer Tätigkeit Zwischenschritte erfordert. In solchen Fällen besteht ein systematisches Herangehen des Handelnden darin, aus seinem Ober-Ziel detailliertere Ziele abzuleiten. Die Zielbildung beruht auf Beziehungen, die der Handelnde im Rahmen und in den Grenzen seines Wissens zwischen
    - dem Ober-Ziel seiner Tätigkeit,
    - der Funktionsweise der einzusetzenden Einrichtungen, Arbeitsmittel und Materialien,
    - der Prozesseigendynamik,
    - den Ergebnissen bereits abgeschlossener Teile seiner Tätigkeit und
    - den antizipierten Erfordernissen noch ausstehenden Teile dieser Tätigkeit herstellt. Aus den Zielen leitet der Handelnde ebenfalls im Rahmen und in den Grenzen seines Wissens die Art und Abfolge der Operationen sowie die Mittel zur Erreichung des Ziels ab.

*(Kommentierung: „Ziel“ dient bei Hacker als generischer Begriff für Ziele beliebigen Detaillierungsgrades und beliebiger hierarchischer Position in einem System von*

Zielen. Der Handelnde kann aus einem Ober-Ziel mehr als nur eine einzige Ebene untergeordneter Ziele ableiten, weil jedes Ziel Ausgangspunkt für die Bildung weiterer untergeordneter Ziele sein kann bis der Handelnde die Ebene erreicht, auf der er Mittel und Operationen für die Erreichung der Ziele ableiten kann. In einer konkreten Untersuchung hat man durch Beobachtung und Befragung des Handelnden daher neben der Art seiner Ziele auch zu bestimmen, in welchen wechselseitigen Beziehungen sie aus seiner Sicht stehen. Die Ableitung der Ziele und diejenige der Operationen bzw. Mittel können miteinander in Wechselwirkung treten: Mit dem Ziel kann die Wahl der Operationen und Mittel fest- oder naheliegen. Es kann aber auch sein, dass der angestrebte Einsatz von Operationen oder Mitteln die Bildung eines weiteren Ziels erfordert, das erfüllt sein muss, damit Operation bzw. Mittel überhaupt genutzt werden können (siehe /DOE 87/, S. 60 ff.). Z. B. könnte die Operation, Werkzeug für eine Handlung bereitzulegen, zur Bildung des Ziels führen, eine geeignete Möglichkeit für die Bereitstellung des Werkzeugs in Griffnähe zu schaffen, wenn eine solche Ablagemöglichkeit am Arbeitsort zunächst einmal fehlt. Als Grenzfall eines Aktionsprogramms ist das Vorgehen einzuschließen, nichts zu unternehmen und z. B. abzuwarten, dass der Prozess durch seine Eigendynamik den Sollzustand erreicht.

- Unter das „Entscheiden“ fallen die psychischen Prozesse,
  - ein Aktionsprogrammen für die Ausführung auszuwählen, wenn der Handelnde mehr als nur eines generiert hat,
  - sich zur Ausführung des Aktionsprogramms zu entschließen, welches der Handelnde ausgewählt oder als einziges generiert hat.
- „Kontrollieren“ dient als Sammelname für die psychischen Prozesse, während der Ausführung des Aktionsprogramms den jeweils erreichten Istzustand wiederholt auf Diskrepanzen vom angestrebten Ziel der Handlung bzw. Ober-Ziel der Tätigkeit zu überprüfen. Das Kontrollieren läuft nach dem Prinzip eines Regelkreises mit den vier generischen Schritten ab, den Istzustand zu prüfen, im Fall inakzeptabler Diskrepanzen eine Veränderung in Richtung auf den Sollzustand zu versuchen, den neuen Istzustand wieder zu prüfen und das Handeln erst einzustellen, wenn Ist- und Sollzustand hinreichend übereinstimmen (*Kommentierung*: oder ein anderes Abbruchkriterium (wie z. B. die Erschöpfung einer unverzichtbaren Ressource) erfüllt ist.)

Die Tätigkeitsregulation hängt wesentlich von den Rahmenbedingungen der Tätigkeitsausführung ab. Hacker unterscheidet umfassend verschiedene Arten von Rahmenbedingungen:

- die Gesellschaft mit ihren Normen und Wertvorstellungen,
- das Unternehmen mit seiner Organisation und Arbeitsteilung innerhalb des Unternehmens,
- die Technik mit ihrem Automatisierungskonzept und den daraus resultierenden Aufgaben des Menschen,
- die Arbeitsteilung zwischen Personen bei der Erfüllung von Tätigkeiten sowie
- die objektiven, z. B. physikalischen Eigenschaften der Gegenstände, technischen Einrichtungen und Mittel, an bzw. mit denen zu arbeiten ist (siehe /HAC 05/, S 113 ff.).

Als wesentliche Folge dieser Rahmenbedingungen stellt Hacker den Tätigkeitspielraum, also die Möglichkeiten des Handelnden heraus, selbständig Ziele seiner Tätigkeit setzen und (oder) Entscheidungen über das Vorgehen zur Erfüllung seiner Tätigkeit treffen zu können (vgl. /HAC 05/, S. 129 ff.).

#### *Kommentierung*

Das vorgestellte Begriffsrepertoire ist keineswegs überdimensioniert, um Wesen und Wirkung des Faktors „Stress“ zu klären (siehe Abschnitt 3.1.4).

Zwischen einem erteilten Auftrag und der tatsächlichen Tätigkeit können Diskrepanzen bestehen. Letztere hängen unter sonst gleichen Bedingungen davon ab, welches Wissen der Handelnde erworben hat und in der Situation nutzen kann, wie er den Auftrag versteht, welches Ober-Ziel bzw. Ziel er seinem Handeln auf Grund seines Verständnisses setzt und welche Tätigkeitsspielräume er nutzen kann.

Rahmenbedingungen der Tätigkeit heißen in den Methoden für die Analyse und Bewertung menschlicher Zuverlässigkeit „leistungsbeeinflussende Faktoren“ bzw. „performance shaping factors (PSF)“ (z. B. /SWA 83/, Kapitel 3). Ein wichtiger Faktor dieser Art ist die Qualifikation des Handelnden. Hacker erfasst diesen Faktor über das Wissen, dass der Handelnde für und durch seine Tätigkeiten erlernt hat. Zu den objek-

tiven Eigenschaften der Arbeitsmittel gehören auch die Merkmale ihrer ergonomischen Gestaltung.

### **3.1.4 Ebenen der Tätigkeits- und Handlungsregulation**

Die Struktur der Tätigkeitsregulation zeichnet sich nicht nur durch die beschriebenen Phasen aus. Es ist auch möglich, „Ebenen“ der Tätigkeitsregulation gegeneinander abzugrenzen. Voraussetzung dafür ist, dass die verschiedenen Ziele einer Tätigkeit, vom Ober-Ziel dieser Tätigkeit ausgehend hierarchisch strukturiert sind und folglich eine entsprechende Hierarchie der Regelkreise besteht, mit denen die Erreichung der einzelnen Ziele im Zug der Tätigkeitsausführung kontrolliert wird (vgl. dazu /HAC 05/, S. 52 ff.).

Es ist in den Methoden für die Analyse und Bewertung menschlicher Zuverlässigkeit üblich, die Ebenen des fertigkeit-, regel- und wissensbasierten Handelns nach Rasmussen zu unterscheiden (siehe /RAS 83/, S. 258 ff.). Hacker geht ebenfalls von einer Gliederung in drei Ebenen aus, die aber durch weitere Unterscheidungen zu einem System aus acht Ebenen ausgebaut werden kann (siehe /HAC 05/, S. 240 f.). Hacker rund Rasmussen weisen den drei Ebenen im Wesentlichen die gleichen Merkmale zu. Unterschiede bestehen folglich im Wesentlichen in der Terminologie. Die nachfolgende Darstellung der Ebenen wird die Bezeichnungen von Rasmussen nutzen und dessen Beschreibung der drei Ebenen mit Erkenntnissen von Hacker präzisieren. Rasmussen spricht nicht von den Ebenen der Tätigkeitregulation, sondern von den Ebenen der Leistung („performance“, siehe /RAS 83/, S. 258). Im Deutschen sind auch die Begriffe der Handlungs- oder Verhaltensebenen gebräuchlich (z. B./DOR 94/, S. 847). Inhaltlich stehen die Begriffe der Regulations-, Leistungs-, Handlungs- und Verhaltensebene für den gleichen Sachverhalt.

#### *Begriffsbestimmungen*

Rasmussen unterscheidet die drei Ebenen des fertigkeit-, regel- und wissensbasierten Verhaltens:

- „Fertigkeitsbasiert“ heißen die sensomotorischen Leistungen, d. h. die unbewusste Steuerung und Kontrolle automatisierter Bewegungsabläufe, die absichtlich zur Erreichung eines Handlungsziels eingeleitet werden (siehe /RAS 83/, S. 258 f.). Ganz ähnlich geht Hacker von einer Ebene automatischer oder automatisierter Prozesse

aus, die Bewegungen als unselbständige Handlungskomponenten lenken (vgl. /HAC 05/, S. 392). Bewusstseinsfähig ist die Ausführung höchstens insoweit, als sie zu wahrnehmbaren Informationen aus der bzw. über die Umwelt führt.

- „Regelbasiert“ sind Tätigkeiten bzw. Handlungen, deren Regulation auf erlernten, bewährten und in der Situation erinnerten Regeln beruht (siehe /RAS 83/, S. 259). Gegenstand solcher bewusstseinsfähiger, aber nicht immer bewusstseinspflichtiger Regulationsvorgänge sind auch die Integration und Beurteilung von Informationen aus der Außenwelt (siehe /HAC 05/, S. 242). Regelgeleitetes Handeln ist zielgerichtet, auch wenn das Ziel oft nicht explizit formuliert, sondern implizit durch die Situation und die „Auslösung“ der im Gedächtnis verankerten Regel gegeben ist (vgl. /RAS 83/, S. 259). (*Kommentierung*: Ganz allgemein kann man Regeln durch die Struktur: „wenn X, dann Y“ beschreiben. Ein Ziel der Verkehrsregeln besteht darin, Kollisionen zu vermeiden. Dieses Ziel ist implizit in der Regel enthalten, bei roter Ampel anzuhalten und muss daher nicht eigens erinnert werden.)
- „Wissensbasiert“ nennt Rasmussen ein Handeln in neuartigen Situationen, für die der Handelnde per definitionem keine Regeln gelernt hat, wie vorzugehen ist. Solche Situationen erfordern es, Ziel und Situation genau zu analysieren und ein ausreichend präzises Ziel des Handelns zu formulieren, um auf dieser Grundlage einen Plan für das weitere Vorgehen zu entwickeln (siehe /RAS 83/, S. 259). Diese gedanklichen Analysen und Synthesen sind bewusstseinspflichtig.

Beim Handeln stehen die Ebenen in Wechselwirkungsbeziehungen (vgl. /RAS 83/, S. 258). Hacker nennt vier Merkmale, um die Grundlagen und Bedingungen der Regulation auf den Ebenen zu unterscheiden und ihre wechselseitigen Beziehungen zu klären:

- Art und Anzahl der Freiheitsgrade bestehen beim wissensbasierten Handeln in Wahlmöglichkeiten in Bezug auf Ober-Ziel, Ziel, Vorgehensweise und Mittel, während regel- und fertigkeitbasiertes Handeln allenfalls die Möglichkeiten lassen, Abfolge und (oder) Ausführungszeitpunkt der Teilhandlungen zu wählen.
- Inhalt und Struktur der Ziele sind unverzichtbare Bestandteile der Bestimmung regel- und wissensbasierten Handelns, wohingegen fertigkeitbasiertes Handeln keine bewusste Formulierung und Umsetzung eines Ziels einschließt.
- Art und Niveau der psychischen Prozesse und des handlungsleitenden Wissens reichen von bewussten Denkprozessen beim wissensbasierten Handeln über zu-

meist sprachlich gefasste Wahrnehmungen und Wissensbestände beim regelbasierten Handeln bis zu automatischen bzw. automatisierten, nicht bewusstseinsfähigen Vorgängen auf der Ebene fertigkeitsbasierten Handelns.

- Detailliertheit und Festigung („Starrheit“) des Aktionsprogramms sind am stärksten bei den Bewegungsprogrammen der fertigkeitsbasierten Regulation ausgeprägt, während Pläne und Strategien des regel- bzw. wissensbasierten Handelns und die zu Grunde liegenden Heuristiken weniger detailliert festgelegt und flexibler sind (siehe /HAC 05/, S. 250 f.).

### *Kommentierung*

Der Leser der Originalliteratur hat zu beachten, dass Hacker die Ebene regelbasierten Handelns als „wissensbasiert“ bezeichnet, weil dabei erlerntes Wissen zu und Erfahrungen mit der Technik, den Erfordernissen der Aufgabe, dem Vorgehen und den Mitteln die tragende Rolle spielen. Die obige Begriffsbestimmung umgeht den umständlichen und verwirrenden Parallelgebrauch der Terminologien, indem sie Rasmussens Bezeichnungen auf die Ebenen nach Hacker überträgt.

Hacker präzisiert, in welchem Sinn die hierarchische Beziehung zwischen den drei Ebenen der Tätigkeitsregulation zu verstehen ist (/HAC 05/, S. 239 ff.). Eine Hierarchie liegt insofern vor, als sich die wissensbasierte Regulation der regelbasierten Regulation bedienen kann und beide die fertigkeitsbasierte Regulation in Anspruch nehmen müssen, um wissens- bzw. regelbasierte Aktionsprogramme zu realisieren, was nur über die Einleitung, Ausführung und Kontrolle geeigneter Bewegungsprogramme geht. Die hierarchische Unterordnung der regel- unter die wissensbasierte Regulation ist dadurch begründet, dass fehlende Regeln die ad-hoc-Entwicklung eines Vorgehens erfordern und wissensbasiertes Handeln darin bestehen kann, ein regelbasiertes Vorgehen  $V$  in einer Situation  $S$  anzuwenden, für die der Handelnde dieses regelbasierte Vorgehen nicht gelernt hat und folglich die Regel der Art „*Wenn Situation  $S$ , dann Vorgehen  $V$* “ erst finden muss.

Wissensbasiertes Handeln heißt in der Denkpsychologie auch Problemlösen. Ein Problem liegt vor, wenn der Handelnde in einer gegebenen Situation ein Ziel anstrebt, zu nächst aber nicht weiß, wie er vorgehen kann oder muss, um den angestrebten Zustand von der vorliegenden Situation aus zu erreichen (z. B. /DUN 35/). Der Problemlösungsprozess dient dazu, einen gangbaren Weg zu finden.

### 3.1.5 Stress

Der Begriff „Stress“ hat seit Swains Methodenentwicklung zu Beginn der 1980er Jahre erhebliche Veränderungen erfahren. Dies zeigen die nachfolgenden Begriffsbestimmungen und Kommentare. Dabei dienen „Stress“ und „Stressreaktion“ der Einfachheit halber als bedeutungsgleiche Begriffe.

#### a) Der Begriff „Stress“ bei Swain

Swains Begriff beruht auf dem Wissensstand der beginnenden 1980er Jahre, den z. B. Hockey zusammengefasst hat /HOC 86/.

##### *Begriffsbestimmung*

Stress ist nach Swain die physische oder psychische Anspannung. Sie reicht von einem Zustand minimaler Wachheit und Reaktionsfähigkeit bis zu einem Gefühl der Bedrohung, die sich gegen das eigene Wohlergehen richtet und ein Handeln erfordert. Die menschliche Leistung hängt vom Stress so ab, dass sie von einem niedrigen Niveau bei minimaler Wachheit und Reaktionsbereitschaft auf ein Höchstmaß bei optimalem Stress ansteigt und dann wieder auf ein niedriges Niveau bei extrem hohem Stress abfällt. Es liegt also ein umgekehrt U-förmiger („kurvilinear“) Zusammenhang zwischen Stress und Leistung vor. Stress ist die Reaktion des Menschen auf Stressoren. Stressoren sind alle „Kräfte“ innerhalb oder außerhalb der Person, die physische oder psychische Anspannung, also Stress verursachen (vgl. dazu auch /SWA 83/, S. 3-33, 17-1, J-28). Swain unterscheidet psychologische und physiologische Stressoren.

- Psychische Stressoren sind nach Swain u. a.: Arbeitspensum, Arbeitstempo, lange und ereignisarme Überwachungszeiten, Reizarmut, Ablenkungen (durch z. B. Lärm, Blendung, flackerndes Licht, Farben, Bewegungen), eine inkonsistente Signalisierung, Bedrohungen durch Fehler, Verlust der Arbeit und Gefahren, eine monotone, entwürdigende oder sinnlose Arbeit, widersprüchliche Zielvorgaben, eine mangelnde Anerkennung, Bestärkung oder Belohnung des Handelns, Missbilligung oder Ablehnung des Handelns sowie die Plötzlichkeit, mit der ein Stressor einsetzt, und die Länge der Zeitspanne, in der die Stressreaktion anhält (siehe /SWA 83/, S. 3-34).
- Zu den physiologischen Stressoren zählt Swain Ermüdung, Schmerz, körperliche Beschwerden, Vibration, Strahlung, Hunger, Durst, Bewegungsarmut, Einschränkungen

kungen der Bewegungsmöglichkeiten, Sauerstoffmangel, Unterbrechungen des Biorhythmus sowie extreme Temperaturen, Beschleunigungen und Drücke. Die Dauer der ausgelösten Stressreaktion wirkt ebenfalls als Stressor (vgl. /SWA 83/, S. 3-41). Unterbrechungen des Biorhythmus bestehen nach Swain vor allem aus der Umstellung des Wach-Schlaf-Zyklus bei Schichtarbeit. Störung bzw. Anpassung des Rhythmus kann sich mehrere Tage hinziehen (vgl. /SWA 83/, S. 3-42).

### *Kommentierung*

Swain setzt Stress und Anspannung gleich. „Anspannung“ steht ganz allgemein sowohl für den Prozess, eine erhöhte Leistungs- und Einsatzbereitschaft herzustellen, als auch für das Ergebnis dieses Prozesses (siehe /DOR 94/, S. 40). Anspannung und damit Stress sind für jedes Handeln unverzichtbar und nur dann der Leistung abträglich, wenn sie über oder unter dem Niveau liegen, das die optimale Ausführung der Tätigkeit erfordert.

Stress unterschiedlicher Höhe liegt nach dieser Begriffsbestimmung zum Beispiel vor, wenn man morgens von sich aus aufwacht, entspannt spaziergeht, sich bei seinem Lieblingssport richtig anstrengt, eine kritische Verkehrssituation meistert oder unter Lebensgefahr handeln muss. Stress und Anspannung haben also nicht den negativen Bedeutungsinhalt, den diese Begriffe im alltäglichen Sprachgebrauch oft aufweisen.

Wie die ältere Stressforschung greift auch Swain auf das „Gesetz von Yerkes und Dodsens“, zurück, um den umgekehrt U-förmigen Zusammenhang zwischen Anspannung und Leistung zu begründen. Diesem Gesetz zufolge hängt die Leistung kurvilinear von der Wachheit und Reaktionsfähigkeit auf Reize aus der Umwelt ab. Das Gesetz besagt darüber hinaus, dass die optimale Leistung bei schwierigeren Aufgaben ein höheres Niveau an Wachheit und Reaktionsfähigkeit erfordert als die optimale Erfüllung einer leichteren Aufgabe (vgl. z. B. /MAT 00/, S. 164 ff.). Dem Gesetz liegen Ergebnisse aus Tierversuchen mit sehr kleinen Stichproben zugrunde. Die ältere Forschung hat dieses Gesetz auf den Humanbereich übertragen. Neuere empirische Erkenntnisse haben dazu geführt, die Übertragbarkeit des Yerkes-Dodsens-Gesetzes für den Zusammenhang zwischen Stress und Leistung in Zweifel zu ziehen (siehe dazu nächster Abschnitt zu den empirischen Erkenntnissen der Stressforschung).

Die psychischen Stressoren aus Swains Liste (siehe /SWA 83/, S. 3-34) wirken auf Emotion, Kognition und Motivation. Swain bezieht also auf generische Weise alle As-

pekte des Handelns und der Handlungsregulation ein, die „Opfer“ der Wirkung von Stressoren werden können.

## **b) Der Stressbegriff von Richter und Hacker**

Richter und Hacker haben auf der Grundlage von Hackers Handlungsregulationstheorie einen Stressbegriff formuliert, der enger und präziser als derjenige ist, der Stress mit Anspannung gleichsetzt. Die Kommentierung dieses Begriffs wird wichtige Folgerungen für den Zusammenhang zwischen Stress und Leistung herausarbeiten und zu einem dritten Stressbegriff überleiten, der diese Zusammenhänge nach dem heutigen fachwissenschaftlichen Erkenntnisstand angemessener erfasst.

### *Begriffsbestimmung*

Stress ist nach Richter und Hacker die Reaktion auf konflikthafte Fehlbeanspruchungen, die der Mensch als unannehmbar oder bedrohlich erlebt und denen er sich nicht entziehen kann. Solche Fehlbeanspruchungen liegen vor, wenn der Handelnde mit seinen Leistungsvoraussetzungen in der betrachteten Handlungssituation stark unter- oder überfordert wird, oder wenn er damit rechnen muss, wesentliche Ziele nicht zu erreichen (vgl. /RIC 98/, S. 125). *„Stressreaktionen sind kennzeichnend für Situationen, in denen es dem Betroffenen weder gelingt, den belastenden Umständen auszuweichen, noch durch eigenes Handeln eine Situationsveränderung zu erreichen. Die so entstehenden emotionalen Belastungen sind gekennzeichnet durch unlustbetonte Erregungszustände und Ängste, die mit neuroendokrinen und neurovegetativen Aktivitätserhöhungen verbunden sind“* (siehe /RIC 98/, S. 125).

### *Kommentierung*

Die „neuroendokrinen und neurovegetativen Aktivitätserhöhungen“ stehen für Hormonausschüttungen und sonstige physiologische Vorgänge, auf die im Folgenden nicht näher eingegangen wird.

Richter und Hacker konzentrieren sich auf die Stresssymptomatik, Persönlichkeitsfaktoren, Möglichkeiten der Arbeitsgestaltung und der Therapie sowie Wege der Stressvermeidung (siehe /RIC 98/, S. 126 ff.). Handeln, Leistung und zuverlässige Aufgabenerfüllung spielen in ihren Ausführungen eine entsprechend untergeordnete Rolle.

Stress ergibt sich nach der Begriffsbestimmung von Richter und Hacker „aus einer gestörten Zielverwirklichung und der Gefährdung der Befriedigung bedeutsamer Bedürfnisse sowie aus extremen Diskrepanzen zwischen kognitiven und sozialen Anforderungen und den erforderlichen individuellen Leistungsvoraussetzungen“ (siehe /RIC 98/, S. 125). Bedeutsame Bedürfnisse können u. a. Leben und Gesundheit, Arbeitsplatzsicherheit, ausreichendes Einkommen, sozialer Status und Selbstwertgefühl sein. Eine soziale Anforderung besteht z. B. darin, gegenüber einer Gruppe eine Auffassung zu vertreten, die der mehrheitlichen oder allgemeinen Ansicht in der Gruppe widerspricht. Bei den Leistungsvoraussetzungen hat man auch den aktuellen Zustand des Betroffenen zu berücksichtigen, der z. B. ausgeruht oder ermüdet, krank oder gesund usw. sein kann. Extreme Überqualifizierung für eine Tätigkeit kann zur Quelle für Stress werden: Monotone Arbeiten können mit dem Bedürfnis nach abwechslungsreicher Tätigkeit in Konflikt stehen und u. U. große Anstrengung erfordern, um ausreichend wach und aufmerksam zu bleiben. Auch können zu einfache Aufgaben mit dem Anspruch des Ausführenden unvereinbar sein, seiner Qualifikation entsprechend beschäftigt zu werden.

Vergleicht man die Begriffsbestimmung Richters und Hackers mit dem Stressbegriff von Swain, zeigen sich Unterschiede im Hinblick auf die Weite des Begriffs, den Bezug zur Tätigkeitsregulation und den Zusammenhang mit Handeln und Leistung:

- Der Stressbegriff von Richter und Hacker entspricht dem Bereich an Anspannungen, die in der Begriffsbestimmung von Swain mit dem Gefühl der Bedrohung des persönlichen Wohls einhergehen und ein Handeln erfordern. Während nach Swain Handeln immer mit Anspannung und Stress einhergeht, gibt es nach Richter und Hackers Begriffsbestimmung zwei Bedingungen, unter denen Stress ausbleibt:
  - Das Ziel des Handelns besitzt keine oder nur geringe persönliche Wichtigkeit, so dass Konflikte mit persönlich Wichtigem nicht bestehen.
  - Die Person ist in der Lage, die Anforderung zu bewältigen, ohne für die Bewältigung der Anforderung zu sehr überqualifiziert zu sein. Dieser Punkt wird bei der Diskussion des Zusammenhangs zwischen Stress und Leistung genauer untersucht (siehe unten).
- Richter und Hacker führen Stress auf Probleme bei der Zielverwirklichung, der Befriedigung wichtiger Bedürfnisse und auf extreme Diskrepanzen zwischen Anforderungen der Situation und Leistungsvoraussetzungen auf Seiten der Person zurück.

Diese Ursachen können den Phasen der Handlungsregulation wie folgt zugeordnet werden (siehe oben und /RIC 98/, S. 33):

- In der Phase des „Richtens“ kann der Betroffene feststellen, dass ein Auftrag (oder ein zunächst von ihm ins Auge gefasstes Ziel) mit persönlich wichtigen Bedürfnissen wie z. B. Leben und Gesundheit, Anstand und Ehrlichkeit oder Ansehen bei anderen Personen in Konflikt steht.
- Beim „Orientieren“ kann der Handelnde zum einen erkennen, dass sein Wissen und seine Erfahrungen nicht ausreichen, die Situation zu verstehen. Man denke z. B. an technische Ausfälle, die Hersteller und Betreiber eines Flugzeugs ausgeschlossen haben, für die es deshalb keine Prozeduren gibt und die weder in der theoretischen Schulung noch im praktischen Training behandelt werden. Für das „Orientieren“ sind zum anderen adäquate Informationen erforderlich. Man kann daher auch dann mit Stress rechnen, wenn der Betroffene keine Information hat, auf die er sein Wissen anwenden könnte.
- Das „Entwerfen eines Aktionsprogramms“ kann scheitern, auch wenn die Person Art und Ursache eines Ausfalls erkennt. Es kann ihr das Wissen fehlen, wie man den Ausfall oder seine Folgen beherrschen kann.
- Beim „Entscheiden“ kann sich Stress ergeben, wenn die Person zwar ein Aktionsprogramm findet, dessen Erfolgsaussichten aber so negativ bewertet, dass sie es für unausführbar hält und keine Möglichkeit sieht, die Situation zu verändern. Man denke an den Fall, dass die Umsetzung des Aktionsprogramms mehr Zeit erfordert, als in der Stresssituation zur Verfügung steht.
- Schließlich kann auch das „Kontrollieren“ Stress erzeugen, wenn die Person erkennt, dass die Umsetzung eines ausgewählten Aktionsprogramms nicht zum Erfolg führt. Stress ist in diesem Fall vor allem dann zu erwarten, wenn der Betroffene über kein weiteres erfolgversprechendes Aktionsprogramm verfügt. Darüber hinaus muss man mit Stress auch in den Situationen rechnen, in denen der Handelnde mangels aussagekräftiger Informationen über die Wirkung seiner Handlungen nicht erkennen kann, ob und wie er die Situation verändert hat.

Der vorliegende Bericht ordnet den Fall extremer Überqualifizierung für einen Auftrag der Phase des Richtens zu, weil er mit dem Bedürfnis nach angemessen anspruch-

voller Tätigkeit und (oder) dem Bedürfnis in Konflikt stehen kann, so weit ausgelastet zu sein, dass man nicht gegen Monotonie, Langeweile, Schlaf usw. ankämpfen muss.

Die Stressgenese kann unter Bezug auf Hackers Handlungsregulationstheorie also wesentlich detaillierter erklärt werden als mit dem Anspannungsbegriff.

- Ein dritter Unterschied zum Swain'schen Ansatz besteht im Hinblick auf den Zusammenhang zwischen Stress und Handeln in Situationen, in denen der Betroffene eine Bedrohung des eigenen Wohles erlebt. Nach Swain erfordern solche Bedrohungen ein Handeln. Stress und Handeln sind für Swain zumindest in solchen Situationen eng verknüpft. Stress motiviert zu einem Handeln, also zu einer aktiven Auseinandersetzung mit der Stresssituation. Richter und Hacker fassen die Relation zwischen Stress und Handeln in ihrer Begriffsbestimmung anders, wie im Folgenden genauer dargestellt wird.

Richter und Hacker zufolge zeichnen sich Stresssituationen dadurch aus, dass der Betroffene sie weder vermeiden noch ändern kann. Man denke z. B. an den Passagier eines Flugzeugs, das notlanden muss, wobei zusätzlich ausgeschlossen sei, dass der Passagier ausgebildeter Pilot ist, der im Cockpit Aufgaben übernehmen könnte. Auch für andere Autoren ist die Stressreaktion „als subjektiver Zustand des Betroffenen zu verstehen, der aus der Befürchtung (englisch „threat“) entsteht, dass eine stark aversive, zeitlich nahe und lang andauernde Situation wahrscheinlich nicht vermieden werden kann. Dabei erwartet die Person, dass sie nicht in der Lage ist (oder sein wird), die Situation zu beeinflussen oder durch Einsatz von Ressourcen zu bewältigen“ (Greif, 1989, zitiert in /ULI 11/, S 487). Ressourcen sind zum einen die körperlichen und psychischen Merkmale der Person selbst, wozu auch Wissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten gehören. Zum anderen zählen die materiellen Gegebenheiten der Umwelt und die sozialen Beziehungen bzw. gesellschaftlichen Rahmenbedingungen, auf die sich der Betroffene verlassen kann (vgl. /EPP 07/, S. 80). Man denke z. B. an Rufnummern in Notfällen, hilfswillige Nachbarn und die Feuerwehr, auf die man im Brandfall zurückgreifen kann.

Stress ist entsprechend dieser Auffassung somit auf unausweichliche Situationen beschränkt, die der Betroffene selbst nicht ändern kann. Daraus folgt:

- In einer unausweichlichen Situation ist der Begriffsbestimmung zu Folge streng genommen also kein Stress zu erwarten, wenn die Betroffenen Prozeduren nutzen

können, die zur Bewältigung oder Abmilderung der Stresssituation entwickelt und eingeübt worden sind.

- Stress wird ebenfalls ausbleiben, wenn die Betroffenen ad hoc selbst ein Vorgehen entwickeln und umsetzen können, um die Stresssituation zu verändern.

Regel- und fertigkeitbasiertes, aber auch wissensbasiertes Handeln sollten also stressresistent oder weitgehend stressresistent sein, wenn die Betroffenen über eine erfolgversprechende Vorgehensweise verfügen, mit der sie das Ziel erreichen können, die Stresssituation zu verlassen, zu beseitigen oder zumindest abzumildern. Diese Vorhersage sollte auch für den Fall eines unveränderbaren Stressors gelten, an den sich die Betroffenen so anpassen, dass sie ihre Aufgabe trotz des Stressors so gut es geht erfüllen können. Diese Möglichkeit hängt von der Art des Stressors und der Aufgabe ab: Ein Stressor könnte z. B. immer wieder Unterbrechungen einer Arbeit erzwingen, aber auch Pausen lassen, in denen die Betroffenen versuchen könnten, möglichst viele Teile der Aufgabe zu erledigen, sofern man die Aktivitäten zur Erfüllung dieser Aufgabe beim Einsetzen des Stressors einfach ruhen lassen kann.

Auch wenn man Stress nicht als „alles-oder-nichts“-Phänomen versteht, führt die Begriffsbestimmung von Richter und Hacker zu der Vorhersage, dass Stress eher ausbleiben oder sich in Grenzen halten sollte, wenn der Handelnde über geeignete, erfolgversprechende Aktionsprogramme verfügt.

Stress ergibt sich also erst aus der Erkenntnis, man könne nichts Erfolgversprechendes tun, um die gegebene, emotional negativ erlebte Situation zu verlassen oder zu ändern. Diese Erkenntnis kann sich in verschiedenen Phasen der Handlungsregulation einstellen.

Für Analyse- und Bewertungsmethoden haben diese Überlegungen wichtige Konsequenzen.

- Die Analyse muss den Umgang der Betroffenen mit Stresssituation und Stressor genau untersuchen.
  - Gegenstände der Analyse sind die Erkennung und Nutzung der Möglichkeiten, eine Aufgabe trotz der Wirkung eines unveränderbaren Stressors zu bearbeiten oder objektiv vorhandene Möglichkeiten zu finden und zu nutzen, um die Stresssituation zu verlassen, zu überwinden oder abzumildern.

- Darüber hinaus hat die Analyse die Art, Ursachen, Entdeckung und Behebung möglicher Fehler bei diesen Stressor-bezogenen Tätigkeiten und der zugehörigen Tätigkeitsregulation zu berücksichtigen.
- Der Zeitbedarf für diese Tätigkeiten und einschließlich ihrer Regulation ist zu ermitteln.

Beispiele für Stressor-bezogene Tätigkeiten sind u. a.:

- sich bei Arbeiten unter hohen Temperaturen immer wieder den Schweiß abzuwischen, um zu verhindern, dass er in die Augen und (oder) die leittechnische Einrichtung rinnt, die Gegenstand der Arbeiten ist.
  - Anweisungen aufzuschreiben, wenn Lärm die mündliche Kommunikation verunmöglicht.
  - zur Bekämpfung z. B. eines Brandes in einer Flugzeugturbine die vorgesehene Prozedur zu nutzen.
- Die Bewertung hat den Beitrag dieser Stressor-bezogenen Tätigkeiten und ihrer Regulation zur Zuverlässigkeit zu bestimmen, mit der die Betroffenen in der gegebenen Situation handeln. Man kann aus den oben vorgestellten Überlegungen folgende Vorhersagen zur Handlungszuverlässigkeit in Stresssituationen ableiten:
    - Zuverlässiges Handeln ist in Stresssituationen möglich, wenn die Betroffenen auf bereits bestehende Prozeduren oder auf ad hoc entwickelte Vorgehensweisen zurückgreifen können, um die Stresssituation wenigstens teilweise zu verändern oder sich der Wirkung des Stressors soweit zu entziehen, dass sie anstehende Aufgaben bearbeiten können. Die Höhe der Zuverlässigkeit hängt davon ab, wie zeitaufwendig und fehlerträchtig die ad hoc-Entwicklung und Umsetzung einer Vorgehensweise bzw. die Auswahl und Ausführung einer bereits bestehenden Prozedur sind.
    - Es ist nicht auszuschließen, dass die Zuverlässigkeit des Handelns unter Stress keine Einbuße erleidet, weil der Betroffene durch eine andersartige, dem Stressor angepasste, seine Wirkung neutralisierende Vorgehensweise die Aufgabe zu erfüllen vermag. Auch eine Erhöhung der Zuverlässigkeit liegt im Bereich des Möglichen, wenn der Handelnde unter Stress einen effizienten Weg zum Ziel findet.

- Dagegen ist zuverlässiges Handeln (per definitionem) auszuschließen, wenn die Anforderungen der Stresssituation das Wissen und Können auf Seiten der Betroffenen extrem überschreiten. Der Fall einer extremen Überqualifizierung der Betroffenen kann dieselbe Folge haben, es sei denn, der Betroffene findet einen Weg, sich der Wirkung des unveränderbaren Stressors zu entziehen, oder den Stressor selbst zu beseitigen.

Diesen Überlegungen zufolge hängen die Stressreaktion und ihre Auswirkung auf das Handeln wesentlich davon ab, ob und wie viele Möglichkeiten der Stressbewältigung bestehen. Der Stressbegriff von Lazarus konzentriert sich auf dieses Zusammenspiel von Stress und Bewältigungsmöglichkeiten. Er ist Gegenstand des folgenden Abschnittes.

### **c) Stressbegriff und Stressprozess bei Lazarus**

Lazarus /LAZ 81/, /LAZ 06/ nennt seinen Ansatz „transaktional“ oder „transaktionales Stressmodell“. Der Begriff der Transaktion soll zum Ausdruck bringen, dass die Bewältigung von Anforderungen davon abhängt, wie die Person die Umwelt, ihre eigenen Fähigkeiten und ihre Möglichkeiten, Anforderungen in der gegebenen Umwelt zu meistern, subjektiv wahrnimmt und beurteilt (vgl. /LAZ 06/, S. 13). Beispielsweise muss die Person eine objektiv gegebene Gefahr als solche überhaupt erkennen, um sich bedroht zu fühlen. Man denke etwa an die Einschätzung eines Autofahrers, wie gefährlich ein Überholmanöver für sich selbst und andere ist.

Da Lazarus „Stress“ als Teil eines umfassenden Anpassungsprozesses versteht, schließt die nachfolgende Begriffsbestimmung auch eine Beschreibung dieses Anpassungsprozesses ein.

#### *Begriffsbestimmung*

Lazarus geht von einer umfassenden Sichtweise aus, nach der „... mit dem Begriff Stress jedes Ereignis gemeint ist, in dem äußere oder innere Anforderungen (oder beide) die Anpassungsfähigkeit eines Individuums, eines sozialen Systems oder eines organischen Systems beanspruchen oder übersteigen“ (siehe /LAZ 81/, S. 226). Der Begriff „Stress“ erfasst also bestimmte Anpassungsprozesse zwischen einem System wie z. B. einer Person und der Umwelt (vgl. dazu /LAZ 81/, S. 220). Der Einfachheit halber beschränken sich die Ausführungen des vorliegenden Berichts auf Personen, die Aussagen gelten analog auch für andere Systeme.

Stress hängt von dem Gleichgewicht bzw. Ungleichgewicht ab, das zwischen den Anforderungen an die Person und den Ressourcen auf Seiten der Person besteht.

- Lazarus unterscheidet Anforderungen umweltbedingter und interner Art. Mit den umweltbedingten Anforderungen sind externe Ereignisse gemeint, die eine Anpassung erfordern und negative Folgen nach sich ziehen, wenn das Handeln zur Bewältigung dieser Anforderungen misslingt (siehe /LAZ 81/, S. 226). Interne Anforderungen bestehen aus den erstrebenswerten Zielen, Werten, Wertungsdispositionen, Programmen und Aufgaben der Person, „... deren Vereitelung oder Aufschub negative Folgen oder Begleiterscheinungen haben würde“ (aus /LAZ 81/, S. 227).
- „Ressourcen“ (wie z. B. die Fähigkeiten) versetzen die Person prinzipiell in die Lage, Anforderungen zu meistern und dadurch nachteilige Folgen von Handlungsmisserfolgen abzuwenden (siehe /LAZ 81/, S. 227).
- Es gibt drei Arten der Beziehung zwischen Anforderungen und Ressourcen. Jede Art hat bestimmte Auswirkungen auf die Psyche (siehe /LAZ 06/, S. 58 f.):
  - Die Person verfügt über mehr Ressourcen, als sie für die Bewältigung der Anforderungen benötigt. Sie ist also überqualifiziert. Als mögliche Folge kann sich mehr oder minder ausgeprägte Langeweile einstellen, weil die verfügbaren Ressourcen nicht angemessen beansprucht werden.
  - Reichen die beanspruchten Ressourcen der Person dagegen nicht, um die Anforderungen zu meistern, stellt sich mehr oder minder hoher Stress ein. Für die Beurteilung sind zunächst die Ressourcen ausschlaggebend, die im Einsatz sind, wenn die Anforderung auftritt. Die Person kann also über Ressourcen verfügen, die sie noch nicht beansprucht und zusätzlich mobilisieren kann, um die Situation zu meistern (siehe unten).
  - Besteht ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen Ressourcen und Anforderungen, ergeben sich geringer oder kein Stress, Desinteresse oder Langeweile.

Gleichgewicht, Ungleichgewicht und Ausmaß des Ungleichgewichts sind zeitlich veränderliche Zustände bzw. Größen und damit Teil eines umfassenden Prozesses.

- Das momentane Gleichgewicht bzw. Ungleichgewicht zwischen Anforderungen und Ressourcen beruht auf drei Bewertungen (vgl. /LAZ 06/, S. 195 ff.):

- Die Person bewertet zum einen die Anforderungen unter dem Blickwinkel ihres Wohlbefindens englisch: („primary appraisal“) als „gefährlich“, „herausfordernd“ oder „irrelevant“. Gefährlich sind Bedrohungen, Risiken, Verluste oder Schädigungen, die negative Gefühle wie Sorge, Ängste usw. auslösen. Herausfordernd dagegen sind Situationen, die der Handelnde als Gelegenheiten auffasst, sich zu bewähren und hinzuzulernen. Sie gehen mit entsprechend positiven, u.U. aber auch mit gemischten Gefühlslagen einher. Sowohl bei Gefahren als auch bei Herausforderungen beurteilt die Person ihre Relation zur Umwelt unter dem Aspekt des zusätzlichen Ressourceneinsatzes, der über den augenblicklich realisierten Ressourceneinsatz hinaus erforderlich ist, um der Gefährdung bzw. der Herausforderung erfolgreich begegnen zu können. Stress entsteht, wenn die Person erkennt, dass ein zusätzlicher Ressourceneinsatz nötig ist, um die Anforderungen zu meistern.
  - Der Handelnde bewertet zum anderen seine prinzipiellen Möglichkeiten, die Anforderungssituation zu meistern („secondary appraisal“). Er beurteilt also, inwieweit er mit seinen verfügbaren Ressourcen das Ungleichgewicht und damit den Stress beseitigen oder vermindern kann. „Primary“ und „secondary appraisal“ müssen nicht in dieser Reihenfolge stattfinden. Lazarus sieht keine starre Abfolge vor. Die Begriffe vermitteln also eine falsche Vorstellung (siehe dazu /SCH 00/, S. 19).
  - Auf dieser Grundlage nimmt der Handelnde eine Neubewertung der Situation vor („reappraisal“), die sich auf das Ausmaß an Stress und das weitere Vorgehen auswirkt.
- Das weitere Vorgehen kann schwerpunktmäßig auf die Änderung der Situation oder auf die Änderung der eigenen Gefühlslage abzielen. Eine rein gefühlsbezogene Bewältigung besteht darin, sich damit abzufinden oder darüber hinwegzutreten, dass eine Änderung der Situation mangels Ressourcen unmöglich ist oder war.
  - Das Handeln zur Bewältigung („coping“) führt dazu, die Relation zwischen Person und Situation zu ändern. Wenn es gelingt, entweder die Situation selbst oder zumindest die Gefühlslage in Bezug auf die Situation zu beeinflussen, ändert sich auch die Grundlage für weitere Transaktionen zwischen Person und Umwelt: Die Person lernt, wie sie bestimmte Situationen meistern kann, welche Situationen ihre Ressourcen zumindest bis auf weiteres übersteigen werden und welche Ressour-

cen sie erwerben müsste, um solche Situationen in Zukunft voraussichtlich meistern zu können.

### *Kommentierung*

Der Stressprozess hängt nach Lazarus wesentlich davon ab, wie sich Anforderungen und Fähigkeiten für die Person selbst darstellen. Diese subjektive Sichtweise kann mehr oder minder stark von den tatsächlichen Anforderungen und Fähigkeiten abweichen. Der Handelnde kann z. B. eine Gefahr „auf die leichte Schulter nehmen“ oder sein Können falsch einschätzen. Diese subjektiven Sichtweisen sind handlungsleitend.

Lazarus hat kein detailliertes Modell der Handlungsregulation entwickelt, um den Ablauf der Auseinandersetzung mit der Umwelt zu erfassen.

Stress ist anders als bei Richter und Hacker nicht auf unausweichliche Situationen beschränkt, an denen der Betroffene aktiv nichts ändern kann. Stress ist nach Lazarus vielmehr ein Anlass, zu handeln und seine Ressourcen einzusetzen, um die Situation zu bewältigen. Ähnlich wirkt nach Swain die Anspannung durch Bedrohungen des persönlichen Wohls. Während nach Lazarus Unterforderung zu Langeweile führt, die er von Stress abgrenzt, können nach Richter und Hacker extreme Unterforderungen und nach Swain geringe Anspannungen ebenfalls Stress hervorrufen. Der Nutzer des Begriffs „Stress“ hat also stets den begrifflich-theoretischen Hintergrund zu explizieren, auf den er sich bezieht.

Die Zuverlässigkeit der Bewältigung einer Situation hängt von der Zuverlässigkeit und dem Zeitaufwand ab, mit der die Person

- die Anforderungen und ihre eigenen Fähigkeiten richtig einschätzt,
- auf dieser Grundlage ein geeignetes Vorgehen findet und
- diese Vorgehensweise umsetzt.

Dies gilt sowohl für ein Vorgehen, das die Änderung der Situation bezweckt, als auch für die Bewältigung negativer Gefühlslagen. Beide Bewältigungsprozesse können eng miteinander zusammenhängen: Von Erfolgen oder Teilerfolgen ist zu erwarten, dass sie die Gefühlslage bessern und die Überwindung einer negativen Gefühlslage wie z. B. Niedergeschlagenheit kann dazu beitragen, aktiver nach einer Möglichkeit zu suchen, die Situation zu verändern, sich also den sprichwörtlichen „Ruck zu geben“. Der

Zeitbedarf für eine emotionale Bewältigung verkürzt u. U. erheblich die Zeitspanne, die für die rationale, sachgerechte Bewältigung der Situation zur Verfügung steht. Auch können Versuche, negative Gefühlslagen zu überwinden, Kontinuität und Kohärenz der logisch-rationalen Gedankenarbeit beeinträchtigen und dadurch die Zuverlässigkeit des Handelns mindern.

Stress trägt also zu Leistung und Zuverlässigkeit des Handelns über die Zuverlässigkeit der Stressor-bezogenen Aktivitäten bei. Folgerungen für die Analyse und Bewertungsmethoden wurden bereits in der Kommentierung des Stressbegriffs von Richter und Hacker erläutert.

Die im vorliegenden Bericht vorgestellten Arbeiten beenden die Vorstellung und Kommentierung von Stressbegriffen und Stressmodellen mit dem transaktionalen Ansatz nach Lazarus. Der Grund dafür besteht darin, dass der transaktionale Stressbegriff wichtige Aspekte der dynamischen Auseinandersetzung des Betroffenen mit Belastungen, zu denen die Stressoren zählen, erfasst. Diese Auseinandersetzung ist als ein Prozess der psychischen Beanspruchung zu verstehen und kann mit detaillierten Modellen der psychischen, also kognitiv-emotional-motivationalen Regulation des Handelns genauer als bei Lazarus selbst beschrieben werden. Jüngste Sammeldarstellungen sehen im transaktionalen Stressmodell die Grundlage für die wissenschaftliche Weiterentwicklung der näheren Zukunft (siehe auch SMI 11/, S. 204 ff.). Als Alternative wird insbesondere Hobfolls Theorie der Ressourcenerhaltung genannt. Die Ansätze von Hobfoll und Lazarus ähneln sich. Sie setzen nur unterschiedliche Schwerpunkte, weil Lazarus kognitiver Prozess der Einschätzung, Hobfoll hingegen motivationale Prozesse zur Ressourcenerhaltung in den Vordergrund stellt (vgl. /SCH 00/, S. 19). Beide Prozesse ergänzen sich und können im Rahmen einer detaillierten Handlungsregulationstheorie gemeinsam betrachtet werden. Hobfolls Überlegungen werden daher im vorliegenden Bericht nicht eigens vorgestellt und diskutiert.

### **3.1.6        Synthese der theoretischen Überlegungen zu Stress und Handeln**

Die durchgeführten Untersuchungen zielen darauf ab, eine Methode für die Analyse und Bewertung des Faktors Stress auf der Grundlage aktueller, fachwissenschaftlicher Erkenntnisse zu entwickeln (siehe Kapitel 2). Dazu ist zu klären, wie Stressreaktion, Stressbewältigung und wissenschaftsbasiertes bzw. regelbasiertes Handeln nach heutigem Erkenntnisstand zusammenhängen. Die oben vorgestellten Begriffsbestimmungen und

ihre Kommentierung zeigen, dass die Vorstellungen von Swain, Richter und Hacker sowie Lazarus inhaltlich teils übereinstimmen, teils aber auch deutliche Unterschiede aufweisen. Man ersieht dies bereits aus den folgenden Beispielen: Die genannten Autoren weisen den negativen Gefühlen, die durch Gefahren, Bedrohungen bzw. nachteilige Folgen befürchteter Fehlschläge des Handelns entstehen, einhellig eine zentrale Rolle zu. Dagegen unterscheiden sich die Auffassungen besonders zu dem Punkt, ob zum Handeln unter Stress auch die Möglichkeit gehört, die Stresssituation aktiv zu verändern oder ob der Betroffene die Stresssituation als unveränderlich hinnehmen und unter dieser Restriktion handeln muss. Die anstehende Methodenentwicklung hat also teils übereinstimmende, teils unterschiedliche Auffassungen „unter einen Hut zu bringen“, um keinen wesentlichen Aspekt des aktuellen Erkenntnisstandes zu vernachlässigen.

Im vorliegenden Bericht wird der folgende Weg beschritten, um die bisher vorgestellten Erkenntnisse zu Stress und Handeln zusammenzuführen:

- Es wird eine umfassende und empirisch überprüfte Theorie gewählt, die auf alle vorgestellten Stressbegriffe gleichermaßen anwendbar ist und mit der man die den verschiedenen Stressbegriffen entsprechenden Prozesse der Stressreaktion und der Stressbewältigung als Varianten der Handlungsregulation erklären kann. Jeder betrachtete Stressbegriff wird also durch die spezifischen Wechselwirkungen mit den „Komponenten“ der Handlungsregulation und die Folgen dieser Wechselwirkung für das Handeln beschrieben. Auf diese Weise können Gemeinsamkeiten, Unterschiede, Lücken und Ungenauigkeiten der Stressbegriffe genauer als in den bisherigen Kommentierungen herausgearbeitet werden.

Dabei wird das Modell der Handlungsregulation aus der Theorie der Persönlichkeits-System-Interaktionen von Kuhl /KUH 10/ als Rahmen und Referenz für die Zusammenführung der bisher vorgestellten theoretischen Erkenntnisse genutzt. Die Wahl dieser Theorie beruht auf mehreren Gründen: Sie ist die Synthese jahrzehntelanger theoretischer und empirischer Forschung im In- und Ausland. Kuhl nutzt eigene und fremde, also unabhängig von ihm gewonnene Erkenntnisse, und verbindet sie zu einem einheitlichen System, das zugleich umfassender und detaillierter als die einschlägigen Überlegungen anderer Autoren ist. Ebenen der Handlungsregulation werden berücksichtigt, auch wenn Kuhl diesen Begriff oder denjenigen der Verhaltensebenen nicht explizit gebraucht. Der Theorie zufolge leisten die Emotionen, die in allen drei Stressbegriffen eine herausragende Rolle spielen,

einen entscheidenden Beitrag zur Regulation des Handelns. Zwar stellt auch Hacker klar heraus, dass „*Kognition und Emotion ... in der ganzheitlichen Handlungsregulation auf das Engste verschränkt*“ sind (siehe /HAC 14/, S. 568). Er behandelt die Emotionen aber in erster Linie im Kontext personenbezogener Tätigkeiten (vgl. /HAC 14/, S. 80 ff.). Kuhls Theorie ist in diesem Punkt umfassender (siehe unten). Auf Stress geht die Theorie nur kurz ein (siehe unten). Die einschlägigen Passagen schließen aber keinen der Stressbegriffe von Swain, Richter und Hacker bzw. Lazarus aus, die Theorie ist somit für alle diese Stressbegriffe gleichermaßen „offen“.

- Die wesentlichen Aussagen dieser Theorie werden vorgestellt, soweit sie den Prozess der Handlungsregulation betreffen. Er ist für die Klärung der Stressreaktion und der Stressbewältigung wesentlich. Persönlichkeitspsychologische Aspekte bleiben außer Acht, weil individuelle Unterschiede in der quantitativen Zuverlässigkeitsbewertung über die statistische Streuung der Schätzwerte für die Zuverlässigkeit erfasst werden (z. B. /SWA 83/, Kapitel 7).
- Das der Theorie zugrunde liegende Modell der Handlungsregulation wird genutzt, um darzustellen, wie Stressreaktion und Stressbewältigung für wissens- und für regelbasiertes Handeln ablaufen, wenn man von den Stressbegriffen ausgeht, die Swain, Richter und Hacker sowie Lazarus formuliert haben. Es wird also erfasst,
  - wie Stress und Handlungsregulation in Wechselwirkung treten und welche Folgen für das Handeln zu erwarten sind, wenn man Stress so wie Swain, Richter und Hacker bzw. und Lazarus versteht.
  - wie ggf. Kuhls Handlungsregulationstheorie selbst weiterentwickelt werden müsste, um Stressreaktion und Stressbewältigung in Übereinstimmung mit dem fachwissenschaftlichen Erkenntnistand zu beschreiben und zu erklären.

Angestrebte Untersuchungsergebnisse sind

- Aussagen theoretischer Art, wie nach heutigen fachwissenschaftlichen Erkenntnissen Stressreaktion und Stressbewältigung auf den Ebenen des wissens- und des regelbasierten Handelns ablaufen,
- empirisch prüfbare Vorhersagen zum Ablauf der Stressreaktion und der Stressbewältigung und zu ihrer Wirkung auf das Handeln. Die empirischen Erkenntnisse zu Stress und Handeln sind gezielt auf Evidenz zur Prüfung dieser Vorhersagen zu sichten (siehe Abschnitt 3.2). Aus diesem Grund präsentiert

der Bericht die Synthese auch vor der Darstellung des empirischen Erkenntnisstandes und nicht erst im Kapitel zur Methodenentwicklung.

### **a) Begrifflicher Rahmen für die Synthese**

Die Theorie der Persönlichkeits-System-Interaktionen erklärt Motivation, Erleben und Verhalten durch Wechselwirkungen zwischen bestimmten kognitiven Systemen und Affekten positiver bzw. negativer Art (vgl. /QUI 09/, S. 163).

#### *Begriffsbestimmungen*

Kuhl versteht Affekte als „Melder“, dass die Diskrepanz zwischen einem organismischen Sollwert und dem entsprechenden Istwert kleiner oder größer wird (siehe /KUH 10/, S. 541). Die Soll-Ist-Diskrepanz heißt auch „Bedürfnis“ (nach /KUH 10/, S. 542). Affekte können positiv oder negativ sein und in beiden Fällen unterschiedliche Intensität aufweisen. Ein positiver Affekt meldet die erwartete oder erreichte Befriedigung eines Bedürfnisses, ein negativer Affekt signalisiert dagegen einen Zustand, der zu vermeiden ist. Die Hemmung eines positiven Affekts informiert darüber, dass die Bedürfnisbefriedigung eine Frustration erfährt, also vereitelt oder beeinträchtigt wird (vgl. /KUH 10/, S. 541).

Affekte sind Komponenten der Emotionen (Gefühle), weshalb letztere ebenfalls eine Meldefunktion erfüllen. Emotionen sind aber nicht auf Affekte reduzierbar.

Kuhl bestimmt Emotionen als Erlebnisse, die zum einen anzeigen, wie förderlich oder hinderlich ein Erkenntnisgegenstand für die Bedürfnisbefriedigung ist. Zum anderen aktivieren oder hemmen Emotionen bestimmte kognitive und motivationale Systeme, um eine möglichst optimale Bedürfnisbefriedigung zu erreichen (siehe /KUH 10/, S. 542). [*Kommentierung*: „Erkenntnisgegenstand“ ist ein generischer Begriff, der z. B. wahrgenommene Objekte der Außenwelt, aber auch Handlungspläne bezeichnen kann. Der vorliegende Überblick geht auf die organismischen Grundlagen der Affekte und von Gefühlen wie z. B. Bedrohung oder Angst nicht näher ein. Das hat folgenden Grund: Die organismischen Grundlagen sind in der Erlebnis- und Erfahrungswelt des Betroffenen nur über die Affekte und Emotionen präsent, die ihn über den Zustand dieser Grundlagen informieren. Es sind also nicht die organismischen Grundlagen als solche, sondern die Affekte, Emotionen und vor allem ihre psychische Verarbeitung, die das Handeln in Gang setzen und mitbestimmen. Der Punkt der Verarbeitung ist dabei besonders wichtig, weil es weniger auf die Emotion (wie z. B. Furcht), sondern

wesentlich auf den Umgang mit ihr ankommt (der Betroffene kann z. B. die Norm seines sozialen Umfelds verinnerlicht haben, dass Furcht das Handeln nicht bestimmen dürfe und deshalb zu überwinden sei). Psychologische Erklärungen der Handlungsregulation können also von emotionalen Erlebnissen wie z. B. Furcht, Ekel usw. als erstem Glied der Kausalkette ausgehen, die das Zustandekommen und die Regulation des Handelns im Allgemeinen und der Stressreaktion im Besonderen erklärt. Eine in sich stimmige und empirisch überprüfte psychologische Theorie des Handelns kann dann in einem weiteren Schritt systematisch mit organismischen Zuständen und Prozessen zu einem psychologisch-neurobiologischen Gesamtmodell des Handelns verknüpft werden.]

Die Theorie der Persönlichkeit-System-Interaktion unterscheidet im Bereich der Kognition vier Makrosysteme mit jeweils spezifischen Funktionen:

- Das „Intentionsgedächtnis“ oder „Absichtsgedächtnis“ erfüllt zwei Aufgaben (vgl. dazu /KUH 10/, S. 541/ und /QUI 09/, S. 163, 167):
  - Es bildet Absichten und erhält sie aufrecht. Absichten sind Handlungen (oder Handlungssequenzen), die zu realisieren sind und an deren Ausführung sich die Person gebunden fühlt. Absichten unterscheiden sich von Zielen, weil sie nicht wie letztere ein Handlungsergebnis vorwegnehmen, sondern die Ausführung einer Handlung subjektiv verbindlich festlegen. Die Bildung einer Absicht ist besonders bei schwierigen oder unangenehmen Handlungen „sinnvoll“ (vgl. /QUI 09/, S. 164.). (*Kommentierung:* „Eine Absicht bilden und aufrechterhalten“ drückt aus, dass es Kuhl auf die kognitiven Prozesse „hinter“ den Zuständen ankommt, dass jemand eine Absicht hat und an ihr festhält.)
  - Das Absichtsgedächtnis erfüllt ferner eine Hemmfunktion, die Denken und Planen von Handeln abkoppelt, den Handlungsfluss also unterbricht, um die Suche nach einer geeigneten Handlung zu ermöglichen oder eine günstige Gelegenheit für die Ausführung einer beabsichtigten Handlung abzuwarten.

Im Intentionsgedächtnis „liegen die Informationen überwiegend in sprachlich formulierbaren Propositionen vor, z. B. „*Wenn ich X tue, hat dies Y zur Folge*““ (nach /QUI 09/, S. 164). (*Kommentierung:* „Sprachlich formulierbare Propositionen“ sind somit durch Regeln darstellbar.)

Es besteht eine enge Verbindung mit dem bewussten, analytischen und sequentiell vorgehenden Denken, dessen Funktion die Suche einer Handlung ist, die sich zur Verwirklichung einer Absicht eignet. Analytisches Denken geht, wie sein Name sagt, logisch zergliedernd vor. Es kann auch Problemlöseprozesse einschließen, die auf logischer Zergliederung und logischen Schlussfolgerungen beruhen.

- Die „intuitive Verhaltenssteuerung“ umfasst intuitive, automatisierte Verhaltensprogramme (siehe /KUH 10/, S. 543, 545, 546, /QUI 09/, S. 163, 164, 167). Sie
  - ist (u. a.) weitgehend unabhängig von bewusster Kontrolle,
  - stimmt im Unterschied zu starren Reaktionsgewohnheiten das Handeln flexibel auf den Handlungskontext ab,
  - beruht auf der in erheblichem Umfang unbewussten Parallelverarbeitung zahlreicher Informationen, die für die Handlungsausführung und die Abstimmung des Handelns auf den Handlungskontext wichtig sind,
  - verarbeitet sensomotorische Informationen, auf der das Zusammenspiel von Sinnesorganen und Motorik beruht,
  - setzt Absichten aus dem Intentionsgedächtnis in konkrete Handlungsrouinen um und arbeitet bei gut geübten Routinehandlungen weitgehend unabhängig vom Intentionsgedächtnis,
  - verstärkt Information, die zu einer Handlung passt.

Sieht man von einem weitgehend routinierten Handeln ab, das keine explizite Absicht erfordert, wird die intuitive Verhaltenssteuerung nur aktiv, wenn das Intention- oder Absichtsgedächtnis ihr eine Absicht zur Ausführung „übergibt“.

Lässt man den Fall weitgehend routinierten Handelns außer Acht, verbleibt die Person ohne Übergabe einer Absicht an das Intentionsgedächtnis in einem Zustand des Nachdenkens, Planens oder Grübelns, ohne in die Handlungssituation einzugreifen.

Zielannäherung bzw. Zielerreichung signalisieren gelingende bzw. erfolgreiche Bedürfnisbefriedigung. Dies führt zu einem positiven Affekt.

- Das “Objekterkennungssystem“ hat die Aufgabe, Gegenstände und Einzelheiten, Gefahren und Bedrohungen sowie Diskrepanzen zu erkennen, die zwischen Zie-

len, Erwartungen oder Bedürfnissen auf der einen Seite und Handlungsergebnissen oder sonstigen Wahrnehmungen auf der anderen Seite bestehen. Diese Erkennung geht mit bewusstem Erleben einher. Die Erkennung von Gefahren, Bedrohungen und Diskrepanzen löst sie einen negativen Affekt aus. Grundlage der Objekterkennung sind u. a. Kategorisierungen der Wahrnehmungs-, Denk- und Erlebnisinhalte nach bestimmten Merkmalen und die Akzentuierung bestimmter Aspekte wahrgenommener Objekte bzw. Situationen. Dabei besteht das Risiko, wichtige Kontextinformationen zu vernachlässigen.

- Das „Extensionsgedächtnis“ oder „Selbst“ repräsentiert die Lebenserfahrung. „Extension“ bezeichnet die Leistung, den Anwendungsbereich eines Gegenstandes des Denkens oder Handelns um entfernte oder neuartige Anwendungsmöglichkeiten zu erweitern. Das Extensionsgedächtnis unterstützt den Handelnden durch eine umfangreiche und in erheblichem Umfang auch unbewusste Parallelverarbeitung einschlägiger Informationen dabei,
  - in der Situation den Überblick zu bewahren,
  - sich in Problemsituationen seiner Bedürfnisse, Motive, Werte, Emotionen und Optionen klar zu werden,
  - verengte Sichtweisen zu überwinden und Probleme kreativ zu lösen,
  - Erfolgsaussichten des Handelns oder der Erreichung gesetzter Ziele abzuschätzen, Entscheidungen aufgrund dieser Einschätzungen zu treffen und sich von unrealistischen Zielen oder aussichtslosen Vorgehensweisen zur Zielerreichung zu lösen,
  - Konflikte auszuhalten, widersprüchliche Erfahrungen zu bewältigen und an (subjektiv, nicht notwendig objektiv) realistischen Zielen trotz solcher Hindernisse festzuhalten,
  - den positiven Wert einer Beachtung der Lebenserfahrung zu erkennen (vgl. /QUI 09/, S. 164, 166 ff.).

Für diese vier Makrosysteme sind auch die Abkürzungen IG, IVS, OES und EG gebräuchlich.

Die Handlungsregulation beruht auf dem Zusammenwirken dieser vier Makrosysteme, das die Affekte modulieren (siehe dazu /QUI 09/, S. 169 ff.). Nach Kuhl gelten zwei empirisch belegte Modulationsannahmen (vgl. /KUH 10/, S. 463 ff.).

- Die erste Modulationsannahme lautet: Positiver Affekt erleichtert („bahnt“) den Übergang von einer schwierigen oder unangenehmen Absicht zur Ausführung der beabsichtigten Handlung.

Bezogen auf die kognitiven Makrosysteme bahnt positiver Affekt also die Verbindung zwischen Absichtsgedächtnis und intuitiver Verhaltenssteuerung, nachdem diese Verbindung durch die Dämpfung des positiven Affekts geschwächt wurde, die mit der Bildung schwieriger oder unangenehmer Absichten einhergeht. Unangenehme Absichten dämpfen per se einen positiven Affekt. Schwierigkeiten verzögern und (oder) beeinträchtigen die Aussichten, das Ziel der Handlung so schnell und (oder) vollständig wie gewünscht zu erreichen, Aufschübe oder Einschränkungen der Bedürfnisbefriedigung usw., stellen mit anderen Worten eine Frustration dar, die als solche ebenfalls positive Affekte dämpft (siehe oben).

- Der zweiten Modulationsannahme zufolge gilt: Hemmt ein übermäßiger negativer Affekt aufgrund einer Gefahr, Bedrohung usw. die Nutzung der Lebenserfahrung, kann diese Hemmung wieder aufgehoben werden, indem sich der Betroffene aktiv und ohne Einschränkungen (wie z. B. Verdrängungen) mit diesem negativen Affekt auseinandersetzt. Dadurch wird die Lebenserfahrung zugänglich, um affektiv negativ besetzte Einzelerfahrungen zu bewältigen. Die Erkennung affektiv negativ besetzter Gefahren, Bedrohungen usw. ist Aufgabe des Objekterkennungssystems (siehe oben).

Bezogen auf die kognitiven Makrosysteme hebt „selbstkonfrontative Bewältigung“ (siehe /KUH 10/, S. 463) negativer Affekte durch Gefahr, Bedrohung usw. die Hemmung zwischen Objekterkennungssystem und Extensionsgedächtnis wieder auf, die dieser negative Affekt hervorgerufen hat.

Die folgenden Ausführungen zeigen, wie Affekte die Wechselwirkungen zwischen den kognitiven Makrosystemen im Prozess des Handelns modulieren (/QUI 09/, S. 169 ff.):

- Ist die Annäherung an das Ziel schwieriger als erwartet, stellt sich Frustration ein, die den positiven Affekt dämpft.

- Die Dämpfung positiver Affekte hemmt zum einen die Umsetzung der Absicht, die zielführende Handlung auszuführen, durch die intuitive Verhaltenssteuerung, auf der die Ausführung der beabsichtigten Handlung beruht. Dieser Prozess heißt auch „Willenshemmung“ oder „Intentionsumsetzungshemmung“. Zum anderen wird das Intentionsgedächtnis angeregt („aktiviert“), um durch Denken und Planen einen Weg zur Überwindung der Schwierigkeit zu finden. Die enge Verbindung zwischen Intentionsgedächtnis und analytischem Denken unterstützt die Nutzung des analytischen Denkens bei diesen Denk- und Planungsaktivitäten.
- Findet man einen Handlungsplan zur Überwindung der Schwierigkeit, stärkt die Aussicht, dass der Plan zum Ziel führt, den positiven Affekt. Er fördert („bahnt“) die Verbindung mit der intuitiven Verhaltenssteuerung und erleichtert dadurch die Übergabe des Handlungsplans vom Intentionsgedächtnis an die intuitive Verhaltenssteuerung. Dieser Prozess heißt auch „Willensbahnung“.
- Eine zu starke Aktivierung des Intentionsgedächtnisses hat die Folge, den Willen zur Umsetzung von Intentionen durch die intuitive Verhaltenssteuerung soweit zu hemmen, dass die Ausführung auch in günstigen Situationen unterbleibt. Der Handelnde ist sozusagen Gefangener seines Nachsinnen oder Grübelns über Situation, Absichten und Handlungspläne. Da diese Lage durch eine zu starke Dämpfung positiver Affekte entsteht, besteht der Ausweg darin, dass der Betroffene die ihm gegebenen Fähigkeiten zur Stärkung positiver Affekte einsetzt, um die Willenshemmung zu überwinden.
- Erkennt das Objekterkennungssystem bedrohliche, unerwünschte und sonstige Sachverhalte, die affektiv negativ besetzt sind, entsteht oder wächst negativer Affekt, der die Verbindung zwischen dem Objekterkennungssystem und dem Extensivgedächtnis hemmt, das die Bewältigung solcher Situationen durch Rückgriff auf die Lebenserfahrung unterstützt. Diese Hemmung heißt „Selbsthemmung“. Der Handelnde kann sie überwinden, wenn es ihm durch „Selbstberuhigung“ gelingt, den negativen Affekt soweit zu dämpfen, dass die Hemmung zwischen Extensivgedächtnis und Objekterkennungssystem aufgehoben und Wissen aus der Lebenserfahrung verfügbar wird. Das in der Lebenserfahrung verfügbare Wissen kann helfen, den Überblick über die Situation zurückzugewinnen, verengte Sichtweisen zu überwinden, ungeeignete Vorgehensweisen aufzugeben und Probleme kreativ zu lösen.

Darüber hinaus bestehen zwischen den kognitiven Makrosystemen weitere Verbindungen (vgl. Abbildung 1 in /QUI 09/, S. 171):

- Das Extensionsgedächtnis kann Minderungen des positiven Affekts nach Enttäuschungen, durch Verluste oder infolge unerledigter Absichten durch „Selbstmotivierung“ entgegenwirken (siehe auch /KUH 10/, S. 550).
- Extensionsgedächtnis und intuitive Verhaltenssteuerung sind wechselseitig miteinander verbunden, weil das Extensionsgedächtnis die intuitive Verhaltenssteuerung direkt, also ohne eine explizite Absicht, anregen kann und weil der Handelnde über die intuitive Verhaltenssteuerung die Erfahrungen sammelt, die in das Extensionsgedächtnis eingehen können.
- Objekterkennungssystem, Intensionsgedächtnis und intuitive Verhaltenssteuerung stehen ebenfalls in einer wechselseitigen Verbindung:
  - Das Objekterkennungssystem kann über die oben beschriebenen Hemmungen des Extensionsgedächtnisses und der intuitiven Verhaltenssteuerung einer laufenden Aktion hinaus das Intensionsgedächtnis anregen, eine Absicht zu bilden und Handlungspläne zur Realisierung der Absicht zu entwickeln.
  - Aus der intuitiven Verhaltenssteuerung fließen dem Objekterkennungssystem die Informationen über Situation und Handlungsfortschritt zu, mit denen es seine Funktion erfüllen kann, Objekte, Gefahren, Bedrohungen und Diskrepanzen zwischen Ist und Soll zu erkennen. Da die intuitive Verhaltenssteuerung handlungsbezogene Informationen verstärkt (siehe oben), kann es die Beachtung von Objekten, Diskrepanzen, Gefahren und Bedrohungen beeinträchtigen, solange die Informationen darüber nicht Teil der handlungsbezogenen Informationen sind.

Wie bei der Beschreibung des Extensionsgedächtnisses bereits ausgeführt wurde, kann das Extensionsgedächtnis darüber hinaus die Bildung oder Aufrechterhaltung von Absichten und damit die zugehörigen Handlungen fördern oder hemmen, indem es die Klärung der Zusammenhänge unterstützt, die zwischen Werten, Zielen, Handlungsoptionen, Erfolgsaussichten usw. und den Absichten bestehen.

Kuhl geht in der jüngsten, umfassenden Darstellung seiner Theorie auf das Thema „Stress“ nur an sehr wenigen Stellen ein. Für das vorliegende Projekt sind die folgenden Punkte wichtig:

- Unter Stress „verlieren“ Ziele, Absichten und die Wahrnehmung von Zusammenhängen „ihre verhaltenssteuernde Wirkung“ (vgl. /KUH 10/, S. 240),
- Positive, selbstwertstützende Gefühle mindern Stress (/KUH 10/, S. 250).
- Überlegungen zur Funktion bestimmter Gehirnregionen führen zu folgender Erwartung: *„Ein Übermaß an Stress und negativem Affekt würde ... die Leistung bei Aufgaben beeinträchtigen, die einen ausgedehnten Überblick über viele potenziell relevante Erfahrungen verlangen“* (siehe /KUH 10/; S. 459).
- Zu integrativen kognitiven Leistungen *„... legen verschiedene Befunde und theoretische Konzepte nahe, dass solche integrative Leistungen durch übermäßigen negativen Affekt (bzw. Stress) beeinträchtigt werden, wenn er nicht nachhaltig herabreguliert werden kann“* (siehe /KUH 10/, 460).

Die Arbeiten von Lazarus belegen für Kuhl, dass *„kognitive Prozesse die Entstehung von Emotionen beeinflussen können“* (vgl. /KUH 10/, S. 361, 362).

#### *Kommentierung*

Kuhls Theorie der Persönlichkeits-System-Interaktionen erklärt Handeln und Handlungsmotivation durch die Wechselwirkungen, die zwischen kognitiven Makrosystemen bestehen und die systematisch von Affekten (bzw. Emotionen) abhängen. Der Handelnde kann Qualität (positiv bzw. negativ) und Intensität der Affekte durch Selbstmotivierung und Selbstberuhigung in einem gewissen Umfang aktiv ändern.

Wie die eben aufgeführten Zitierstellen zeigen, zählt Stress zu den Faktoren, die Kuhl berücksichtigt: Stress kann kognitive Leistungen beeinträchtigen, aber auch durch positive Gefühle, die der Betroffene in Stresssituationen entwickelt, gemindert werden. Kuhl drückt sich angesichts der empirischen Evidenz vorsichtig aus, indem er von erwarteten und naheliegenden Zusammenhängen dieser Art spricht. Die Sichtung des empirischen Erkenntnisstandes wird sich auch darauf richten, Evidenz zur Überprüfung dieser Erwartungen bzw. Plausibilitäten.

Kuhl verwendet die Begriffe der Verhaltensebenen bzw. des wissens-, regel- und fertigkeitbasierten Handelns nicht. Da das vorliegende Projekt eine Analyse- und Bewertungsmethode für Stress bei regelbasierten Handeln bereitstellen und die Methode von Swain zu Stress bei regelbasierten handeln aktualisieren soll, ist zu klären, auf welche Weise die Verhaltensebenen in Kuhls Ansatz repräsentiert sind. Dies ist Gegenstand

der folgenden Ausführungen, in denen auch die Zusammenhänge mit den Phasen der Handlungsregulation nach Hacker (siehe Abschnitt 3.1.2) herausgearbeitet werden.

Die Ebenen der Handlungsregulation hängen mit den vier kognitiven Makrosystemen, von denen Kuhl ausgeht wie folgt zusammen:

- Die intuitive Verhaltenssteuerung unterstützt fertigungs- und regelbasiertes Handeln. Diese Zuordnung folgt daraus, dass Kuhl ihr die Aufgaben zuweist, sensomotorisches Verhalten und hochroutiniertes Handeln zu regulieren.
- Das Intentionsgedächtnis ermöglicht in Verbindung mit dem analytischen Denken regel- und wissensbasiertes Handeln. Indem es zur Verwirklichung einer Absicht auf einem vorhandenen, routinierten Handlungsplan zurückgreift oder einen neuartigen Plan findet.
- Das Extensionsgedächtnis unterstützt ebenfalls regel- und wissensbasierte Handlungen. Erstere beruhen auf Plänen für routiniertes Handeln, die man als Teil seiner Lebenserfahrung erworben hat. Letztere ergeben sich aus kreativ-intuitiven Problemlösungen, die, im Gegensatz zu Problemlösungen durch analytisches Denken, auf der nicht oder wenig bewussten Verknüpfung auch scheinbar kaum zusammenhängender Gedächtnisinhalte beruht.
- Das Objekterkennungssystem hat die Aufgabe der Erkennung von Objekten, Gefahren, Bedrohungen, erwartungswidrigen Sachverhalten usw. Es ist der Ebene des regelbasierten Handelns zuzuordnen, weil man gelernt haben muss, welche Informationen für ein Objekt stehen oder eine Gefahr bedeuten usw.

Die Aktivitäten der Willensbahnung, Selbstberuhigung und Selbstmotivierung können der wissens- oder der regelbasierten Ebene angehören, je nachdem, ob der Handelnde sie als Mittel zum Umgang mit einer Situation neu entdeckt oder einer bewährten Regel folgt, wie er negativen Affekt überwinden kann.

Wie die Ebenen stehen auch die Phasen der Handlungsregulation nach Hacker in keiner eindeutigen Beziehung zu den kognitiven Makrosystemen, die Kuhl unterscheidet. Im Einzelnen gilt den oben vorgestellten Begriffsbestimmungen entsprechend:

- Das „Richten“ legt nach Hacker Ziele durch die gedankliche Vorwegnahme angestrebter Handlungsergebnisse fest. Das ist Kuhl zufolge Teil der Aufgaben vor allem des Intentionsgedächtnisses, aber auch des Extensionsgedächtnisses. Beide

Makrosysteme unterstützen die Planung des Handelns, das als zielgerichtete Aktivität per Definition auch die Bestimmung eines Ziels einschließt.

- Zum „Orientieren“ gehören nach Hacker die Prozesse, Ist-Soll-Diskrepanzen und die Notwendigkeit bestimmter Aktivitäten zu erkennen. Kuhl weist die Feststellung einer Diskrepanz dem Objekterkennungssystem als Aufgabe zu. Die Einsicht in die Notwendigkeit bestimmter Aktivitäten ist Bedingung und erster Schritt der Handlungsplanung durch Intentionsgedächtnis bzw. Extensionsgedächtnis. Am „Orientieren“ sind also drei Makrosysteme des Ansatzes von Kuhl beteiligt.
- Der „Entwurf eines Aktionsprogramms“ gehört in Kuhls Ansatz zu den Aufgaben des Intentionsgedächtnisses mit dem zugehörigen analytischen Denken und des Extensionsgedächtnis. Diese Makrosysteme entwerfen regel- oder wissensbasierte Aktionsprogramme, wobei kreativ-intuitives Problemlösen „im“ Extensionsgedächtnis stattfindet.
- Das Gleiche gilt für das „Entscheiden“ als Wahl unter mehreren Aktionsprogrammen, wobei das Extensionsgedächtnis umso höheres Gewicht hat, als Entscheidungen auf der Lebenserfahrung und nicht so sehr auf einem rational-analytischen Kalkül beruhen.
- „Kontrollieren“ steht bei Hacker für die Erfolgskontrolle im Handlungsablauf. Der Handelnde erfasst und beurteilt eventuelle Diskrepanzen zwischen dem Ist und dem Soll des Handlungsfortschritts. Kuhl weist diese Aufgabe dem Objekterkennungssystem zu.

Damit sind die begrifflichen Voraussetzungen für eine Synthese der Erkenntnisse zu Stress und Handeln geschaffen.

## **b) Prozess und Ergebnis der Synthese theoretischer Überlegungen zu Stress und Handeln**

Die Synthese der theoretischen Überlegungen zu Stress und Handeln hat das Ziel, die Methodenentwicklungen des vorliegenden Projekts wie folgt zu unterstützen:

- Erstens sind die Ursache-Wirkungszusammenhänge herauszuarbeiten, die zu erwarten sind, wenn man Kuhls Handlungsregulationsmodell mit den Stressbegriffen von Swain, Richter und Hacker bzw. Lazarus verknüpft.
- Zweitens erleichtert eine Zusammenstellung erwarteter Ursache-Wirkung-Zusammenhänge die Sichtung und Beurteilung der empirischen Erkenntnisse zu Stress und Handeln.
  - Ein wesentlicher Teil der Sichtung kann sich darauf konzentrieren, empirische Evidenz für oder gegen die erwarteten Ursache-Wirkung-Zusammenhänge zu finden. Die Sichtung darf sich aber nicht auf diese erwarteten Zusammenhänge beschränken, weil empirische Studien auch Erkenntnisse erbracht haben können, die nicht im Bereich dieser Erwartungen liegen.
  - Erwartete Ursache-Wirkung-Zusammenhänge erleichtern die Interpretation und die Einschätzung der Bedeutung empirischer Erkenntnisse. Man denke z. B. an den Fall, dass die Autoren einer empirischen Studie aus den Ergebnissen falsche Schlussfolgerungen ziehen, weil sie in ihrer Untersuchung bestimmte Faktoren vernachlässigt haben.

Im Einzelnen besteht die Zusammenführung der theoretischen Überlegungen zu Stress und Handeln, die der vorliegende Bericht vorgestellt hat, aus den folgenden Schritten:

- Swain, Richter und Hacker bzw. Lazarus nennen in ihren Begriffsbestimmungen Bedingungen für die Auslösung und die Bewältigung der Stressreaktion. Die vorliegende Untersuchung geht von diesen Bedingungen aus und verfolgt Schritt für Schritt nach, wie die Makrosysteme und Affekte nach Kuhl auf diese Bedingungen reagieren und welche Folgerungen sich daraus für das Handeln ergeben. Es wird m. a. W. gedanklich „simuliert“, wie Stressreaktion und Stressbewältigung in Kuhls Handlungsregulationsmodell verlaufen und welche Gemeinsamkeiten bzw. Unterschiede sich zeigen, wenn man die „gedankliche Simulation“ der Handlungsregulation unter den Bedingungen ablaufen lässt, die Swain, Richter und Hacker bzw. Lazarus in ihren Begriffsbestimmungen aufführen.

Da die Begriffsbestimmungen von Swain, Richter und Hacker sowie Lazarus mit demselben Modell „durchgespielt“ werden, ist mit diesem Schritt der Untersuchung auch geklärt, wie die den Stressbegriffen entsprechenden Prozesse der Stressreaktion und der Stressbewältigung in Bezug auf die Makrosysteme und Affekte zusammenhängen bzw. voneinander abweichen.

- Bei dieser Untersuchung wird auch darauf geachtet, ob die Bedingungen, unter denen Stress nach Swain, Richter und Hacker bzw. Lazarus entsteht und bewältigt wird, den Rahmen des Kuhl'schen Handlungsregulationsmodells sprengen, dieses Modell also weiterentwickelt werden müsste, um Stressreaktion und Stressbewältigung angemessen zu erfassen.

Zur besseren Übersicht unterscheidet die Untersuchung Stresssituationen, die der Betroffene aktiv verändern kann, von solchen, in denen der Betroffene diese Möglichkeit nicht hat.

#### *Handeln in Stresssituationen, die der Handelnde aktiv verändern kann*

Ist der Handelnde mit einer Gefahr, Bedrohung oder Diskrepanz zwischen seinen Erwartungen und der Realität konfrontiert, reagieren die kognitiven Makrosysteme und die Affekte nach Kuhl wie folgt:

- Das Objekterkennungssystem stellt fest, dass eine gefährliche oder bedrohliche Situation eingetreten ist oder dass Handlungsergebnisse oder sonstige Wahrnehmungen von den Zielen, Erwartungen oder Bedürfnissen des Handelnden abweichen. (siehe /QUI 09/, S. 171/). Der Handelnde kann z. B. erkennen, dass er Fehler begangen hat, die Zielerreichung oder Bedürfnisbefriedigung verzögern, erschweren oder infrage stellen. „Sonstige Wahrnehmungen“ liegen z. B. vor, wenn der Handelnde den erfolgreichen Versand einer Nachricht bestätigt bekommt, aber erkennen muss, dass der Empfänger nicht reagiert. Die Objekterkennung geht mit bewusstem Erleben einher, der Handelnde weiß also, in welcher Lage er sich befindet.
- In solchen Situationen reagiert das Objekterkennungssystem mit
  - einem mehr oder minder starken, negativen Affekt, der die Übergabe von Absichten und Handlungsplänen an die intuitive Verhaltenssteuerung hemmt und laufendes absichtliches Handeln unterbricht,

- einer Hervorhebung derjenigen Situationsmerkmale, die gefährlich, bedrohlich bzw. diskrepant sind,
- der Anregung des Intentionsgedächtnisses und des damit eng verbundenem, analytischen Denkens zur bewussten und reflektierten Auseinandersetzung mit der Situation,
- einer Hemmung des Extensionsgedächtnisses, wenn ein übermäßig negativer Affekt vorliegt.

Die Akzentuierung oder Überzeichnung bestimmter Aspekte kann für die Handlungsregulation vorteilhaft oder nachteilig sein, je nachdem, ob es auf die genaue Beachtung der Situationsmerkmale ankommt, oder ob bereits eine grobe „holzschnittartige“ Erfassung der Situation ausreicht, um korrekt zu handeln (vgl. /QUI 09//, S. 165).

Somit liegt eine Konfiguration vor, die sich durch einen hohen negativen Affekt, ein aktives Objekterkennungssystem, ein aktives Intentionsgedächtnis, aktives analytisches Denken, ein gehemmted Extensionsgedächtnis und eine gehemmte intuitive Verhaltenssteuerung auszeichnet. Für die die Hemmung der intuitiven Verhaltenssteuerung gilt die Einschränkung, dass sie nur die Umsetzung von Absichten aus dem Absichtsgedächtnis betrifft, weshalb man genauer auch von einer „Intentionsumsetzungshemmung“ sprechen sollte (/QUI 09/, S. 169). Die Hemmung erstreckt sich also nicht auf die intuitive Steuerung hochroutinierter Handlungsweisen, die ohne explizite Absicht ablaufen können, wenn die Situation dafür eine entsprechende Gelegenheit bietet. Man denke z. B. an spontane Hilferufe.

Der negative Affekt kann mehr oder weniger hoch sein. Abhängig von der Höhe des Affekts fallen die Aktivierung bzw. Hemmung der kognitiven Makrosysteme mehr oder weniger stark aus.

- Handlungsregulation und Handeln können sich aus dieser Konfiguration heraus auf verschiedene Weisen weiterentwickeln (vgl. /QUI 09/, S. 71):
  - Die Person kann auf die vorliegende Gefahr, Bedrohung oder Diskrepanz durch Schulung und Training so gut vorbereitet sein, dass ihr in der Situation sofort klar ist, wie sie vorzugehen hat, um die Situation zu meistern, und sie dieses Vorgehen routiniert ausführen kann. In den Begriffen der Kuhl'schen Handlungsregulationstheorie heißt das: Zum Intentionsgedächtnis gehören

Kenntnisse der Art „Wenn ich X tue, dann ist Y die Folge“. Ist X eine routinier- te Handlung, Vorgehensweise oder Prozedur und hat die Person gelernt, dass die Ausführung dieser Handlung, Vorgehensweise oder Prozedur die Gefahr, Bedrohung oder Diskrepanz beseitigt oder verringert, dann verfügt das Intentionsgedächtnis (das vom Objekterkennungssystem angeregt und mit der Absicht zur Bewältigung der Situation „versorgt“ worden ist) über einen erfolversprechenden und damit affektiv positiv besetzter Handlungsplan zur Verwirklichung der Absicht. Positiver Affekt bahnt den Weg zur intuitiven Verhaltenssteuerung und damit zur konkreten Ausführung der Absicht und des Handlungsplans. Der positive Affekt trägt darüber hinaus auch zur Selbstberuhigung und zur Aktivierung des Extensionsgedächtnisses mit seinen Ressourcen bei.

- Das Intentionsgedächtnis kann aber auch auf dem Weg des analytischen Den- kens und Problemlösens in der Situation ad hoc einen erfolversprechenden Handlungsplan entwickeln. Analytisches Denken steht in enger Verbindung zum Intentionsgedächtnis, es wird also aktiv, wenn das Objekterkennungssys- tem das Intentionsgedächtnis anregt. Das Objekterkennungssystem kann ana- lytisches Denken und Problemlösen durch Informationen unterstützen (oder beeinträchtigen), die das Objekterkennungssystem in der gegebenen Situation hervorhebt und akzentuiert. Der Betroffene kann diese und weitere Informatio- nen über die Situation, mit dem Ziel bzw. der Absicht der Situationsbewälti- gung und mit seinen Kenntnissen der Art „Wenn ich X tue, dann ist Y die Fol- ge“ zu einem Handlungsplan verbinden. Man denke z. B. an den Fall, dass man sich überlegen muss, über welche Straßen man eine Menschenmenge umgehen kann, von der man Aggressionen gegen die eigene Person befürcht- et. Der Entwurf eines Handlungsplans kann sogar analytische Problemlösun- gen einschließen. Ergibt sich ein aussichtreicher und damit affektiv positiv be- setzter Handlungsplan, sind Wirkungen auf Affekte, intuitive Verhaltenssteuerung und Extensionsgedächtnis zu erwarten, die denen ein- trainierter Vorgehensweise qualitativ gleichen.
- Der Betroffene kann seine Fähigkeiten zur Selbstberuhigung nutzen und den negativen Affekt soweit dämpfen, dass die Hemmung des Extensionsgedächtnis- ses entfällt. Es entwirft mit den dadurch verfügbaren Erfahrungen und Kenntnissen einen Handlungsplan, der aus seiner Sicht die Änderung seiner Lage ermöglicht, und bildet die Absicht, diesen Plan zu verwirklichen. Ein er- folversprechender Handlungsplan ist affektiv positiv besetzt. Dieser positive

Affekt trägt zum weiteren Abbau des negativen Affekts und der Hemmung der intuitiven Verhaltenssteuerung bei. Ggf. muss der Betroffene durch einen Akt der Selbstmotivierung die noch vorhandene Hemmung der intuitiven Verhaltenssteuerung überwinden, um Plan und Absicht der Planausführung an die intuitive Verhaltenssteuerung zur Umsetzung zu übergeben. Der Entwurf eines Handlungsplans kann auf kreativen Problemlösungsprozessen, der Erinnerung an nutzbare Handlungspläne oder einer Verknüpfung beider Möglichkeiten beruhen.

- Schließlich besteht noch die Möglichkeit, dass es dem Betroffenen nicht gelingt, den negativen Affekt durch Selbstberuhigung und (oder) Rückgriff auf eintrainierte oder ad hoc entworfene Handlungspläne soweit zu dämpfen, dass zumindest die Hemmung der intuitiven Verhaltenssteuerung überwunden und der Weg zur konkreten Verwirklichung einer Absicht frei wird. Die Person verbleibt dann in einem Zustand, in dem Objekterkennungssystem, Intensionsgedächtnis und analytisches Denken aktiv, intuitive Verhaltenssteuerung (in Bezug auf die Ausführung von Absichten) und Extensionsgedächtnis hingegen gehemmt sind. Im Extremfall kann sich sogar ein Teufelskreis entwickeln, in dem Intensionsgedächtnis und analytisches Denken Absichten und Handlungspläne generieren, die Situation mit Hilfe der Erkennungsleistungen des Objekterkennungssystems fortlaufend unter immer neuen Perspektiven auf Details untersuchen, störende Gedanken und (oder) Nachgrübeln über die eigene Lage den Betroffenen in Beschlag nehmen, ohne die Affekte so zu ändern, dass der Weg von einer Absicht und einem Handlungsplan zur konkreten Umsetzung gebahnt wird. Die Folge besteht in einer Lähmung jeder aktiven Veränderung der Situation. Swain führt solche Lähmungen als Charakteristikum gefährlicher oder bedrohlicher Stresssituationen auf (siehe dazu /SWA 83/, S. 3-35).
- Eine Hemmung der intuitiven Verhaltenssteuerung kann auch durch Schwierigkeiten der Handlungsdurchführung entstehen. Man denke z. B. an Defekte eines benötigten Geräts. Schwierigkeiten dämpfen den positiven Affekt, weil sie die Zielerreichung verzögern, aufwendiger gestalten oder sogar vereiteln können. Frustrationen solcher Art sind affektiv negativ besetzt. Negativer Affekt hemmt sowohl die intuitive Verhaltenssteuerung als auch das Extensionsgedächtnis. Gleichzeitig regt er das Objekterkennungssystem an, um mit dessen Leistung, in einer Situation bestimmte Einzelheiten genau zu erkennen und hervorzuheben, Ursachen für die Schwierigkeit und Mittel zu ihrer Überwindung zu finden. Die Überwindung

der Schwierigkeiten und die Fortsetzung des Handelns laufen prinzipiell nach den gleichen Prozessen ab, die im Falle von Gefahren, Bedrohungen oder Diskrepanzen zu erwarten sind (siehe /QUI 09/, S. 165).

Wenn das Objekterkennungssystem die Situation im Detail untersucht, um Art und Ursache einer Schwierigkeit zu finden, kann es evtl. Gefahren, Bedrohungen und Diskrepanzen erkennen. Die weitere Handlungsregulation verläuft dann wie bereits beschrieben.

Ein Vergleich mit den Überlegungen von Lazarus zeigt, dass Kuhls Ansatz die kognitive Bewertung der Situation und der Bewältigungsmöglichkeiten, die affektiven und damit emotionalen Reaktionen sowie die Wechselwirkungen zwischen Kognition und Emotion genauer als Lazarus erfasst und erklärt. Das gilt erst recht für den Stressbegriff von Swain, dem zu Folge Bedrohungen des eigenen Wohlergehens ein Handeln erfordern (vgl. /SWA 83/, S. 3-33, 17-1, J-28). Kuhls Ansatz ermöglicht es, die Reaktionen des Betroffenen, die sich aus dieser Einsicht in die Notwendigkeit eines Handelns ergeben, explizit zu beschreiben und zu erklären.

#### *Handeln in Stresssituationen, die der Handelnde nicht verändern kann*

Nach Richter und Hacker entsteht Stress, wenn ein großes Missverhältnis zwischen Anforderungen an den Betroffenen und seinen Leistungsvoraussetzungen in einer unabweichlichen und unabänderlichen Situation besteht, die der Betroffene als bedrohlich oder unannehmbar erlebt, weil er wichtige Ziele nicht erreichen und Bedürfnisse nicht befriedigen kann (siehe /RIC 98/, S. 125). „Leistungsvoraussetzungen“ sind neben Fähigkeiten, Fertigkeiten und Wissen des Betroffenen auch dessen aktuelle Verfassung, die z. B. vom Grad der Ermüdung, dem Gesundheitszustand usw. abhängt.

- Bedrohliche und unannehmbare Situationen sind affektiv negativ besetzt. Wie in bedrohlichen, aber veränderbaren Handlungssituationen liegt also eine Konfiguration vor, die sich durch einen hohen negativen Affekt, ein aktives Objekterkennungssystem, ein aktives Intentionsgedächtnis, aktives analytisches Denken, ein gehemmtes Extensionsgedächtnis und eine gehemmte intuitive Verhaltenssteuerung auszeichnet. Die Hemmung der intuitiven Verhaltenssteuerung betrifft nur die Umsetzung von Absichten und Plänen aus dem Absichtsgedächtnis, nicht aber die Ausführung von hochroutinierten Handlungen, die intuitiv und ohne explizite Absicht bei passender Gelegenheit ablaufen können (vgl. /QUI 09/, S. 169).

- Im Fall starker Überforderung verfügt der Betroffene per Definition über keine Möglichkeit, die Anforderungen zu erfüllen.
  - Intentionsgedächtnis und analytisches Denken sind zwar aktiv, die Einsicht in die Unausweichlichkeit und Unveränderbarkeit der Situation unterbindet realisierbare Absichten, sich aus der Lage zu befreien. Da eine Überforderungssituation vorliegt, verfügt der Betroffene per Definition auch nicht über die Fähigkeiten, die Fertigkeiten oder das Wissen, um passender Handlungspläne auf dem Weg des analytischen Denkens und Problemlösens zu entwerfen.
  - Der Betroffene könnte sich z. B. durch Fatalismus selbst soweit beruhigen, dass die Hemmung des Extensionsgedächtnisses entfällt. Da der Betroffene per definitionem stark überfordert ist, bieten auch die Lebenserfahrungen und die Kenntnisse aus dem Extensionsgedächtnis keine Erkenntnisse, die nutzbar sind, um die Situation zu meistern. Das Handeln würde also zum Erliegen kommen.

Hacker erwartet bei Erregung, Spannung und starken Gefühlen, zu denen negativer Affekt per Definition gehört, ein desorganisiertes, konfuses Verhalten (siehe /HAC 14/, S. 469, Tabelle 17.1), das auf eine Störung der Tätigkeits- bzw. Handlungsregulation zurückgeht (vgl. /HAC 14/, S. 470). Kuhls Ansatz bietet dafür eine Erklärungsmöglichkeit, weil die intuitive Verhaltenssteuerung nicht für hochroutinierte Handlungsweisen gehemmt ist, die auch ohne explizite Absicht ausführbar sind, sobald sich dafür die Gelegenheit bietet. Man kann also mit Verhaltensweisen rechnen, die von einzelnen Situationsaspekten ausgelöst werden, ohne in einem sinnvollen Zusammenhang zu stehen. Geeignete Untersuchungen müssten zeigen, dass dieser Prozess konfuses Verhalten im Sinne von Hacker (vgl. /HAC 14/, S. 470) erklärt.

- Unterforderungssituationen zeichnen sich dadurch aus, dass der Betroffene überqualifiziert ist. Seine Leistungsvoraussetzungen übersteigen u. U. bei weitem die Fähigkeiten und Fertigkeiten, die zur Bewältigung der Situation völlig ausreichen. Solche Situationen können zu Überforderungen führen, wenn man voraussetzt, dass der Betroffene die Situation weder verlassen noch ändern kann, wenn also auch die Möglichkeit entfällt, dass der Betroffene zusätzliche Beschäftigungen ausführt und dadurch die Unterforderung vermindert. Lazarus sagt für Unterforderungssituationen Langeweile vorher (vgl. dazu /LAZ 06/, S. 58 f.), auf ein „Umkippen“ in eine Überforderungssituation geht er nicht ein.

Kuhls Ansatz unterstützt also auch die Beschreibung und Erklärung der Handlungsregulation in Stresssituationen, die unausweichlich, unabänderlich und bedrohlich oder unannehmbar sind.

### **3.1.7 Fazit der Synthese theoretischer Überlegungen zu Stress und Handeln**

Die Synthese theoretischer Überlegungen zu Stress und Handeln hatte das Ziel, ein Modell bereitzustellen, dass

- Stressreaktion und Stressbewältigung mit dem Prozess der Handlungsregulation erklärt, der Kuhls Theorie der Persönlichkeits-System-Interaktionen zugrunde liegt und welcher in zahlreichen Untersuchungen empirisch überprüft wurde,
- es ermöglicht, die Stressbegriffe von Swain, Richter und Hacker und Lazarus zu integrieren,
- die Sichtung des empirischen Erkenntnisstandes zu Stress und Handeln unterstützt. Das bedeutet konkret, bei der Sichtung der empirischen Erkenntnisse wesentlich auch (aber nicht exklusiv) auf Evidenz für oder gegen die Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zu sichten, die laut Modell zwischen Stress und Handeln bestehen. Diese Schwerpunktsetzung trägt sowohl zur Systematik der Sichtung und der Ergebnisdarstellung als auch zur Zusammenführung und Beurteilung der empirischen Erkenntnisse bei. Man denke z. B. an die Verknüpfung der Einzelergebnisse verschiedener Untersuchungen zu einem „Gesamtbild“ oder an die Beurteilung, ob eine Vernachlässigung detaillierter Informationen und feiner Unterscheidungen in einer Gefahrensituation immer als nachteilig anzusehen ist. Sie könnte ja auch Vorteile bieten, weil bereits „holzschnittartige“ Informationen oder die Konzentration auf die entscheidenden Aspekte der Situation richtiges Handeln ausreichend unterstützen. Kurz: Das Modell dient auch dazu, „Suchanfragen“ an die „Datenbasis“ der empirischen Erkenntnisse zu formulieren und die Rechercheergebnisse für die Methodenentwicklung des vorliegenden Projekts aufzubereiten.

Beide Ziele sind erreicht worden: Aus der durchgeführten Untersuchung folgt, dass man die Prozesse der Stressreaktion und der Stressbewältigung mit der Kuhl'schen Handlungsregulationstheorie beschreiben und erklären kann, auch wenn diese Theorie den Faktor „Stress“ nicht im Detail berücksichtigt. Kuhls Theorie erfasst alle Aspekte,

die nach den Begriffsbestimmungen von Swain, Richter und Hacker bzw. Lazarus für Stress zu erwarten sind, übertrifft diese Begriffsbestimmungen aber in Bezug auf Systematik und Detaillierungsgrad. Die angestrebte Synthese theoretischer Überlegungen zu Stress und Handeln ist damit erreicht. Ein Nebenergebnis dieser Synthese betrifft den Weiterentwicklungsbedarf des Kuhl'schen Ansatzes: Kuhls Theorie führt Handlungsregulation und Handeln auf die Wechselwirkungen zwischen Affekten und kognitiven Makrosystemen zurück. Wichtige Themen für die Fortentwicklung der Theorie sind also die explizite Einbindung kognitiver Systeme und Prozesse unterhalb der Makrosystemebene und ihrer Beiträge zu Handlungsregulation, Handeln und Leistung. Diese Punkte gehen über das die Zielsetzung der hier vorgestellten Arbeiten hinaus und werden daher nicht weiter betrachtet.

Die Synthese theoretischer Überlegungen zu Stress und Handeln hat auch dazu beizutragen, die Sichtung des empirischen Erkenntnisstandes zu orientieren und zu strukturieren, Auch dieses Ziel ist erreicht worden. Legt man Kuhls Handlungsregulationstheorie zugrunde, sind folgende Aspekte der Stressreaktion und der Stressbewältigung besonders wichtig:

- Stressor kann jeder Umstand sein, den die Person als Gefahr, als Bedrohung oder als affektiv negativ besetzte Abweichung von Erwartungen insbesondere in Bezug auf Handlungsfortschritt, Zielerreichung und Bedürfnisbefriedigung erlebt.

Die Sichtung empirische Erkenntnisse muss also den Punkt beachten, dass die Teilnehmer der Untersuchung tatsächlich Stressoren ausgesetzt waren und unter Stress zu handeln hatten. Nur unter dieser Voraussetzung kann eine empirische Untersuchung aussagekräftige Ergebnisse über das Handeln unter Stress erbringen.

Es gibt zahlreiche Faktoren, von denen die Aussagekraft empirischer Untersuchungen zu Stress und Handeln abhängt. Abschnitt 3.2.1 geht auf diese Faktoren systematisch ein, bevor die Ergebnisse der Sichtung des empirischen Erkenntnisstandes vorgestellt werden.

- Die Überwindung eines negativen Affekts ist ein Schlüsselfaktor für Stressreaktion und Stressbewältigung.

Dieser Aspekt ist anhand der empirischen Evidenz sorgfältig zu prüfen. Gegenstand der Sichtung sind deshalb empirische Untersuchungen und Erkenntnisse zu

- Wirkungen positiver und negativer Affekte und Emotionen auf das Handeln, wie z. B. die Möglichkeit der Lähmung des Handelns durch negativen Affekt,
  - Voraussetzungen, Vorgehen und Wirkung der Selbstberuhigung und Selbstmotivierung zur Überwindung negativer Affekte,
  - Training und sonstige Unterstützung der Selbstberuhigung und der Selbstmotivierung.
- In Stresssituationen ist nicht nur regelbasiertes, sondern auch wissensbasiertes Handeln möglich.

Ein wichtiger Gegenstand der Sichtung sind also empirische Untersuchungen, die belegen, dass die Betroffenen in einer Stresssituation nicht nur regelbasiert, sondern auch wissensbasiert handeln. Zu ermitteln sind deshalb die

- Faktoren, wie z. B. verfügbare Zeit, Informationen und sonstige Ressourcen, die effektives wissensbasiertes Handeln in Stresssituationen unterstützen bzw. beeinträchtigen,
  - Trainierbarkeit wissensbasierten Handelns z. B. durch die Vermittlung und Einübung von Problemlösungsstrategien,
  - Auswirkungen des Trainings und weiterer Vorkehrungen auf das Handeln unter Stress im Allgemeinen.
- Unter Stress kann die kognitive Leistung über einen Wechsel zwischen regel- und wissensbasiertem Handeln hinaus weitere Änderungen wie z. B. die Konzentration auf einzelne Details zu Lasten eines umfassenden Überblicks über die Situation erfahren. Solche Änderungen schließen aber nicht aus, dass der Betroffene die Stresssituation meistert.

Dieser Aspekt wird in einer umfassenderen Recherche empirischer Erkenntnisse zu den Wirkungen berücksichtigt, die Stress auf den Prozess und das Ergebnis des Handelns hat. Gegenstände dieser Recherche sind insbesondere

- Überprüfungen des Yerkes-Dodson-Gesetzes, welches für Swains Stressbegriff und Stressbewertungsmethode eine wichtige Rolle spielt,
- Unterschiede zwischen Handeln mit und ohne Stress, in Abhängigkeit von mehr oder minder hohem Stress, von verschiedenen Stressoren oder von Auf-

gaben- und Handlungsbereichen wie z. B. Entscheidungen, Führung, Kommunikation usw.,

- Anpassungen der Handlungsregulation und des Handelns an die Stresssituation und Folgen dieser Anpassungen für den Ablauf und das Ergebnis des Handelns. Man denke z. B. an den Wechsel von mündlicher zu schriftlicher Kommunikation, wenn Lärm keine andere Möglichkeit der Verständigung lässt, den zusätzlichen Zeitbedarf für die schriftliche Kommunikation und die spezifischen Fehlermöglichkeiten schriftlicher Kommunikation.

Die aufgeführten Themen dienen in der anstehenden Recherche des empirischen Erkenntnisstandes als Orientierungshilfe. Suche und Sichtung empirischer Evidenz werden aber nicht auf diese Themen eingengt sein.

## **3.2 Empirische Erkenntnisse zu Stress, Handeln und Leistung**

Die Übersicht über den empirischen Erkenntnisstand umfasst zwei Teile: Der erste geht auf die Einschränkungen ein, denen der Erkenntnisgewinn durch empirische Studien zum Faktor Stress beim Menschen unterliegt. Man muss diese Einschränkungen kennen und beachten, um den empirischen Erkenntnisstand angemessen beurteilen und für die Anwendung nutzen zu können. Der zweite Teil der Übersicht über den empirischen Erkenntnisstand stellt die wesentlichen Ergebnisse der empirischen Stressforschung unter Beachtung der Grenzen empirischer Studien zusammenfassend dar.

### **3.2.1 Grenzen empirischer Untersuchungen und Erkenntnisse im Allgemeinen**

Die nachfolgende Darstellung behandelt zuerst Grenzen, die für den Erkenntnisgewinn aus empirischen Studien ganz generell gelten. Sie geht dann auf die Einschränkungen ein, denen Laborexperimente, Feldforschung und nachträgliche Untersuchungen realer Stresssituationen als hauptsächliche Quellen empirischer Erkenntnisse über Stress, Handeln und Leistung beim Menschen unterliegen. „Feldforschung“ steht dabei für Untersuchungen unter realen oder realitätsnahen Bedingungen in dem Umfeld und in den Situationen, in denen die untersuchten Aufgaben normalerweise anstehen, und mit Probanden, die für die Erfüllung dieser Aufgaben unter diesen Bedingungen in der Realität zuständig sind (z. B. /DOR 94/, S. 248). Feldstudien zur Wirkung von Stress kön-

nen z. B. an Soldaten im Rahmen eines Manövers oder mit Piloten im Zuge der Schulung an Simulatoren stattfinden (siehe Abschnitt 3.2.2).

### **a) Generelle Grenzen des Erkenntnisgewinns aus empirischen Studien**

Generelle Einschränkungen des Erkenntnisgewinns aus empirischen Untersuchungen gehen auf Anforderungen der Ethik, die theoretisch-methodologischen Grundlagen empirischer Studien und die Fehler zurück, die sich in Planung, Durchführung, Auswertung und Interpretation empirischer Untersuchungen einschleichen können:

- Es ist ethisch unzulässig, Menschen zu Untersuchungszwecken einer Situation auszusetzen, in der sie Schaden nehmen können. Somit sind Versuche mit Stressoren ausgeschlossen, die Leben, Gesundheit, soziale und (oder) wirtschaftliche Existenz usw. bedrohen. Solche Stressoren können durch die nachträgliche Untersuchung einschlägiger Ereignisse erfasst werden, die im realen Leben ohne Zutun eines Forschers eingetreten sind. Möglichkeiten und Grenzen solcher Stresssituationen werden weiter unten genauer betrachtet.
- Jede empirische Studie hat ihre theoretischen und methodologischen Grundlagen. Sie bestimmen, wie der Forscher den Untersuchungsgegenstand versteht, welche Untersuchungsfragen er für wichtig hält, wie er die Untersuchung anlegt, welche Informationen für ihn Bedeutung haben, welche Auswertungsmethoden er nutzt und mit welchen Begriffen bzw. Modellvorstellungen er die Ergebnisse interpretiert. Von diesen Grundlagen hängen die Ergebnisse der Studien und die Interpretation der Ergebnisse ab. Folgende Beispiele veranschaulichen diese Abhängigkeiten:
  - Versteht man Stress wie Swain als Anspannung, sind auch Situationen als Erkenntnisquelle über Stress nutzbar, in denen sich der Handelnde anstrengt, eine persönliche Höchstleistung in seiner Lieblingssportart zu erbringen ohne sich darum zu kümmern, wie „die Anderen“ seine Anstrengung und das Ergebnis beurteilen. Für Richter und Hacker wären solche Situationen nicht Gegenstand der Stressforschung, Lazarus würde sie unter dem Aspekt der Herausforderung untersuchen und Stressexperimenten gegenüberstellen.
  - Untersuchungen zum Handeln in bedrohlichen oder unannehmbaren Situationen erbringen nach Richter und Hacker nur dann Erkenntnisse über Stress, wenn der Betroffene die Situation weder verlassen noch ändern kann. Die Untersuchung würde überwindbare Gefahrensituationen allenfalls zu Vergleichszwecken in die Untersuchung einbeziehen und sich darauf konzentrieren, wel-

che psychischen Folgen die Unausweichlichkeit derartiger Situationen hat. Liegt der Untersuchung dagegen Swain's oder Lazarus' Auffassung zugrunde, würde man vor allem oder sogar ausschließlich solche Situationen untersuchen, die der Handelnde aktiv verändern kann, und die Beobachtungen bzw. Befragungen der Betroffenen auf ihre Bemühungen um eine Situationsveränderung konzentrieren.

- Geht man wie z. B. Swain (siehe /SWA 83/, S. 18-5) davon aus, dass der Beitrag, den Stress zur Handlungszuverlässigkeit leistet, als Multiplikator der Fehlerwahrscheinlichkeit zu quantifizieren ist, die für stressfreie Handlungssituationen gilt, so wird eine quantitative Auswertung darauf abzielen, die Untersuchungsergebnisse in eine Fehlerwahrscheinlichkeit für stressfreies Handeln und einen Multiplikator für den Faktor Stress zu zerlegen. Andere Quantifizierungsansätze werden womöglich gar nicht betrachtet.

Die Nutzung bestimmter Begriffe und Modelle kann also Forschung und Erkenntnisgewinn einseitig oder zumindest vorrangig auf bestimmte Aspekte der Stresssituation und der Stressreaktion konzentrieren.

- Darüber hinaus bestehen zahlreiche Möglichkeiten, Studien fehlerhaft zu planen, auszuführen und auszuwerten. Die Fachwissenschaft hat Anforderungen und Vorgehensweise entwickelt, um solchen Fehlern vorzubeugen. Der vorliegende Bericht verzichtet auf einen generischen Überblick über dieses Standardwissen, zu dem eine umfangreiche Fachliteratur vorliegt (zur Einführung z. B.: /SCH 10/). Die Diskussion des empirischen Erkenntnisstandes wird auf Fehler der Planung, Ausführung und Auswertung eingehen, soweit sie die betrachteten Studien betreffen und deren Aussagekraft in Frage stellen. Darüber hinaus behandelt der nachfolgende Abschnitt genauer die Möglichkeit, dass Probanden Ziele für ihr Verhalten in einer Untersuchung bilden und diesem Ziel entsprechend handeln bzw. Auskunft geben. Dieser Punkt wird genauer betrachtet, weil er für Feldstudien und deren Ergebnisse eine besondere Bedeutung hat (siehe unten).

## **b) Grenzen des Erkenntnisgewinns durch die verschiedenen Arten empirischer Studien**

Die empirische Stressforschung nutzt Laborexperimente, Feldstudien und die nachträgliche Untersuchung realer Stresssituationen, um Erkenntnisse zu den Zusammenhängen zwischen Stress, Handeln und Leistung zu gewinnen. Jede dieser Wege zu

empirischen Erkenntnissen weist spezifische Grenzen auf, die nachfolgend genauer behandelt werden, um die Aussagekraft der erzielten Erkenntnisse angemessen beurteilen zu können. Diese spezifischen Grenzen sind über die generellen Einschränkungen hinaus zu beachten, die auf ethische Anforderungen, theoretisch-methodologische Grundlagen und die mehr oder minder große Qualität der Untersuchung zurückgehen (siehe oben).

Laborexperimente und Feldstudien können aus verschiedenen Gründen zu unzutreffenden oder einseitigen Schlüssen über die Zusammenhänge zwischen Stressoren, Handeln und Leistung führen:

- Die Probanden haben sich in der Regel bereit erklärt, an der Untersuchung teilzunehmen. Die Probandengruppe kann sich unter der Bedingung freiwilliger Teilnahme systematisch von den Personen unterscheiden, die sich nicht beteiligen. Systematische Unterschiede können z. B. darin bestehen, dass sich die Teilnehmer im Vergleich zu den Nicht-Teilnehmern für belastbarer, stressresistenter und (oder) fähiger halten, die Stressoren und die Aufgaben zu bewältigen. Teilnehmer können auch zeigen wollen, wie tüchtig sie sind. Denkbar ist sogar, dass die Teilnehmer die untersuchte Situation als Herausforderung im Sinne von Lazarus und nicht als Stresssituation ansehen. Eine systematische Selbstauswahl der Probanden kann zu Ergebnissen führen, die mehr oder minder deutlich von denjenigen einer Zufallsstichprobe abweichen.
- Zur Freiwilligkeit und den ethischen Rahmenbedingungen der Teilnahme gehört es auch, dass die Probanden die Teilnahme an der Untersuchung jederzeit von sich aus beenden können. Laborexperimentelle Stresssituation sind folglich nicht unausweichlich, die Probanden können sie daher von vorneherein als weniger belastend beurteilen als vergleichbare, reale Stresssituationen. Ähnliche Urteileffekte sind auch in Feldstudien denkbar: Zwar können Manöver, Übungen am Simulator und reale Handlungssituationen für die Probanden einer Feldstudie obligatorisch und damit unausweichlich sein, dies gilt aber nicht für die aktive Beteiligung an den Untersuchungen zu Stress im Rahmen der Studie. Die Betroffenen haben entweder die Möglichkeit, Befragungen, die Bearbeitung bestimmter Untersuchungsaufgaben und (oder) sogar Beobachtungen von Seiten des Untersuchenden zu verweigern. Oder sie können ihre Beteiligung auf ein unumgängliches Minimum beschränken, sich der Beobachtung möglichst entziehen und den Untersuchenden mit wenig aussagekräftigen Antworten bzw. Leistungen „abspeisen“.

- Generell muss man damit rechnen, dass Menschen, die an einer Untersuchung teilnehmen und dies wissen, Handeln, Leistung und Aussagen auf die Ziele und Erwartungen abstimmen, die sie in Bezug auf die Untersuchung haben. Die Motivation zu Leistung bzw. Beteiligung an der Untersuchung wurde bereits behandelt. Darüber hinaus muss man folgende Möglichkeit beachten: Wissen oder erwarten die Teilnehmer einer Untersuchung, dass die Ergebnisse praktische Konsequenzen für reale Stresssituationen haben werden, denen sie selbst oder andere ausgesetzt sind, können sie ihr Handeln, ihre Leistung und (oder) ihre Antworten auf die praktischen Konsequenzen abstimmen, die sie anstreben oder verhindern wollen. Denkbar ist z. B. ein Verhalten der Teilnehmer, das die Beanspruchung durch die Stresssituation höher erscheinen lässt, als sie tatsächlich ist, weil die Teilnehmer über die Untersuchungsergebnisse Änderungen der Situation erreichen oder weil sie verhindern wollen, dass Vorgesetzte und Verantwortliche „zu gute“ Leistungen bzw. „zu positive Antworten“ als Begründung instrumentalisieren, um die Situation unverändert zu lassen oder sogar zu verschärfen, indem man z. B. die Anforderungen an Qualität, Quantität und (oder) Schnelligkeit der Arbeiten erhöht.
- Beobachtet der Untersuchende den Handlungsablauf, hat er sich soweit im Hintergrund zu halten, dass er das Geschehen nicht stört. Aus der Distanz zum Ablauf können sich Ungenauigkeiten und Lücken in den Beobachtungen ergeben.
- Die Aussagekraft der Ergebnisse hängt auch davon ab, wann der Untersuchende mit den Probanden interagieren darf, um sie zu befragen und (oder) über die Stresssituation hinaus bestimmte Aufgaben bearbeiten zu lassen. Man denke insbesondere an Feldstudien, in denen der Untersuchende seine Informationsbeschaffung mit den Ablauf eines Manövers, einer Übung oder einer anderen, realen Handlungssituation koordinieren muss.
  - Befragungen und die Bearbeitung spezieller Untersuchungsaufgaben sind u. U. in Pausen zwischen den Stresssituationen oder am Ende aller Stresssituationen zu legen, die Gegenstand der Untersuchung sind. Man denke z. B. an Rastzeiten während länger dauernder Manöver oder Pausen zwischen aufeinanderfolgenden Übungen an einem Simulator. Solche zeitlichen Staffelungen können auch in Laborexperimenten vorkommen. Wegen der zeitlichen Relationen zwischen Untersuchung und Stresssituation(en) ist zu erwarten, dass die Untersuchungsergebnisse nicht nur von der durchlebten Stresssituation, sondern auch oder sogar vor allem von der Befindlichkeit der Probanden nach der Stresssituation abhängen: Probanden können verärgert sein, dass die Un-

tersuchung ihre Pause verkürzt bzw. den Zeitpunkt hinausschiebt, ab dem sie sich „endlich“ von den Stresssituationen erholen können. Entsprechend groß ist die Motivation, die Untersuchung schnell hinter sich zu bringen, die Beteiligung auf das unumgängliche Minimum zu beschränken und summarische, ungenaue, wenige aussagekräftige Ergebnisse zu liefern. Die Untersuchung kann aber auch als Ereignis willkommen sein, das in den Pausen Abwechslung bietet. Möglicherweise befinden sich die Probanden am Ende einer Stresssituation in gehobener bis euphorischer Stimmung, weil sie die Beanspruchung jetzt überstanden haben. Je nach Befindlichkeit muss man also damit rechnen, mehr oder minder unterschiedliche Untersuchungsergebnisse zu erzielen.

- Ähnliche Effekte sind zu erwarten, wenn der Untersuchende den Ablauf an beliebiger Stelle unterbrechen kann, um seine Fragen und (oder) Aufgaben zu stellen. Die Probanden können die Unterbrechung durch Untersuchungsphasen als lästige Störung oder als willkommene Pause erleben und aus dieser Befindlichkeit heraus mehr oder weniger bereitwillig und mit entsprechenden Ergebnissen an der Untersuchung teilnehmen. Unabhängig davon führt die Unterbrechung dazu, dass die Probanden der Stresssituation nicht kontinuierlich ausgesetzt sind. sich in den Pausen sogar etwas erholen können und dadurch die Stresssituation als weniger beanspruchend erleben. Dies hat Auswirkungen auf die Untersuchungsergebnisse und ihre Aussagekraft.

Es hilft in diesen Fällen nicht, Kontrollgruppen zu untersuchen, die keine Stresssituation durchlaufen haben, weil ohne Stress auch die Befindlichkeiten entfallen, die sich nach Ende einer Stresssituation einstellen und die Untersuchungsergebnisse systematisch verändern können. Der Untersuchende muss also auf sein Expertenurteil zurückgreifen, um den möglichen Beitrag der beschriebenen Befindlichkeiten zu seinen Untersuchungsergebnissen abzuschätzen.

Speziell für Laborexperimente zu Stress gibt es weitere Faktoren, die der Aussagekraft erzielter Ergebnisse abträglich sein können:

- Die Teilnehmer wissen, dass die laborexperimentelle Stresssituation eine künstliche ist und sie keine realen Nachteile oder Schäden erwarten müssen. Sollte ein eventuelles „Versagen“ im Experiment der Selbstachtung oder dem Ansehen bei anderen Personen gefährlich werden, kann darüber die Überlegung hinweghelfen, es sei ja nur eine künstliche, alltagsferne Situation gewesen, an der man gescheitert ist. Der Proband kann also auch diese Bedrohung „kleinreden“. In Feldstudien

fällt dieser Faktor der „künstlichen Situation“ weniger ins Gewicht, wenn Manöver, Übung oder sonstige Handlungssituation nicht nur dem wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn, sondern z. B. auch dazu dienen, die Qualifikation der Teilnehmer für ihre Berufsaufgaben mit entsprechenden Folgen für das Fortkommen des Probanden zu beurteilen. In solchen Fällen wirken dann zwei Arten von Stressoren auf den Handelnden, nämlich die Stressoren der Aufgabe und die gewichtigen bis bedrohlichen Folgen aus dem „Abschneiden“ in der Aufgabe.

- Darüber hinaus müssen die Stressoren im Labor herstellbar sein. Man kann also nicht ausschließen, dass die laborexperimentell erzielten Ergebnisse nur für die untersuchten, leicht realisierbaren Stressoren wie z. B. Zeitdruck oder Lärm gelten. Die Ergebnisse hängen folglich von beiden Stressoren und ihrer Wechselwirkung ab.
- Auch die Aufgaben der Probanden müssen im Labor realisierbar sein. Die Experimentatoren geben zudem Aufgaben vor, mit denen sie die Fragestellungen untersuchen können, die sie interessieren. Es ist also möglich, dass die Aufgaben im Labor sich deutlich von denjenigen unterscheiden, die in der Realität bearbeitet werden müssen, und dass die Ergebnisse im Extremfall nur dazu nutzbar sind, die interessierende Fragestellung zu überprüfen. Man denke an Ergebnisse wie z. B. die Vernachlässigung bestimmter Informationen unter Stress. Ihre Bedeutung für den praktischen Anwender hängt davon ab, welche Informationen betroffen sind: Handelt es sich um diejenigen, die für die Bewältigung der Situation wichtig sind, kann Stress das zügige und zuverlässige Handeln zur Erfüllung der Aufgabe beeinträchtigen oder vereiteln. Wirkt dieser Effekt dagegen so, dass unwichtige Information „ausgeblendet“ wird, kann er das Verständnis der Situation und die Auswahl des richtigen Vorgehens sogar fördern. Der Nutzer laborexperimenteller Erkenntnisse muss also ein Urteil fällen, welche Bedeutung die Ergebnisse für seine eigenen Fragestellungen haben, wenn die Experimente nicht die Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge untersucht haben, die für das Anwendungsgebiet des Nutzers wichtig sind.
- Laborexperimente greifen vor allem an Universitäten oft auf Studenten als Probanden zurück, die sich u. U. zur Verfügung stellen müssen, weil die Teilnahme an empirischen Untersuchungen im Studium obligatorisch ist. Mitunter wird die Teilnahme auch bezahlt. Der Anwender muss also entscheiden, ob die Erkenntnisse, die für ein studentisches, in spezifischer Weise motiviertes Kollektiv gelten, auf Personen in seinem Anwendungsfeld übertragbar sind.

Die Aussagekraft der Ergebnisse speziell aus Feldstudien kann durch Faktoren eingeschränkt werden, die sich aus der Unterstützung der Studie durch ein Unternehmen oder eine Einrichtung wie z. B. die Streitkräfte eines Landes ergeben. Der „Gastgeber“ einer Feldstudie unterstützt die Untersuchung, indem er Probanden bereitstellt und Möglichkeiten eröffnet, diese in bestimmten Situationen zu beobachten, zu bestimmten Situationen zu befragen und (oder) bestimmte Untersuchungsaufgaben bearbeiten zu lassen. Feldstudien können auf Initiative des Untersuchenden oder im Auftrag des Gastgebers bzw. einer Stelle mit Weisungsecht gegenüber dem Gastgeber erfolgen. Auftragsinhalt bzw. Rahmenbedingungen der Unterstützung können sich auf die Ergebnisse der Untersuchungen auswirken:

- Der Gastgeber der Untersuchung kann die Auswahl der untersuchten Stresssituationen, Tätigkeiten und Probanden bestimmen oder zumindest mitbestimmen. Denkbare Gründe dafür sind z. B. Sicherheitsanforderungen, die der Gastgeber einhalten muss, die Begrenzung des Untersuchungsaufwands auf Seiten des Gastgebers oder, im Extremfall, der Wunsch des Gastgebers, Einfluss auf die Ergebnisse zu nehmen.
- Aus denselben Gründen kann der Gastgeber Regeln festlegen, an die sich der Untersuchende zu halten hat und die seine Möglichkeiten der Informationsbeschaffung eingrenzen.

Eine als Feldstudie angelegte Untersuchung kann selbst als Stressor wirken, so dass Stressreaktion, Handeln und Leistung der Probanden sowohl von den Stressoren, unter denen die untersuchte, reale oder realitätsnahe Aufgabe erfüllt werden muss, als auch von der Untersuchung in ihrer Eigenschaft als Stressor abhängen.

Neben Laborexperimenten und Feldstudien dient die nachträgliche Untersuchung von Stresssituationen, denen die Betroffenen ohne Zutun des Untersuchenden ausgesetzt waren, als Quelle empirischer Erkenntnisse. Wegen der ethischen Grenzen für Laborexperimente und Feldstudien bilden Nachuntersuchungen die einzige Möglichkeit, Erkenntnisse über das Handeln unter Stress in Situationen zu gewinnen, in denen der Betroffene Schaden nimmt oder zumindest solchen Risiken ausgesetzt war. Man denke z. B. an Kriege, Katastrophen und schwere Unfälle. Nachträgliche Untersuchungen können aber auch weniger schwerwiegende Situationen wie z. B. Ereignisse aus der Betriebserfahrung einschließen, in denen Stress durch die Anforderung entsteht, den Ressourceneinsatz deutlich zu steigern, um die Situation zu meistern (siehe dazu die

Ausführungen zu Lazarus' transaktionalen Stressbegriff). Es gelten aber auch für den Erkenntnisgewinn aus nachträglichen Untersuchungen Einschränkungen:

- Stressoren müssen trivialerweise Bestandteil der nachträglich untersuchten Situationen gewesen sein, damit man ihren Beitrag zu Handeln und Leistung überhaupt untersuchen kann. Man kann diese Einschränkung durch systematische Sammlung und detaillierte Untersuchungen der Betriebserfahrungen aus möglichst vielen Technologie- und Handlungsbereichen minimieren, aber nicht aufheben.
- Die Aussagekraft gewonnener Erkenntnisse hängt ferner davon ab, wie detailliert eine Stresssituation nachträglich untersucht wird und welche Informationen der Untersuchende beschafft. Eine wesentliche Grundlage der Informationsbeschaffung sind die begrifflichen, theoretischen und methodologischen Voraussetzungen, von denen der Untersuchende ausgeht und die ihn für bestimmte Informationen sensibilisieren, für andere dagegen „blind“ machen können (siehe oben). Man beachte auch die Fachliteratur zu den Möglichkeiten, Aussagen durch Fragen zu verfälschen (siehe /VOL 83/, Teil V).
- Der Erkenntnisgewinn hängt ferner von der Qualität und der Quantität der Informationen ab, die sich der Untersuchende von Betroffenen, Zeugen und (oder) anderen Informationsträgern beschaffen kann. Andere Informationsträger sind z. B. die Geräte für die Aufzeichnungen des Gesprochenen in Flugzeugcockpits, aber auch alle Spuren, aus denen man auf Geschehensablauf und Handeln schließen kann. Qualität und Quantität der Information unterliegen Einschränkungen aus vielfältigen, möglichen Gründen, von denen nachfolgend einige wichtige aufgeführt werden:
  - Verlust der Informationsquelle, weil z. B. Informationsträger zerstört oder un auffindbar sind.
  - Zugriffsbeschränkungen auf Informationsquellen, die der Untersuchende z. B. aus Gründen der Geheimhaltung oder Vertraulichkeit hinnehmen muss.
  - Verweigerung aller oder einiger Auskünfte durch Betroffene oder Zeugen, die z. B. drohende oder befürchtete Nachteile von sich und (oder) anderen abwenden wollen.
  - Verschweigen, Beschönigung oder Fehlinformationen von Seiten der Betroffenen und (oder) Zeugen aus denselben Gründen.

- Wissens- und Erinnerungslücken der Betroffenen und (oder) Zeugen, die in der Situation z. B. nicht auf Aspekte geachtet haben, die für die Untersuchung wichtig sind.
  - Einseitigkeiten durch die Selektivität, mit der Betroffene und (oder) Zeugen das Geschehen registriert und (oder) andere Informationsträger aufgezeichnet haben.
  - Unauflösbare Widersprüche zwischen Informationsquellen.
  - Beschränkung oder Konzentration der Auskünfte von Betroffenen und (oder) Zeugen auf solche Aspekte, die Teil einer aus ihrer Sicht kohärenten, plausiblen Darstellung und Erklärung der Stresssituation und des Handelns sind.
- Ergebnis der nachträglichen Auswertung ist ein Modell der Stresssituation und ihrer Wirkungen auf Handeln und Leistung. Nach der wissenschaftlichen Methodologie erfordert die empirische Untersuchung kausaler Zusammenhänge ein experimentelles Vorgehen, in dem bestimmte Randbedingungen systematisch variiert und ihre Wirkung auf abhängige Variablen beobachtet wird (vgl. /WES 10/, S. 91 ff.). Das Modell aus einer Nachuntersuchung stellt methodologisch streng genommen also eine begründete Hypothese über Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge dar. Diese Hypothese wäre empirisch in Laborexperimenten oder Feldstudien zu überprüfen, soweit es in den oben beschriebenen Grenzen dieser beiden Verfahren möglich und zulässig ist.
  - Das Erklärungsmodell aus könnte das untersuchte Ereignis kohärenter darstellen, als es tatsächlich abgelaufen ist. Die Autoren eines Erklärungsmodells suchen nach Faktoren und Ursache-Wirkungszusammenhängen, die ihnen das Ereignis plausibel und fachwissenschaftlich begründet erklären. Die rein zeitliche Reihenfolge von Teilereignissen könnte deshalb im Sinne einer Kausalkette überinterpretiert werden, die fachwissenschaftlich begründbar, aber im Ereignis nicht wirksam war.

Wie man sieht, weist jedes Vorgehen auf dem Gebiet der empirischen Stressforschung Grenzen auf. Es ist daher notwendig, Laborexperimente, Feldstudien und nachträgliche Untersuchungen umfassend und systematisch zu nutzen, um empirische Erkenntnisse zu Stress, Handeln und Leistung zu gewinnen. Die Zusammenführung der Erkenntnisse aus Laborexperimenten, Feldstudien und Nachuntersuchungen erfordert in erheblichem Umfang das fachwissenschaftliche Expertenurteil, um sowohl die Grenzen

als auch die Möglichkeiten der Verbindung verfügbarer Erkenntnisse aus realen und künstlichen Stresssituationen, unterschiedlichen Aufgaben und verschiedenartigen Kollektiven wie Studenten, Berufspiloten usw. angemessen zu erkennen und zu beurteilen.

### **3.2.2 Wesentliche Erkenntnisse der empirischen Stressforschung**

Die Übersicht über den empirischen Erkenntnisstand wurde auf die folgende Weise erarbeitet:

- Als Hauptquelle dienen Sammeldarstellungen von Autoren, die in der jüngeren Vergangenheit die öffentlich zugänglichen, einschlägigen Publikationen gesichtet, kritisch reflektiert und zusammengefasst haben /HAM 00/, /HAN 08/, /KAV 05/, /STA 04/, /STA 14/, /STO 94/.
- Die Auswertung dieser Sammeldarstellungen hat sich auf Zusammenhänge zwischen Stress, Handeln, Leistung und Zuverlässigkeit konzentriert, weil diese Informationen für die anstehende Methodenentwicklung zentrale Bedeutung haben.
- Sammeldarstellungen können nur Publikationen berücksichtigen, die bis zu einem bestimmten Stichtag erschienen sind. Der vorliegende Bericht hat daher auf der Suche nach aktuellsten Quellen vor allem die neuesten Jahrgänge wichtiger Fachzeitschriften wie z. B. „Psychological Review“, „Psychological Bulletin“, „Annual Review of Psychology“, „International Journal of Stress Management“, „Safety Science“ und „Human Factors“ gesichtet.
- Originalveröffentlichungen einzelner Untersuchungen sind für den vorliegenden Bericht nur dann genauer betrachtet worden, wenn sie in der Literatur oder für die Analyse- und Bewertungsmethode von Swain eine wichtige Rolle gespielt haben, wenn die Sammeldarstellungen über die betreffenden Studien keine ausreichend klaren Informationen enthalten oder wenn die Untersuchungen nach den Sammeldarstellungen publiziert worden sind.

Eine detaillierte Auswertung der zahlreichen Einzelstudien hätte den Rahmen dieses Vorhabens gesprengt.

Die Darstellung der Rechercheergebnisse behandelt im Einzelnen die folgenden Themen:

- Affekte, Stress und Handeln,
- wissensbasiertes Handeln in Stresssituationen,
- sonstige Leistungen unter Stress,
- weitere Stresseffekte.

Die ersten drei Themen sind in Abschnitt 3.1.4 als zentrale Fragestellungen für die Recherche herausgearbeitet worden. Den Ausführungen in Abschnitt 3.1.4 entsprechend kann jeder Sachverhalt oder Vorgang Stressor sein, der eine Gefahr, Bedrohung oder Frustration persönlich wichtiger Ziele oder Bedürfnisse darstellt. Empirische Untersuchungen müssen daher stets auch untersuchen, ob die Teilnehmer der Untersuchung tatsächlich eine Gefahr, Bedrohung oder Frustration der genannten Art erlebt haben. Nur unter dieser Voraussetzung kann eine Untersuchung aussagekräftige Erkenntnisse zum Handeln unter Stress erbringen. In einer Sichtung der Fachliteratur kann dieser Aspekt nur anhand der Informationen untersucht werden, die in den Publikationen selbst enthalten sind. Die Recherche im Rahmen der hier dargelegten Arbeiten hat Ergebnisse aus den Sammeldarstellungen bzw. den Untersuchungen deshalb nur dann berücksichtigt, wenn die Autoren die untersuchten Stressoren genau bezeichnen, die Wirkungen auf die Betroffenen klar beschreiben und keine Hinweise vorliegen, dass Untersuchung und (oder) Auswertung fehlerhaft waren.

Jedem der vier oben genannten Themen ist einer der nachfolgenden Abschnitte gewidmet.

#### **a) Affekte, Stress und Handeln**

Die Recherche hat gezeigt, dass die Zahl der Untersuchungen zu Wechselwirkungen zwischen Affekt und Stress im Vergleich zur Gesamtzahl der Untersuchungen über Handeln, Kognition und Leistung unter Stress klein ist. Entsprechend summarisch sind die gewonnenen Erkenntnisse. Der Einfachheit halber dienen „Affekt“, „Emotion“ und „Gefühl“ im Folgenden als austauschbare Begriffe. Man kann den einschlägigen Erkenntnisstand wie folgt zusammenfassen:

- Ängstlichkeit trägt zur Einengung der Aufmerksamkeit auf die bedrohlichen bzw. gefährlichen Aspekte der Situation bei (siehe dazu /STO 94/, S. 77, /KAV 05/, S. 18 und /STA 14/, S. 31). Das Ergebnis ist für die Stressreaktion in angstauslösenden, gefährlichen und bedrohlichen Situationen bedeutsam.

- Einige Studien belegen, dass Ängstlichkeit das Arbeitsgedächtnis, also die temporäre Speicherung aufgabenbezogener Informationen und die Verarbeitung dieser Informationen, beeinträchtigt (vgl. /STA 14/, S. 20, zum Begriff des Arbeitsgedächtnisses siehe z. B. /MUE 02/, S. 323, 535). Das Behalten von Informationen ist nur mäßig beeinträchtigt, wohingegen die Verarbeitung von Informationen stärker in Mitleidenschaft gezogen wird (siehe /STO 94/, S. 59). Die Ergebnisse verschiedener Untersuchungen sind allerdings nicht konsistent (vgl. /STO 94/, S. 59). Es gibt aber auch die gegenteilige Auffassung, dass die einschlägigen Untersuchungen „konstant“ Beeinträchtigungen im Bereich des Arbeitsgedächtnisses belegen (vgl. /STA 04/, S. 60).

Eine Möglichkeit der Beeinträchtigung besteht darin, dass sorgenvolle bzw. störende und damit affektiv negativ besetzte Gedanken in einer Stresssituation das Arbeitsgedächtnis in Beschlag nehmen und dadurch die effektive Funktion des Arbeitsgedächtnisses zur Beherrschung der Situation mehr oder minder in Mitleidenschaft ziehen (siehe dazu /STO 94/, S. 208, /STA 04/, S. 60 und /STA 14/, S. 21). Der Betroffene muss also „den Kopf erst einmal frei bekommen“, damit er seine Aufgaben in der Situation effektiv erfüllen kann.

Weitere Untersuchungen sind erforderlich, um die Wechselwirkungen zwischen den Emotionen dem Gedächtnis und der Stressreaktion zu klären (vgl. /STA 14/, S. 32).

- Die Betroffenen erleben einen Stressor als weniger bedrohlich, wenn sie seinen Eintritt vorhersagen können oder den Eindruck haben, es sei ihnen möglich, Eintrittszeitpunkt, Dauer, Stärke oder Häufigkeit des Stressors zu beeinflussen (vgl. /STO 94/, S. 81, /STA 14/, S. 35). Vorhersagbarkeit und Änderungsmöglichkeiten beruhen auf Erfahrung und Wissen. Es bestehen also Möglichkeiten, die Intensität erlebter Bedrohung zumindest durch theoretische Schulung in einem gewissen Umfang zu vermindern. Möglichkeiten der Vorhersage und Kontrolle beruhen wesentlich auf Kenntnissen und Erfahrungen, die man durch Training und Praxis erwirbt (siehe dazu ausführlicher nachfolgenden Abschnitt).
- Panik setzt als affektiv negativ besetzte, extreme Schreckreaktion die Betroffenen außer Stande, logisch zu denken, erlernte Vorgehensweisen zu erinnern und rational zu handeln. Für den Betroffenen zählt oft nur ein Merkmal der Situation (siehe /STO 94/, S. 206 und /STA 14/, S. 41-42). Damit geht „gewöhnlich“ eine Vernachlässigung der Informationen einher, die zur Meisterung der Stresssituation wichtig

sind (vgl. /STA 14/, S. 41 – 42). Panik kann sich auch in „Hypervigilanz“ äußern. Darunter versteht man ein planloses Hin- und Herspringen der Aufmerksamkeit von einem Aspekt der Situation zu anderen, wenn die Person fieberhaft einen Ausweg aus der Situation sucht (vgl. /STO 94/, S. 79). Beobachtungen aus der Verkehrsfluffahrt belegen, dass auch erfahrene Piloten panisch bzw. hypervigilant reagieren können (siehe /STA 14/, S. 42).

- Motivation und Anstrengung dämpfen Stresseffekte und damit auch die zugehörigen negativen Affekte. Dazu liegen aber nur sehr wenige empirische Studien vor, in denen die Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zudem nicht im Detail untersucht worden sind (siehe /STA 14/, S. 15).
- Aus der empirischen Stressforschung gibt es keine Beiträge zu Selbstberuhigung und ihre Unterstützung durch Training oder andere geeignete Vorkehrungen. Selbstberuhigung wäre z. B. eine Möglichkeit, sich von störenden und sorgenvollen Gedanken zu befreien.
- Generell gehen positive Gefühlslagen mit weniger Anstrengung, weniger Aufmerksamkeit für Details und ungenaueren Entscheidungen einher. Dagegen tragen negative Affekte, die beherrschbar, also nicht unkontrollierbar sind, zu erhöhter Anstrengung, größerer Aufmerksamkeit für Details und entsprechend genaueren Urteilen und Entscheidungen bei (vgl. /STA 14/, S. 26).

## **b) Wissensbasiertes Handeln in Stresssituationen**

Die Sichtung des empirischen Erkenntnisstandes ist auch von der Fragestellung ausgegangen, ob in Stresssituationen wissensbasiertes Handeln möglich ist, von welchen Faktoren effektives wissensbasiertes Handeln abhängt und wie sich Training bzw. weitere Vorkehrungen generell auf das Handeln unter Stress auswirken. Zu den Bedingungen effektiven, wissensbasierten Handelns gehört auch die Vorkehrung, Problemlösestrategien zu trainieren, um im Ernstfall die ad-hoc Entwicklung einer neuartigen Vorgehensweise zur Meisterung einer bislang nicht aufgetretenen Situation zu unterstützen (siehe die Begriffsbestimmungen zu den Ebenen der Handlungsregulation im vorangegangenen Abschnitt).

Zu diesen Fragestellungen hat die Sichtung des empirischen Erkenntnisstandes folgende Ergebnisse erbracht:

- Die empirischen Erkenntnisse zum Problemlösen unter Stress sind uneinheitlich. Personen können auch unter Lebensgefahr wissensbasiert handeln und die lebensbedrohliche Situation auf eine bisher nicht bekannte Weise meistern (/HAM 00/, S. 77 f.). Untersuchungen unter laborexperimentellen Bedingungen zeigen, dass Stress Problemlösen nicht beeinträchtigt, wenn es vor allem Wissen aus dem Langzeitgedächtnis beansprucht. Sind jedoch Probleme mit anspruchsvollen räumlichen Orientierungsaufgaben zu lösen, die das Arbeitsgedächtnis stark in Anspruch nehmen, sind Leistungseinbußen zu erwarten (vgl. /STO 94/, S. 63). Dörner und Pfeiffer zeigen, dass gestresste und nicht gestresste Probanden das selbe Problem mit gleichwertigen Endergebnissen lösen, sich aber deutlich in der Art und Weise unterscheiden, wie sie das Ergebnis erzielen: Die gestressten Probanden gehen weniger genau, sondern „holzschnittartiger“ vor. Sie sind dadurch nicht gestressten Probanden sogar überlegen, was das Erkennen der Grundzüge der Problemsituation und die Setzung der richtigen Schwerpunkte des Handelns betrifft (vgl. /DOE 91/, S. 25, 29). Jedoch ist auch das Vorgehen ungenauer und mehr auf kurzfristige Erfolge als auf langfristige Wirkungen ausgerichtet (siehe /DOE 91/, S. 32). Solche Erfolge haben auch eine emotionale und motivationale Funktion: Sie stärken das Gefühl, der Situation gewachsen zu sein (siehe /DOE 91/, S. 32). Kurz: Gleichartige Endergebnisse können auf unterschiedliche Weise und mit unterschiedlichen Fehlermöglichkeiten erzielt werden. Auch verursacht Stress nur nicht Leistungsminderungen, er verändert vielmehr in systematischer Weise den Prozess der Leistungserbringung.
- Unter Stress neigen die Betroffenen dazu, an Problemlösungen selbst dann festzuhalten, wenn sie sich als nutzlos erweisen (vgl. /STA 14/, S. 25).
- Die gesichteten Untersuchungen haben keine empirischen Erkenntnisse zum Training von Problemlösungsstrategien als Vorkehrung gegen Stress erbracht.

### **c) Evidenz zu sonstigen Leistungen unter Stress**

Die Mehrzahl der empirischen Studien behandelt Wechselwirkungen zwischen Stress und Handeln bzw. kognitiven Aspekten der Handlungsregulation. Zur besseren Übersicht ist die nachfolgende Darstellung einschlägiger Erkenntnisse in drei Gruppen gegliedert. Sie fassen die Evidenz zum Gesetz von Yerkes und Dodson, zu stressbedingten Änderungen im kognitiven Bereich und zu Arbeitshandlungen unter Stress.

### *Evidenz zum Gesetz von Yerkes und Dodson*

Das Yerkes-Dodson-Gesetz unterstellt einen umgekehrt U-förmigen Zusammenhang zwischen Stress und menschlicher Leistung. Mit wachsendem Stress erhöht sich die Leistung zunächst auf ein Optimum im Bereich mittleren Stress und sinkt dann wieder umso stärker ab, je mehr der Stress zunimmt. Grundlage des Yerkes-Dodson-Gesetzes sind Tierversuche, die auf den Humanbereich verallgemeinert worden sind. Das Yerkes-Dodson-Gesetz gehört zu den Grundlagen der Stressbewertungsmethode von Swain (siehe Abschnitt 3.1.3).

Die Diskussion um die Gültigkeit des Yerkes-Dodson-Gesetzes ist kontrovers verlaufen. Als wesentliche Schwäche wird herausgestellt, dass dieses Gesetz keine Erklärung enthält, wie Anspannung und Leistung zusammenhängen (/MAT 00/, S. 168). Die vorliegende Evidenz ist inkonsistent (vgl. /MAT 00/, S. 168). Grundsätzliche Zweifel bestehen am behaupteten, umgekehrt U-förmigen Zusammenhang zwischen Anspannung und Leistung. Näätänen hält ihn für ein Ergebnis fehlerhafter Untersuchungen und betrachtet eine negativ beschleunigte Zunahme der Leistung mit wachsender Aktivierung als wahrscheinlich (nach /HAC 14/, S. 248). Hancock und Warm halten zwar am umgekehrt U-förmigen Zusammenhang zwischen Stress, den sie als Reaktion auf Anforderungen verstehen, und Leistung fest, nehmen aber an, dass der mittlere Bereich des U sehr breit ist (vgl. /HAN 89/). Das bedeutet, dass der Handelnde in der Lage ist, die gleiche Leistung zu erbringen, auch wenn der Stress, unter dem er handeln muss, sehr unterschiedliche Ausprägungen aufweist. Statt der umgekehrt U-förmigen Lage also eine umgekehrt „Badewannen-förmige“ Funktion vor. Leistungseinbußen würden diesem erweiterten U-förmigen Modell zu Folge nur dann eintreten, wenn Stress extrem hoch oder extrem niedrig ausfällt. Empirische Erkenntnisse aus dem Militärbereich werden als Beleg dieses Modells betrachtet (vgl. /HAR 08/, S. 110).

### *Evidenz zu kognitiven Prozessen im Allgemeinen*

Ein großer Anteil der Studien hat Fragestellungen zu kognitiven Prozessen unabhängig von Aufgaben aus der realen Arbeitswelt untersucht. Das Ziel war in der Regel die laborexperimentelle Überprüfung bestimmter theoretisch wichtiger Fragestellungen. Verschiedene Sammeldarstellungen gehen auf die Problematik ein, dass die laborexperimentellen Untersuchungsbedingungen möglicherweise nicht als Stressoren gewirkt haben und dass die Erkenntnisse aus den laborexperimentellen Aufgaben nicht ohne

weiteres auf die Arbeitswelt übertragbar sind (siehe auch Abschnitt 3.2.1). Man kann die wesentlichen Erkenntnisse aus den Untersuchungen wie folgt zusammenfassen:

- Es fehlen empirische Untersuchungen, wie die Beurteilung eines Stressors im Einzelnen auf den Ressourceneinsatz wirkt (vgl. dazu /STO 94/, S. 58 und /STA 14/, S. 32).
- Eine Reihe von Untersuchungen hat gezeigt, dass sich Stress systematisch auf verschiedene kognitive Leistungen auswirkt:
  - Stressbedingte Einengungen der Aufmerksamkeit waren Gegenstand vieler Untersuchungen. Gestresste Personen nutzen weniger Informationen, als sie für ihr Handeln und ihre Entscheidungen nutzen könnten (siehe /STA 04/, S. 33ff, /KAV 05/ S. 17). Informationen am Rande des Gesichtsfeldes bleiben eher unbeachtet (vgl. /KAV 05/, S. 17). Zudem richtet sich die Aufmerksamkeit eher auf Informationen auffälliger Art (siehe /KAV 05/, S. 17). „Auffällig“ sind z. B. Signale bzw. Objekte, die laut, räumlich nahe oder hell sind, sich schnell bewegen oder aus Sicht der Person wichtig sind (vgl. /STO 94/, S. 68). Die empirische Aufmerksamkeitsforschung belegt, dass die Bearbeitung geübter Aufgaben generell mit weniger Fehlern im Bereich der Aufmerksamkeit einhergeht (siehe /STA 14/, S. 15).
  - Verschiedene Untersuchungen zeigen ferner, dass Menschen unter Stress generell weniger genaue Unterscheidungen treffen und Sachverhalte gröber kategorisieren (vgl. /STO 94/, S. 60 und /HAM 00/, S. 175 ff.).

Es hängt von den genauen Anforderungen der konkreten Aufgaben ab, ob die Effekte eingengter Aufmerksamkeit und gröberer Unterscheidungen bzw. Kategorisierungen positiv oder negativ zu beurteilen sind (dazu /STA 04/, S. 44, /STA 14/, S. 10): Konzentriert sich die Person auf die objektiv wichtigen Informationen, z. B. über die Gefahrenquelle, und genügen näherungsweise richtige Informationen, können Aufgaben unter Stress sogar schneller und effizienter bearbeitet werden als ohne Stress. Stützt die Person dagegen ihr Handeln auf ungenügende oder ungeeignete Informationen oder kommt es auf die genaue Beachtung feiner Unterschiede an, können die beschriebenen Stresseffekte zu Fehlern führen.

Man muss auch damit rechnen, dass die Leistung bei Aufgaben zurückgeht, die eine dauerhafte Aufrechterhaltung der Aufmerksamkeit erfordern (vgl. /STA 04/, S. 37 ff, /STA 14/, S. 14). Das belegen Untersuchungen u. a. mit Mathematikauf-

gaben, logischen Schlussfolgerungen, wiederholter Ausführung einer bestimmten Reaktion, Überwachungsaufgaben und Vergleichen, die zwischen wahrgenommenen Objekten anzustellen sind.

Staal weist darauf hin, dass die Autoren der Studien nur selten überprüft haben, ob die Teilnehmer ihrer Untersuchungen tatsächlich unter Stress gestanden haben (vgl. /STA 04/, S. 44). Es ist also nicht auszuschließen, dass die Versuchsbedingungen, die als Stressoren wirken sollten, gar nicht als solche gewirkt haben. Ein Gutteil der Untersuchungen könnte also gar keine Ergebnisse über den Zusammenhang von Stressor, Kognition und Leistung erbracht haben.

- Unter Stress konzentriert sich der Betroffene stärker auf das „Hier und Jetzt“ (vgl. /STA 14/, S. 17). Er stützt sich bevorzugt auf Informationen aus bzw. über unmittelbare Gegenwart und jüngste Vergangenheit. Informationen außerhalb dieses Zeithorizonts werden dagegen eher vernachlässigt (siehe /STA 14/, S. 17). Mögliche Folgen bestehen darin, die Situation falsch zu verstehen und (oder) das Handeln falsch zu planen, weil zum einen Informationen, die bezogen auf den engen Zeithorizont „zu lange“ zurück liegen, außer Acht bleiben. Die Entwicklung der Situation und die zugrundeliegenden Kausalketten werden u. U. nicht ausreichend genau erfasst. Auch werden Art, Ergebnis und Folgen länger zurückliegender Handlungen nicht genau genug berücksichtigt. Zum anderen treibt der Betroffene seine Planung weniger weit in die Zukunft voran als in stressfreien Situationen. Planen und Handeln können also weniger vorausschauend sein.
- Wissen „scheint“ aus dem Langzeitgedächtnis auch unter Stress gut abrufbar zu sein (vgl. dazu /STO 94/, S. 65). Ohne diese Bedingung wären Training und Praxis ja auch keine effektiven Vorkehrungen. Wie Beobachtungen belegen, besteht aber die Gefahr der „Regression“ (siehe /STO 94/, S. 65). D. h. der Betroffenen erinnert und nutzt Vorgehensweisen, Strategien und gedankliche Modelle, die er vor langer Zeit gelernt hat und die u. U. nicht mehr aktuell oder zu grob sind. Durch Regression „überspringt“ der Betroffene per Definition die Kenntnisse und Erfahrungen, die er zwischenzeitlich erworben hat. Die Folge können inadäquate Handlungspläne, Entscheidungen, Prioritäten usw. sein.
- Urteils- und Entscheidungsverhalten sind ein wichtiges Thema der empirischen Stressforschung. Die Ergebnisse belegen Beeinträchtigungen (vgl. /STA 04/, S. 76). Betroffene greifen unter Stress stärker auf „Heuristiken“ zurück (siehe /HAM 00/, S. 191 und /KAV 05/, S. 18). Darunter versteht man vereinfachende

Strategien und Vorgehensweisen zur Entscheidungsfindung. Im Vergleich zu stressfreien Situation ist eine erschöpfende und systematische Berücksichtigung der Handlungsalternativen weniger wahrscheinlich (vgl. /KAV 05/, S. 18). Weitere Effekte bestehen darin, Entscheidungskriterien zu lockern, weniger Zeit und Aufmerksamkeit aufzuwenden, größere Unsicherheiten zu tolerieren und Information, die gegen eine Entscheidung spricht, eher zu vernachlässigen (siehe /HAM 00/, S. 190). Auch wechseln die Betroffenen weniger leicht zu alternativen Strategien der Entscheidungsfindung (siehe /STA 14/, S. 25).

- Die Betroffenen können im Extremfall auf Stress dadurch reagieren, dass sie die Ausführung eingeübter, routinierter Handlungen zur Erfüllung einer vertrauten Aufgabe mit umfangreichen Überlegungen verbinden, ob ihr Vorgehen wirklich richtig sei und allen Aspekten der Situation gerecht werde (sogenanntes „choking“). Diese Überlegungen verlangsamen oder vereiteln das routinierte Vorgehen (vgl. /STA 14/, S. 39). Training mit stresserzeugenden Szenarien kann entgegenwirken (siehe /STA 14/, S. 40). Generell ist damit zu rechnen, dass die Bearbeitungszeit der Aufgaben deutlich ansteigt (siehe dazu /HAM 00/, S. 177 und /KAV 05/, S. 18).

#### *Evidenz zu Arbeitshandlungen*

Einschlägige Untersuchungen stammen meist aus dem Bereich der Verkehrsluftfahrt. Sie haben zu den folgenden Erkenntnissen geführt:

- Verschiedene Studien belegen, dass die Betroffenen unter Stress ihr Herangehen an die Bearbeitung anstehender Aufgaben ändern:
  - Piloten konzentrieren sich auf Informationen, die aus ihrer Sicht für die Hauptaufgabe die zentrale Bedeutung haben. Sie schränken die Nutzung derjenigen Informationen ein, die zu Nebenaufgaben gehören oder für die Erfüllung der Hauptaufgabe in ihren Augen keine herausgehobene Bedeutung haben (siehe /STA 14/, S. 27).
  - Stehen mehrere Aufgaben zur Bearbeitung an, werden Aufgaben umso weiter hintangestellt, je geringer ihre Wichtigkeit aus Sicht des Handelnden ist. Das zeigen Untersuchungen mit Piloten (vgl. /STA 14/, S. 27).
  - Steigt die Arbeitslast von Fluglotsen, beschränken sie ihre Kommunikation mit Flugzeugbesatzungen mehr und mehr auf dasjenige Minimum an Information, das für die Sicherheit unabdingbar ist. Die Kommunikation der anderen Informationen geht dagegen mehr und mehr zurück (vgl. /STA 14/, S. 28).

Solche Anpassungsstrategien unterstützen die Aufgabenerfüllung trotz steigender Anforderungen, schließen aber auch Risiken und Fehlermöglichkeiten ein (/STO 94/, S. 72). Man denke z. B. an die Auslassung von Aufgaben oder Aufgabenteilen, falsch gesetzte Prioritäten und die Abhängigkeit des Handelns von der Zuverlässigkeit einiger weniger Informationen.

- Untersuchungen an Soldaten in Manövern zeigen ebenfalls, dass die Probanden unter Stress (und Erschöpfung) Aufgaben mit Prioritäten versehen und ihre Ressourcen auf die vorrangigen Aufgaben konzentrieren (vgl. /HAR 05/, S. 127).
- Erfahrung, Training und Vertrautheit fördern die effektive Verarbeitung aufgabenbezogener Informationen und ein gutes Entscheidungsverhalten, wie vor allem Untersuchungen an Piloten zeigen (dazu siehe /STA 04/, S. 61, /STA 14/, S. 36 f.).
- Panik kann die Ausführung trainierter und damit regelbasierter Verhaltensweisen verunmöglichen. Das zeigen die Nachuntersuchungen von Unfällen, die Fallschirmspringer erlitten haben (vgl. /STA 14/, S. 42, siehe auch oben unter „Affekt, Stress und Handeln“).
- Die Zuverlässigkeit manueller Pilotentätigkeiten nimmt umso mehr ab, je größer eine Gefahr ist. Erfahrung und Training wirken diesen Einbußen entgegen, verhindern sie aber nicht (siehe /STO 94/, S. 55 ff.). Untersuchungen zu psychomotorischen Aufgaben belegen „konsistent“ Beeinträchtigungen durch Stress (vgl. /STA 04/, S. 66). Dies gilt besonders für das Handgeschick und die Feinmotorik (vgl. /STA 04/, S. 66).

Verschiedene Untersuchungen im Militärbereich haben nicht die Leistung der Soldaten bei ihren soldatischen Aufgaben im Manöver, sondern bei Aufgaben in Tests untersucht. Zu bearbeiten waren Reaktionszeitaufgaben, einfache Merkleistungen, logisches Schließen, Rechenaufgaben usw. Stressor waren die Manöverbedingungen, wie z. B. Hitze. Ein Vergleich der Testergebnisse vor und nach dem stressigen Einsatz belegt einen signifikanten Anstieg der Reaktionszeiten um Millisekunden, aber keine signifikanten Unterschiede der Leistung in den anderen Aufgaben (siehe /HAR 03/, S. 1953). Die Ergebnisse beruhen auf kleinen Stichproben, auch ist unklar, welche Zusammenhänge mit realen Aufgaben bestehen: Reaktionszeitunterschiede im Bereich von Millisekunden spielen für die rechtzeitige Reaktion auf einen Alarm in einer realen Aufgabe sicherlich eine sehr untergeordnete Rolle. Zudem hat die Untersuchung nach der Stresssituation stattgefunden. Die Ergebnisse könnten also nicht nur

von der eben erlebten Stresssituation, sondern auch davon abhängen, wie die Probanden auf das Ende dieser Situation reagieren (siehe Abschnitt 3.2.1).

#### **d) Weitere Stresseffekte**

Viele Aufgaben erfordern die Zusammenarbeit zwischen Personen und die wechselseitige Kontrolle des Handelns im Team. Es ist daher wichtig, stressbedingte Änderungen der Qualität zu betrachten, die Zusammenarbeit, Kommunikation und gegenseitige Kontrolle unter Stress aufweisen.

Die empirischen Erkenntnisse zeigen:

- Gestresste Personen sind eher bereit, sich unterzuordnen (vgl. dazu /KAV 05/, S. 19, 20). Die Aufgabenerfüllung erfordert also auch mehr ausdrückliche Anordnungen von Seiten der Führungskräfte mit entsprechendem Zeitaufwand für die Führungskräfte, Zeitverlusten durch das Warten der Geführten auf explizite Anweisungen und die Verkürzung der Zeitspanne, die Führungskräften und Geführten zur Verfügung steht, um sich mit der Situation selbst auseinanderzusetzen (siehe /STA 04/, S. 75 f.). Je mehr Zeit in die Koordination fließt, desto weniger steht für andere Sachaufgaben zur Verfügung. Je weniger der Einzelne bereit ist, Verantwortung zu übernehmen, desto weniger zeitnahe, eigenverantwortliche und flexible Reaktionen sind in der und auf die Situation zu erwarten. Gute Arbeitsgruppen sind gegen diesen Stresseffekt resistent bzw. in der Lage, ihre Aufgaben unter Stress ohne erhöhten Aufwand an expliziten Anweisungen von Seiten der Führungskräfte zu erfüllen (vgl. /STA 04/, S. 57 f.).
- Unter Stress wächst der Druck, an gemeinsamen Sichtweisen festzuhalten, Konsens zählt stärker und man sucht nach Rechtfertigungen für Entscheidungen, auch wenn sie suboptimal sind (nach /KAV 05/, S. 20). Es wird weniger auf ungewöhnliche Informationen geachtet (siehe /KAV 05/, S. 19). Sie könnte zur Quelle für Dissens werden.
- Gruppenmitglieder werden unter Stress empfänglicher für Informationen der anderen (vgl. /DRI 91/, S. 475 f.). Es kann aber auch das gemeinsame Verständnis der Situation und der Gründe verlorengehen, warum die anderen Personen in der Gruppe so handeln, wie sie handeln (siehe /STA 04/, S. 75 f.). Der Einzelne koppelt sein Denken und Handeln sozusagen von demjenigen der anderen Personen in der Arbeitsgruppe ab. Das bedeutet auch, dass die gegenseitige Kontrolle Beeinträchtigungen erfahren kann.

Die aufgezählten negativen Effekte scheinen in die gegensätzliche Richtungen zu wirken, sich einerseits stärker einzuordnen, sich andererseits aber auch von den anderen Personen zu isolieren. Eine übergreifende Erklärung könnte darin bestehen, dass der Einzelne nicht bereit ist, (Mit-) Verantwortung an der Erfüllung der Gruppenaufgabe zu übernehmen und eigene, insbesondere auch kritische Beiträge einzubringen.

### **3.3 Bewertung des Faktors Stress in Methoden der sogenannten zweiten Generation**

Unter Bewertungsmethoden der zweiten Generation versteht man solche, die kognitive Faktoren als einen Hauptgegenstand der Analyse und Bewertung in den Vordergrund stellen. Wichtige Methoden der zweiten Generation sind z. B. ATHEANA (*A Technique for Human Error Analysis*) /COO 96/, /FOR 04/, /FOR 07/, CREAM (*Cognitive Reliability Error Analysis Method*) /HOL 98/, HERMES (*Human Error Risk Management for Engineering Systems*) /CAC 00/, /CAC 04/ und MERMOS (*Méthode d'évaluation de la réalisation des missions operateurs pour la sûreté*) /LEB 98/, /LEB 04/.

Eine Sichtung dieser Methoden führt zu dem Ergebnis, dass zumindest in den veröffentlichten Dokumenten keine detaillierten Modelle der Kognition enthalten sind:

- „Modelle der Kognition sind nicht sehr detailliert ausgearbeitet. Der Anwender benötigt ein umfassendes Expertenwissen, um die Modelle für eine bestimmte Anwendung konkret ausformulieren und nutzen zu können.
- Bisherige Schwerpunkte der Anwendung waren Auslegungsstörfälle und Designprozesse. Das schließt eine Übertragung auf wissensbasiertes Handeln nicht aus. Dieser Schritt muss aber noch geleistet werden“ (vgl. dazu /FAS 10/, S. 13).

Mangels detaillierter Modelle bieten die aufgeführten Methoden keine Möglichkeiten, die Wechselwirkungen zwischen Kognition, Emotion, Motivation und Stress (siehe Abschnitt 3.1.4) anders als über Expertenurteile zu erfassen und zu bewerten. Daraus folgt unmittelbar der Bedarf an entsprechenden Methodenentwicklungen.

## **4 Methode für die Analyse und Bewertung der Zuverlässigkeit wissensbasierten Handelns unter Stress**

Das wesentliche Ziel der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in diesem Arbeitspunkt des Vorhabens RS1198 besteht darin, eine Methode bereitzustellen, mit der man den Beitrag des Faktors Stress zur Zuverlässigkeit wissensbasierten Handelns in einer probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA) und darüber hinaus auf der Grundlage aktueller fachwissenschaftlicher Erkenntnisse analysieren und bewerten kann. Die nachfolgenden Abschnitte stellen die fachlichen Grundlagen der Methode, die Anlagenbegehung zur Vorbereitung der Analyse und Bewertung sowie die Analyseschritte und das Verfahren für die Bewertung vor.

### **4.1 Fachliche Grundlagen der Analyse- und Bewertungsmethode**

Die vorliegende Analyse- und Bewertungsmethode nutzt als fachwissenschaftliche Grundlagen

- ein Modell der Handlungsregulation, welches in Übereinstimmung mit den einschlägigen empirischen Erkenntnissen erklärt, wie Stressoren wirken,
- die wesentlichen, empirisch belegten Effekte, die Stressoren auf das Handeln haben,
- einen Arbeitsbegriff für „Stress“, der die Quintessenz der theoretischen und empirischen Erkenntnisse für den Nicht-Fachmann zum Ausdruck bringt,
- eine Unterscheidung zwischen vernachlässigbarem, erhöhtem und hohem Stress sowie,
- eine bereits bestehende Methode für die Analyse und Bewertung wissensbasierter Handlungen /FAS 10/, die den Faktor „Stress“ bisher nicht berücksichtigt hat.

Darüber hinaus erfolgt eine vorläufige Einschränkung des Anwendungsbereichs der Methode auf nicht-dynamische probabilistische Sicherheitsanalysen. Fachliche Grundlagen und Anwendungsbereich werden nun im Einzelnen vorgestellt.

#### 4.1.1 Modell der Handlungsregulation

„Handlungsregulation“ steht für die emotionalen, kognitiven und motivationalen Prozesse der zielgerichteten Auseinandersetzung mit einer Handlungssituation (siehe Abschnitt 3.1.2). Es werden dabei die drei Ebenen des wissens-, regel- und fertigkeitbasierten Handelns bzw. Verhaltens unterschieden.

Die Sichtung des theoretischen und empirischen Erkenntnisstandes hat gezeigt, dass Stress trotz einer großen Akzeptanz des transaktionalen Stressmodells von Lazarus /LAZ 06/ (siehe auch Abschnitt 3.1.3) zu den Aspekten menschlichen Handelns zählt, die in vielen Punkten noch genauer untersucht werden müssen. Folgende Feststellungen sind aber als gesichert anzusehen und als Grundlage der angestrebten Methode für die Analyse und Bewertung des Faktors Stress nutzbar:

- Handeln unter Stress hängt von den psychischen Prozessen der Handlungsregulation unter der Einwirkung von Stressoren ab. „Stressoren“ heißen alle Merkmale einer Handlungssituation, die für den Handelnden eine Bedrohung darstellen oder mit wichtigen Zielen, Bedürfnissen oder Erwartungen des Handelnden in Konflikt stehen. Beispiele sind u. a. Gefahren für Leben und Gesundheit des Handelnden und anderer Personen, Umweltschäden, ein Verlust an beruflichem Ansehen und (oder) an Selbstachtung, die Gefährdung des weiteren beruflichen Fortkommens oder wirtschaftliche Verluste, aber auch plötzliche unerwartete Veränderungen der Situation, ein erwartungswidriges Verhalten der Anlage oder widersprüchliche Anweisungen (siehe auch /SWA 83/, S. 3-33, 17-9 f.).
- Unabhängig von ihrer konkreten Art sind Stressoren Zustände oder Vorgänge, die negative Affekte, Emotionen oder Gefühle auslösen. „Affekt“, „Emotion“ und „Gefühl“ dienen im Weiteren als austauschbare Begriffe.
- Der Handelnde hat die negativen Emotionen infolge einer Bedrohung usw. soweit zu überwinden, dass er sein Wissen und Können einsetzen kann, um einen Weg zu finden, mit dem er die Stresssituation meistern oder abmildern und seine Aufgaben in der Situation so gut wie möglich erfüllen kann (siehe Abschnitt 3.1.4 zur Wichtigkeit der Affektbewältigung für die Handlungsregulation). Wissen und Erfahrung unterstützen die Überwindung negativen Affekts, die notwendig ist, um hinreichend rational handeln zu können. Jedoch können auch hochgeübte Personen unter Stress in einen emotionalen Zustand geraten und verbleiben, der rationales Denken und Handeln verunmöglicht.

Als Modell der Handlungsregulation dient die empirisch überprüfte Theorie der Persönlichkeit-System-Interaktionen von Kuhl //KUH 10//, die in der vorliegenden Methode mit Hackers empirisch fundierten Erkenntnissen über die Ebenen und Phasen des Handelns zur Erfüllung von Aufgaben und mit dem ebenfalls empirisch bewährten Stressmodell von Lazarus verbunden worden ist /HAC 05/, /HAC 14/, /LAZ 06/). Die weitere Beschreibung der Analyse- und Bewertungsmethode ist so abgefasst, dass man sie ohne detaillierte Kenntnis der Arbeiten von Kuhl und Hacker nutzen kann. Der Methoden-anwender sollte nur beachten, dass die gewichtige Rolle der Affekte in dieser Methode durch Kuhls Handlungsregulationstheorie in Verbindung mit den Stressbegriffen aus Abschnitt 3.1.3 begründet ist (siehe auch Abschnitt 3.1.4).

#### **4.1.2 Wesentliche empirische Erkenntnisse**

Die empirische Stressforschung zeigt, dass das Handeln unter der Einwirkung eines Stressors nicht zwangsläufig zu Ergebnissen führt, die denjenigen des Handelns ohne Einwirkung des Stressors unterlegen sind (Abschnitt 3.2). Es kommt also wesentlich darauf an, wie sich das Handeln und die zugrundeliegenden Handlungsregulationsprozesse unter der Wirkung des Stressors ändern und ob mit diesen Änderungen oder trotz dieser Änderungen die Anforderungen der Aufgabe prinzipiell erfüllbar sind. Ein Großteil der empirischen Studien hat diese Möglichkeit nicht beachtet, sondern sich damit begnügt, Stresseffekte unabhängig davon zu untersuchen, ob diese Effekte die Erfüllung einer beruflichen Aufgabe, z. B. im Bereich der Flugzeugführung, beeinträchtigen oder nicht. Dazu kommt, dass selten überprüft worden ist, ob die Teilnehmer einer Untersuchung tatsächlich eine Stresssituation erlebt haben, die Untersuchungen also aussagekräftige Ergebnisse zu Stress erbracht haben.

Bestimmte Effekte werden aber immer wieder als Ergebnis aus Laborexperimenten, Feldstudien und Nachuntersuchungen realer Stresssituationen berichtet. Analyse und Bewertung werden diese nachfolgend aufgeführten Effekte auf jeden Fall einbeziehen.

- Auch in extremen Stresssituationen sind erfolgreiche wissensbasierte Handlungen nicht von vornherein auszuschließen.
- Unter Stress besteht die Tendenz, weniger genau oder, im Gegenteil, besonders skrupulös vorzugehen.
- Kooperation und Kommunikation im Team verändern sich: Die Arbeit in weniger stressresistenten Teams erfordert mehr explizite Anweisungen. Konsens ist wich-

tig, gleichzeitig erfahren gegenseitige Kontrolle und das wechselseitige Verständnis, warum wer was wann tut, Beeinträchtigungen. Teams können solche Einbußen aber auch widerstehen.

- Ferner gibt es die Tendenz, Aufgaben umso weiter hintanzustellen, je weniger wichtig sie aus der Sicht des Handelnden sind.
- Der Handelnde erlebt einen Stressor als weniger gefährlich, bedrohlich oder frustrierend, wenn er mit dem Stressor vertraut ist und (oder) Möglichkeiten sieht, Intensität, Dauer, Häufigkeit und/oder Eintrittszeitpunkt des Stressors zu kontrollieren. Vertrautheit und Kontrollierbarkeit sind Ergebnis entsprechender Kenntnisse und Erfahrungen.
- Training und Erfahrung dämpfen generell die Wirkung eines Stressors. Sie schließen aber nicht aus, dass Panik und kopfloses Handeln als Folge unkontrollierter Affekte bzw. gescheiterter Affektbewältigung auftreten.
- Handeln unter Stress erfordert in mehr oder minder großem Umfang die Zurückdrängung negativer Gefühle und störender Gedanken, auch wenn weder Panik noch Konfusion vorliegen.
- Psychomotorische Leistungen erfahren unter Stress trotz Training Beeinträchtigungen, die aber geringer ausfallen als die Einbußen bei untrainierten psychomotorischen Leistungen. „Psychomotorik“ bezeichnet die willkürlichen, zielgerichteten Bewegungen (z. B. /DOR 94/, S. 617). Psychomotorische Leistungen liegen u. a. dem Ablesen von Instrumenten, der Betätigung von Stellteilen, Reparaturhandlungen, der Nutzung von Werkzeugen usw. zugrunde.

Empirische Untersuchungen haben zahlreiche quantitative Ergebnisse zu diesen und anderen Stresseffekten erbracht. Die Nutzung dieser Resultate ist aber problematisch, weil (wie zum Teil bereits gesagt)

- oft nicht nachgeprüft worden ist, ob die Untersuchungsteilnehmer tatsächlich unter Stress gestanden haben,
- viele Untersuchungen dazu dienen, spezielle, theoretische Fragestellungen zu überprüfen, ohne auf praktisch direkt nutzbare Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen Stress, Zeitbedarf für Handlungen und Handlungszuverlässigkeit abzu zielen,

- Laborexperimente und Feldstudien aus ethischen Gründen auf Stressoren beschränkt sind, die den Teilnehmern der Untersuchung keinen Schaden zufügen,
- Nachanalysen realer Stresssituationen in erster Linie darauf abzielen, Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge unter Berücksichtigung des Faktors Stress herauszuarbeiten ohne die gewonnenen Erkenntnisse statistisch auszuwerten,
- die Ergebnisse mit einer Vielfalt unterschiedlicher Aufgaben, Probandenkollektive und Methoden erzielt worden sind. Zwar gibt es metaanalytische Verfahren, um Ergebnisse unterschiedlicher Untersuchungen zu verknüpfen /VIE 10/. Ihre Anwendung hätte aber den Rahmen des Vorhabens gesprengt.

Aus diesem Gründen werden Expertenurteile für die Bewertung des Faktors Stress eine wesentliche Rolle spielen.

Stressoren bewirken Änderungen handlungsregulatorischer Aktivitäten und der darauf beruhenden Handlungen. Psychische Prozesse der Handlungsregulation entziehen sich der direkten Beobachtung. Sie müssen also aus den beobachtbaren Stressoren, dem beobachtbaren Tun oder Lassen der gestressten Personen, ihren Antworten auf Fragen, sonstigen beobachtbaren Leistungen und dem Zeitablauf des Handelns erschlossen werden. Somit sind für die Analyse und die Bewertung des Beitrags, den Stress zur Handlungszuverlässigkeit leistet, intensiv alle Möglichkeiten detaillierter Beobachtung und Befragung der Handelnden zu nutzen (siehe dazu die Ausführungen zur Anlagenbegehung, Abschnitt 4.2).

#### **4.1.3 Arbeitsbegriff für „Stress“ und Folgerungen für die Methode**

Der Arbeitsbegriff fasst die Merkmale zusammen, die Stress auszeichnen und auf die der Methodenanwender zu achten hat, wenn er Anlagenbegehungen, Analysen und Bewertungen durchführt. Dieser Arbeitsbegriff lautet wie folgt:

*Stress ist die emotionale und kognitive Reaktion des Betroffenen auf Situationen, in denen er handeln muss, die er als bedrohlich oder zumindest als Quelle für Widerwillen erlebt und an die er sein Handeln nach Überwindung einer eventuellen Phase der Panik oder Konfusion auf bestmögliche Weise anpasst, um, so gut es geht, seine Aufgaben zu erfüllen, seine Ziele zu erreichen und die Situation, in der er sich befindet, zu meistern. „Stress“ und „Stressreaktion“ dienen als austauschbare Begriffe.*

Die emotionale Reaktion kann von der zumindest anfänglichen, im Extremfall aber auch fortdauernden Panik oder Konfusion mit der möglichen Folge kopflosen Handelns bis zu negativen Gefühlen und Gedanken reichen. Man denke z. B. an das Hadern mit dem „bösen Schicksal“, Opfer der Situation zu sein. Diese negative emotionale Reaktion kann die sachgerechte Auseinandersetzung mit der Situation mehr oder minder lange verzögern (im Extremfall auch vereiteln) und ist daher vom Betroffenen soweit zurückzudrängen, dass er systematisch denken und handeln kann. Im kognitiven Bereich führt Stress in dem Rahmen, den die noch nicht eingedämmten, negativen Emotionen lassen, dazu, Mittel und Wege zu suchen, um den Anforderungen der Stresssituation gewachsen zu sein und diese Situation zu bewältigen. Stress motiviert also, Wissen, Können und Ressourcen anzubieten, um Stresssituationen und Aufgaben in der Stresssituation zu meistern.

Ein wesentliches Kennzeichen der vorliegenden Methode besteht also darin, die emotionale Bewältigung der Stresssituation, die systematischen, aber auch fehlerträchtigen Änderungen des Handelns bei der Auseinandersetzung mit der Stresssituation und die Folgen dieser Aktivitäten für die Zuverlässigkeit der Aufgabenerfüllung zu erfassen. Diese Folgen für die Zuverlässigkeit können sehr vielschichtig sein. Man betrachte z. B. die Konzentration auf die objektiv wichtige Information: Diese Konzentration wirkt Fehlern durch die Nutzung ungeeigneter Informationen entgegen. Sie kann mit Zeitgewinnen einhergehen, wenn die Bearbeitung unwichtigerer Informationen entfällt. Diese Zeitgewinne können dazu beitragen, dass die Person sich für andere Teile der Aufgabe mehr Zeit nimmt und sorgfältiger vorgeht. Andererseits wird das Handeln für Fehler anfälliger, die im Zuge der Nutzung der wichtigen Information denkbar sind. Ein Ablesefehler bleibt eher unbemerkt, wenn die abgelesene Information nicht an weiteren Anzeigen überprüft wird. Die vorliegende Methode ist darauf ausgelegt, solche und ähnliche „komplexe“ Wirkungen des Faktors Stress zu erfassen.

#### **4.1.4 Stresshöhe**

Stress kann mehr oder minder hoch ausfallen und sich je nach Höhe auf das weitere Handeln unterschiedlich auswirken. Die vorliegende Methode sieht eine Unterscheidung zwischen erhöhtem, hohem und vernachlässigbarem Stress vor, die auf empirischen, fachwissenschaftlichen Erkenntnissen beruht (siehe Abschnitt 4.1.2):

- Erhöhter Stress entsteht in Situationen mit Stressoren, an die sich der Betroffene zumindest nach seiner Überzeugung soweit anpassen kann, dass er in der Lage

ist, seine Aufgabe so gut es geht zu erfüllen. Die Betroffenen haben nur störende Gedanken und negative Affekte, wie z. B. den Ärger, in diese Situation geraten zu sein, zu überwinden. Panisches und konfuses Handeln sind auszuschließen.

Die Situation löst also nicht die Befürchtung aus, die Kontrolle über diese Situation zu verlieren. „Kontrolle“ wird als bewährte und bewusste oder bewusstseinsfähige „Regel“ der Art verstanden: „Wenn ich X tue, dann verändere ich den Stressor bzw. seine Auswirkungen auf mich so, dass ich weniger oder gar nicht betroffen bin.“ (siehe Abschnitt 4.1.2).

- Hoher Stress liegt vor, wenn der Betroffene die Situation als eine persönliche Bedrohung erlebt und es zumindest anfangs für ungewiss hält, mit den Handlungsmöglichkeiten und Mitteln, die ihm in der Situation zur Verfügung stehen, in Stande zu sein, die bedrohliche Lage zu ändern. Ein „Umkippen“ in Panik und konfuses Handeln ist möglich.

Es kommt wesentlich darauf an, was der Betroffene als bedrohlich erlebt und was nicht. Anhaltspunkte für die Beobachtung und Befragung sind die oben exemplarisch aufgeführten Bedrohungen (siehe Abschnitt 4.1.1):

Gefahr für Leib und Leben, Ansehen, Selbstwertgefühl Umwelt und für Dinge mit hohem Wert. Die Bedrohung besteht auch deswegen, weil auf Seiten des Bedrohten große Unsicherheit besteht, ob er Handlungsmisserfolge und damit die gravierenden Konsequenzen des Scheiterns von sich abwenden kann. Der Betroffene kennt m.a.W. zumindest anfangs keine bewährten Regeln oder aussichtsreichen Vorgehensweisen, mit denen er in der Situation aller bisherigen Erfahrung nach die Kontrolle behalten oder wiederherstellen kann. Dies entspricht der Ausgangssituation wissensbasierten Handelns.

- Stresssituationen stehen Handlungssituationen gegenüber, in denen entweder Langeweile oder kein nennenswerter Stress vorliegt. Dies entspricht der Modellverstellung von Lazarus (vgl. dazu /LAZ 06/, S. 59, siehe auch Abschnitt 3.1.3). Der Einfachheit halber werden Lazarus' Kategorien des geringen und des fehlenden Stressses unter der Bezeichnung „nicht nennenswert“ oder „vernachlässigbar“ zusammengefasst.

Grundlage der Unterscheidung zwischen hohem und erhöhtem Stress sind die empirischen Erkenntnisse, dass Wissen, Training und vor allem auch die Veränderbarkeit des Stressors durch eigenes Handeln Stress mindert (siehe Abschnitt 4.1.2). Die Ab-

grenzung vom vernachlässigbaren Stress geht auf die Überlegung zurück, dass Situationen, die für den Handelnden völlig absehbar und routiniert beherrschbar sind, aus der Sicht des Handelnden und bis zum Beweis des Gegenteils keine unangenehmen, widerwärtigen oder bedrohlichen Überraschungen in sich bergen.

Der Methodenanwender beurteilt die Stresshöhe auf der Grundlage der Erkenntnisse, die er durch Beobachtung und Befragung der Betroffenen gewonnen hat. Während eines Handlungsablaufs sind Wechsel z. B. zwischen erhöhtem und hohem Stress und umgekehrt möglich, wenn der Handelnde die Überzeugung gewinnt oder verliert, einer Bedrohung ausgesetzt zu sein oder nicht. Der Methodenanwender muss also mögliche Wechsel der Stresshöhe berücksichtigen.

#### **4.1.5 Analyse und Bewertung wissensbasierten Handelns**

Die vorliegende Methode für die Analyse und Bewertung des Faktors Stress baut auf einer bereits bestehenden Methode für die Analyse und Bewertung wissensbasierten Handelns auf, die den Faktor „Stress“ bisher aber nicht berücksichtigt /FAS 10/. Diese bestehende Methode erfasst nicht alle Arten wissensbasierten Handelns. Die vorliegende Methode für den Faktor „Stress“ hat denselben Anwendungsbereich. Er hängt von einer Eingrenzung des Begriffs des wissensbasierten Handelns ab, die nachfolgend im Einzelnen beschrieben wird /FAS 10/, S. 32 ff.):

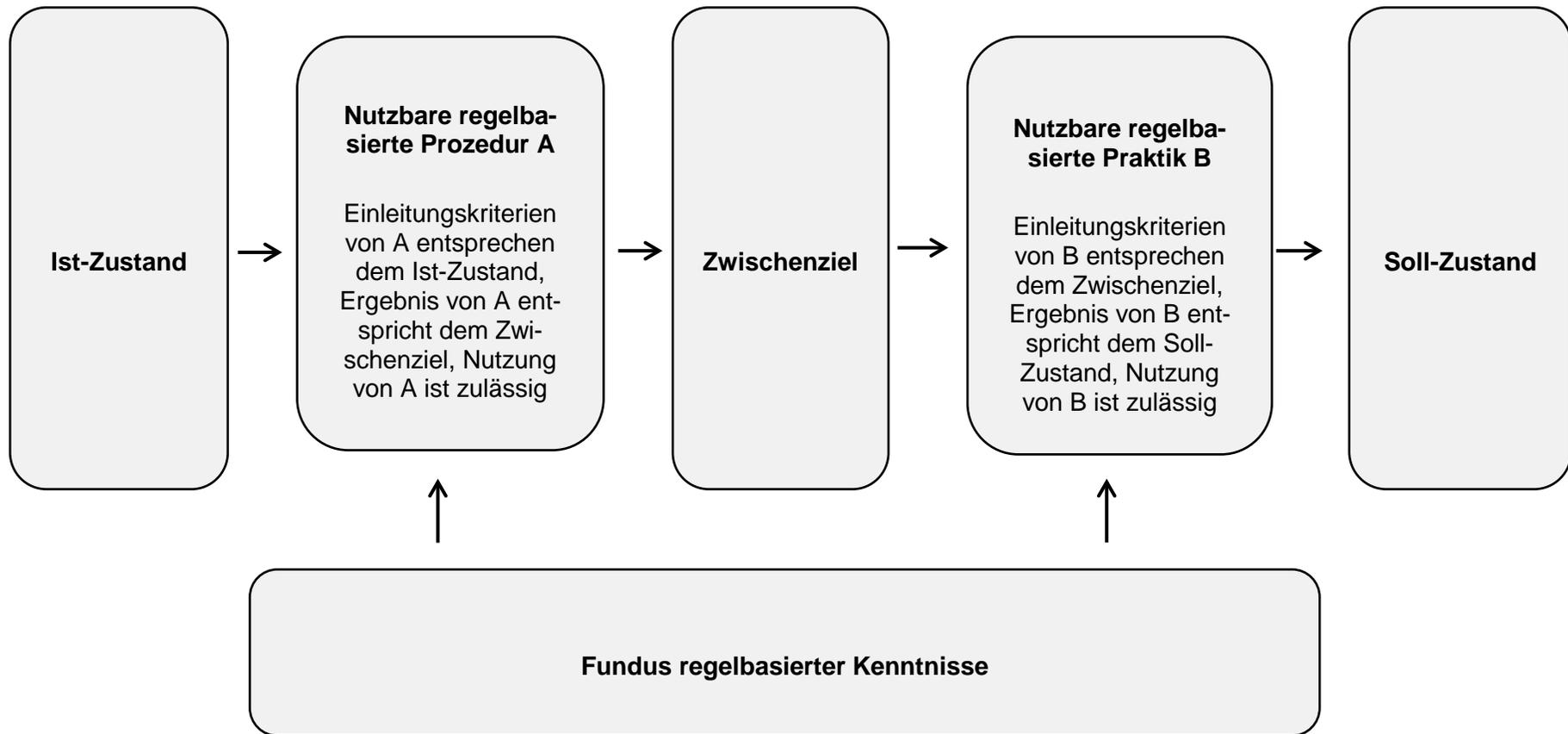
- Wissensbasiertes Handeln umfasst die Lösung eines Problems und die Ausführung der gefundenen Problemlösung.
- Ein Problem liegt vor, wenn der Handelnde ein Ziel anstrebt, aber zunächst nicht weiß, wie er das Ziel von der gegebenen Situation aus erreichen kann (z. B. /DUN 35/, S. 1 f.). Er muss also in der Problemsituation ad hoc einen Weg zum Ziel finden. Wissensbasiertes Handeln unterscheidet sich von einem regelbasierten Vorgehen mit anderen Worten dadurch, dass der Handelnde über keine vorab definierten, eingeübten Vorgehensweisen verfügt, die er nur erinnern und anwenden muss, wenn die Situationen anstehen, für die diese Vorgehensweisen entwickelt und trainiert worden sind. Grundlage des regelbasierten Vorgehens können schriftliche Prozeduren sein. Es ist aber auch möglich, dass ein regelbasiertes Handeln ausschließlich auf auswendig beherrschten Kenntnissen und Erfahrungen beruht.
- Wissensbasiertes Handeln kann die Anwendung regelbasierter Vorgehensweisen einschließen, wenn sich diese Vorgehensweisen zur Lösung des Problems oder

eines Teilproblems eignen und ihre Nutzung in der gegebenen Problemsituation sicherheitstechnisch zulässig ist. Die Nutzung eines regelbasierten Vorgehens ist dann wissensbasiert, wenn der Handelnde diese Anwendungsmöglichkeit ad hoc in der Problemsituation selbst entdecken muss. Das Vorgehen selbst bleibt regelbasiert, nur die Nutzung ist wissensbasiert. Sobald der Nutzer erkennt, dass das Vorgehen in der Situation zielführend ist, hat die Situation den Charakter eines Anwendungsfalles für die Vorgehensweise bekommen. Die Situation gehört m. a. W. ab sofort zu denjenigen, für die das Vorgehen ursprünglich entwickelt und trainiert worden ist. Das Vorgehen kann auch fertigkeitbasiertes Handeln einschließen, die Übergänge zwischen den beiden Ebenen des regel- und des fertigkeitbasierten Handelns sind fließend (siehe /RAS 83/, S. 259). Der Einfachheit halber wird im Folgenden nur der Begriff des regelbasierten Vorgehens verwendet, um Vorgehensweisen zu bezeichnen, die für bestimmte Situationen vorab geplant und trainiert sind.

- Ein wissensbasiertes Handeln kann also darin bestehen, den gesuchten Weg zum angestrebten Ziel dadurch zu „konstruieren“, dass regelbasierte Vorgehensweisen oder Teile regelbasierter Vorgehensweisen in zulässiger, bisher aber nicht vorgesehener Weise zum Einsatz kommen. Man denke z. B. an einen Eingriff vor Ort, der dem Personal aus Instandhaltungsarbeiten geläufig ist und der die bisher unerkannte Möglichkeit bietet, die Wirkung eines auf andere Weise nicht mehr korrigierbaren Fehleingriffs zu unterbinden. Erkennt das Personal nach so einem Fehleingriff diese Möglichkeit der Fehlerbeherrschung, hätte es eine Problemlösung durch Anwendung einer regelbasierten Vorgehensweise zur Bewältigung einer Situation gefunden, für die diese Vorgehensweise nicht vorgesehen und eintrainiert war. In die Entscheidung für die Nutzung dieser Lösung fließt auch das Wissen ein, wie lange die Durchführung des Eingriffs vor Ort einschließlich der Zeit für den Weg vor Ort und vorbereitende Handlungen wie die Beschaffung erforderlicher Schlüssel, Werkzeuge usw. normalerweise dauert.
- Neben dem Fachwissen aus Training und Praxis kommen prinzipiell noch andere Quellen für Einfälle und Problemlösungen infrage. Dazu gehören z. B. Kenntnisse aus Freizeitbeschäftigungen oder aus früheren Berufstätigkeiten auf anderen Technologie- und Handlungsfeldern. Die Methode des vorliegenden Projekts beschränkt sich jedoch auf Problemlösungen in Gestalt der neuartigen, sicherheitstechnisch zulässigen Anwendung regelbasierter Vorgehensweisen, die das Personal aus seiner Arbeit auf der kerntechnischen Anlage kennt und beherrscht. Diese Einschränkung hat den praktischen Grund, dass die Berücksichtigung aller sonsti-

gen Quellen für Problemlösungen den Rahmen der Analyse und Bewertung sprengen würde. Denn der Methodenanwender hätte sich mit allen diesen Quellen und ihren potentiellen Beiträgen zur Bearbeitung wissensbasierter Aufgaben in kerntechnischen Anlagen vertraut zu machen.

Die vorliegende Methode für die Analyse und Bewertung des Faktors „Stress“ konzentriert sich also auf wissensbasiertes Handeln in Form bisher nicht bekannter und nicht vorgesehener Anwendungen regelbasierter Vorgehensweisen zur Beherrschung einer Situation, für die kein Vorgehen geplant und eintrainiert worden ist. Abb. 4.1 veranschaulicht die (wissensbasierte) Nutzung regelbasierter Kenntnisse, um einen Ist-Zustand über ein Zwischenziel in den sicherheitstechnisch erforderlichen Soll- oder Ziel-Zustand zu überführen.



**Abb. 4.1** Nutzung regelbasierter Kenntnisse zur Überführung eines Ist-Zustands in den Soll- oder Ziel-Zustand über ein Zwischenziel

Fundus dieser Vorgehensweisen sind die Prozeduren des Betriebs-, Prüf- und Notfallhandbuchs und die darüber hinausgehenden, durch die Arbeit auf der Anlage erworbenen bzw. vertieften Fachkenntnisse des Personals, das Situationen zu beherrschen hat, die wissensbasiertes Handeln erfordern. Neben ganzen Prozeduren können auch nur Teile dieser Prozeduren in die Lösung eines Problems eingehen. Es ist also zulässig, zur Erfüllung einer wissensbasierten Aufgabe auch Teile regelbasierter Prozeduren oder Vorgehensweisen zu nutzen.

Der generische Begriff der regelbasierten Vorgehensweise bzw. des regelbasierten Vorgehens dient dazu, um sowohl die Prozeduren auf Betriebs-, Prüf- und Notfallhandbuch, als auch die nicht geschriebenen, aber routinierten Praktiken der Aufgabenerfüllung auf der Anlage zusammenfassend zu bezeichnen.

Die genutzte Quelle beschreibt auch den Prozess, mit dem der Handelnde die zunächst unbekannteste Vorgehensweise findet, um den Ist-Zustand in den angestrebten Soll- oder Ziel-Zustand zu überführen (siehe /FAS 10/, S. 3 ff.). Die folgenden Zitate geben die wesentlichen Schritte des Problemlösungsprozesses wieder. Weitere Erläuterungen sind in der genutzten Quelle zu finden. Sie geht auch auf die Gründe für die Auswahl des Modells, mit dem der Problemlösungsprozess erfasst und beschrieben wird (vgl. /FAS 10/, S. 33).

- Der Problemlösungsprozess *„...besteht darin, schrittweise Lösungsoptionen zu erarbeiten, die bestimmte Merkmale der Lösung vorwegnehmen. Im Erfolgsfall antizipieren die aufeinanderfolgenden Lösungsversuche sukzessive die Merkmale, die der Lösung eigen sein müssen. Im einfachsten Fall gelingt die Lösung in einem Schritt.*
- *Eine bestimmte Lösungsoption zeichnet sich durch die Art und Weise aus, wie sie den Übergang zum angestrebten Ziel und damit die Lösung des Problems bewirken kann. Duncker spricht vom ‚Funktionalwert‘ des Gegenstandes oder des Vorgehens, um die Art der Verwendung zu bezeichnen, mit der die Person die Lösung erreichen will (vgl. /DUN 35/, S. 5 f.).“* Der Funktionswert besteht mit anderen Worten aus den Eigenschaften, die ein Gegenstand und/oder ein Vorgehen in den Augen des Handelnden zu erfüllen haben, um Lösung zu sein. (siehe dazu /DUN 26/, S. 704 und /FAS 10/, S. 34). So hat der Eingriff in die Leittechnik, der oben als Mittel zur Beherrschung eines Fehleingriffs beschrieben worden ist, den Funktionalwert, ein System außer Eingriff zu nehmen, das durch den Fehleingriff irrtümlich in Betrieb gesetzt worden ist.

- „Der Lösungsprozess wird durch eine Suchstrategie vorangetrieben, die aus der Situations- und der Zielanalyse besteht.

- Die Situationsanalyse umfasst die beiden Teile der Konflikt- und der Materialanalyse:

*„Konflikt“ bezeichnet bei Duncker das Hindernis oder den Grund, warum ein Ziel zunächst nicht erreichbar ist. Das Nachdenken über die Ursachen des Konflikts fördert die Einsicht in die Natur des Problems und die Lösungsfindung. Nachdenken kann auch die Problemstellung selbst verändern, wenn man zum Beispiel erkennt, dass nicht ein Defekt, sondern eine vorrangige Automatik das Anlaufen einer Pumpe verhindert. Im Erfolgsfall führt die Konfliktanalyse dazu, die Gegebenheiten der Situation zu erkennen, die verändert werden müssen, um das Ziel erreichen zu können. Die Leitfrage bei der Konfliktanalyse lautet also: ‚Woran scheitert es, was muss ich verändern?‘ (vgl. /DUN 35/, S. 25). Der Funktionalwert stellt als Anforderung an den benötigten Gegenstand und/oder an das benötigte Vorgehen das positive Ergebnis der Auseinandersetzung mit dem Problem während der Konfliktanalyse dar (siehe /DUN 26/, S. 704).*

*„Material“ steht für alle Aspekte einer Situation, die sich zur Problemlösung nutzen lassen. Die Leitfrage der Materialanalyse lautet: ‚Was kann ich brauchen?‘ (siehe /DUN 35/ und weitere Quellen). Die Suche nach passendem Material wird zum einen von den Merkmalen vorangetrieben, die eine Lösung auszeichnen. ... Zum anderen kann das Material selbst Lösungsmöglichkeiten nahelegen. ...*

- Die Zielanalyse steht unter der Leitfrage ‚Was will ich eigentlich?‘ (vgl. /DUN 35/, S. 27). Dazu gehört auch die Frage, was man nicht will oder worauf man verzichten kann. Mit dem Ziel nimmt der Handelnde vorweg, was er genau erreichen will. Ein präzises Ziel fördert die genaue Erkenntnis des Hindernisses und damit die Suche nach Lösungen“ (/FAS 10/, S. 35).

Die vorliegende Methode für die Analyse und Bewertung des Faktors Stress nutzt weitere Teile der Methode für die Analyse und Bewertung wissensbasierten Handelns /FAS 10/. Auf diese Teile gehen die folgenden Ausführungen dort näher ein, wo diese Teile genutzt worden sind.

#### **4.1.6 Vorläufige Eingrenzung des Anwendungsbereichs der Methode auf nicht dynamische probabilistische Sicherheitsanalysen**

Die Methode unterstützt derzeit nur nicht-dynamische probabilistische Sicherheitsanalysen. Sie setzt also für die Zeitpunkte der Einleitung und Zeitaufwände für die Ausführung der Handlungen erwartete Werte an, ohne die zufälligen Schwankungen der Ausführungszeitpunkte und des Zeitbedarfs der einzelnen Handlungen zu berücksichtigen. Es ist Aufgabe zukünftiger Arbeiten, die zufällige Schwankungen der Ausführungszeitpunkte und des Zeitbedarfs der einzelnen Handlungen explizit einbeziehen, um dadurch die Methode für die Unterstützung dynamisch-probabilistischer Sicherheitsanalysen weiterzuentwickeln.

#### **4.2 Anlagenbegehung zur Vorbereitung der Analyse und Bewertung**

Die Anlagenbegehung dient dazu, möglichst umfassende und detaillierte Informationen für die anschließende Analyse und Bewertung bereitzustellen. Gegenstände der Anlagenbegehung sind die Aufgaben und die Rahmenbedingungen der Aufgabenerfüllung, das Wissen und Können der Handelnden sowie Art, Abfolge, Zeitpunkt und Zeitbedarf der Handlungen, aus denen sich der zu erwartende Handlungsablauf zur Erfüllung der Aufgabe unter den gegebenen Rahmenbedingungen zusammensetzt. Die Anlagenbegehung ist ein etabliertes Verfahren (zur Einführung siehe z. B. /MEI 85/, S. 238 – 240). Eine umfassendere Beschreibung ist daher im vorliegenden Bericht nicht erforderlich. Er beschränkt sich auf Schritte und Aspekte, die für die Vorbereitung der Analyse und Bewertung des Faktors Stress im Bereich wissensbasierten Handelns besonders wichtig sind. Die nachstehende Darstellung ist geht auf die Vorbereitung, die Durchführung und das Ergebnis der Anlagenbegehung ein.

##### **4.2.1 Vorbereitung der Anlagenbegehung**

Zur Vorbereitung der Anlagenbegehung benötigt man seitens der Ereignis- und Systemanalyse Informationen zu

- dem Ereignisablauf,
- dem sicherheitstechnischen Sollzustand, in den die Anlage beim gegebenen Ereignisablauf zu überführen ist,

- den erforderlichen Eingriffen des Personals,
- dem Zeitintervall, in dem diese Eingriffe einschließlich der zugehörigen Arbeiten wie z. B. die Kontrolle von Anzeigen, Kommunikationsvorgänge zwischen Personen usw. ausgeführt werden müssen, damit der sicherheitstechnisch erforderliche Sollzustand erreicht wird,

Für den Methodenanwender stehen in der Vorbereitungsphase im Einzelnen die folgenden Arbeitsschritte an:

- Er prüft, ob die betrachtete Aufgabe, den Ist-Zustand der Anlage in den Soll-Zustand zu überführen, regel- oder wissensbasiert zu bearbeiten ist. Eine Aufgabe gilt als wissensbasiert, wenn es für die Bearbeitung auf der Anlage keine vorab festgelegte und eintrainierte Vorgehensweise gibt, die das Personal nur zu erinnern und auszuführen hat. Zum Training gehört die Schulung an Kraftwerkssimulatoren, weitere Kurse, sonstige Übungen, z. B. des Notfallschutzes, und die berufliche Praxis auf der Anlage.
- Ist die Aufgabe wissensbasiert zu bearbeiten, untersucht der Methodenanwender, ob sie durch die sicherheitstechnisch zulässige Anwendung regelbasierter Vorgehensweisen (oder Teile solcher Vorgehensweisen) bearbeitet werden kann, die dem Personal aus anderen Aufgaben auf der Anlage vertraut sind. Es ist genau zu überprüfen, dass das Personal die Anwendbarkeit auf die wissensbasierte Aufgabe nicht schon kennt, sondern im Ereignisablauf ad hoc entdecken muss. Dazu geht der Methodenanwender wie folgt vor:
  - Er bestimmt (soweit erforderlich in Zusammenarbeit mit einschlägigen Experten) die technisch möglichen und sicherheitstechnisch zulässigen Wege, um den Soll-Zustand im verfügbaren Zeitfenster vom gegebenen Ist-Zustand aus zu erreichen. „Technisch möglich“ bedeutet, dass alle benötigten Systeme bzw. Ressourcen zur Verfügung stehen. Soweit erforderlich, bildet der Methodenanwender Zwischenzeile wie z. B. die Wiederherstellung der Betriebsbereitschaft benötigter Systeme, die Eröffnung eines praktikablen Zugangs zum Ort der Ausführung erforderlicher Eingriffe, die Absenkung bestimmter Füllstände usw.
  - Der Methodenanwender prüft dann, ob der Weg, den er gefunden hat, einer regelbasierten Vorgehensweise (oder Teilen davon) entspricht, mit der das Personal der Anlage aus anderen Aufgaben auf der Anlage vertraut ist. Sind

mehrere regelbasierte Vorgehensweisen (oder Teile davon) zu verknüpfen, um den Zielzustand über Zwischenziele (wie z. B. die Wiederherstellung der Betriebsbereitschaft eines benötigten Systems) zu erreichen, muss das Personal auch die regelbasierten Kenntnisse haben, um die Vorgehensweisen (bzw. Teile) in der erforderlichen Weise zu verbinden (z. B. durch Kriterien in der Vorgehensweise A, die eindeutig zu der Vorgehensweise B überleiten).

- Der Methodenanwender entwickelt mit anderen Worten eine „Musterlösung“ für die wissensbasierte Aufgabe. Da die Musterlösung aus regelbasierten Vorgehensweisen (oder Teilen davon) besteht, die für das Personal der Anlage Routine sind, ist zu erwarten, dass auch das Personal in der Lage ist, diese Musterlösung ad hoc zu finden. Diese Hypothese ist in der Durchführung der Anlagenbegehung vor Ort zu überprüfen.

Findet der Methodenanwender für die wissensbasierte Aufgabe keine Musterlösung, die aus regelbasierten Vorgehensweisen (oder Teilen solcher Vorgehensweisen) besteht, hat er zwei Optionen.

- Zum einen könnte er die weitere Untersuchung abbrechen, die wissensbasierte Aufgabe als undurchführbar betrachten und die Unterlassung erforderlicher wissensbasierter Handlungen als sicher bewerten.
- Zum anderen besteht die Option, die Anlagenbegehung trotzdem durchzuführen, um zu beobachten, wie das Personal an die wissensbasierte Aufgabe hergeht und eventuell Wege für ihre erfolgreiche Bearbeitung findet: Diese Wege wären näher zu untersuchen, um die Kenntnisse über das wissensbasierte Handeln zu erweitern (siehe unten Abschnitt 4.3).

Der Einfachheit halber wird im Folgenden immer nur von „der Musterlösung“ gesprochen, auch wenn der Methodenanwender mehrere gefunden haben sollte.

- Handeln hängt von Rahmenbedingungen der Handlungsausführung ab, die hauptsächlich auf der Anlage selbst zu untersuchen und zu beurteilen sind. Soweit wie möglich sollte der Methodenanwender aber bereits in der Vorbereitungsphase Informationen zu den Rahmenbedingungen des Handelns sammeln. Solche Informationen können z. B. aus früheren Anlagenbegehungen stammen. Auf diese Weise ist der Anwender besser darauf vorbereitet, auf diejenigen Rahmenbedingungen zu achten, die als Stressoren wirken oder Stress entgegenwirken können. Zu unterscheiden sind ergonomische, organisatorisch-sicherheitskulturelle und perso-

nenbezogene Rahmenbedingungen, für die auch der Anglizismus der „performance shaping factors“ (PSF) geläufig ist (siehe /SWA 83/, S. J-23).

- Ergonomische Rahmenbedingungen sind die Merkmale der Auslegung von Arbeitsmitteln, Arbeitsplätzen, Arbeitsumgebungen und Arbeitsaufgaben. Zu den Arbeitsmitteln gehören auch Benutzungsoberflächen und Dokumente wie z. B. das Betriebs-, Prüf- und Notfallhandbuch. Arbeitswege können als Ort für z. B. Transportaufgaben zu den Arbeitsplätzen gerechnet werden. Aspekte der Arbeitsumgebung sind u. a. Lichtverhältnisse, Lärm, Temperatur oder Bodenbeschaffenheit (z. B. in Bezug auf Rutschfestigkeit oder Tragfähigkeit). Arbeitsaufgaben schließen auch die ergonomischen Aspekte der Automatisierung und der Mechanisierung, also der Arbeitsteilung zwischen Mensch und Technik, ein.
- Organisatorisch-sicherheitskulturelle Faktoren umfassen zum einen die organisatorischen Vorkehrungen in den Bereichen der Aufgabenteilung zwischen Personen, der Zuständigkeiten insbesondere auch der Entscheidungsbefugnisse, der Zahl der Personen für die einzelnen Aufgaben, personelle und organisatorische Vorkehrungen für die Beherrschung von Störungen, Stör- und Notfällen sowie die Vorsorge durch Bereithaltung erforderlicher Ressourcen. Zum anderen sind sicherheitskulturelle Faktoren wie z. B. die Einhaltung von Vorschriften, die Vorbildlichkeit der Führung auch in schwierigen Situationen sowie die Courage, eigene Ansichten oder Zweifel an Entscheidungen rückhaltlos zu äußern.
- Personenbezogene Faktoren sind auf der einen Seite die Qualifikationen der Handelnden. Ein wesentlicher Schritt zur Bestimmung der Qualifikationen ist bereits bei der Ermittlung der regelbasierten Vorgehensweisen vorweggenommen worden, die ja per Definition zur Qualifikation der Handelnden gehören. Darüber hinaus aber hängen Handeln und Zuverlässigkeit auch davon ab, in welcher körperlichen und psychischen Verfassung der Handelnde zum Zeitpunkt des wissensbasierten Handelns ist. Man denke z. B. an Ereignisabläufe, in denen wissensbasiertes Handeln nach mehreren Stunden eines aufreibenden Einsatzes gefordert ist. Es müssen also auch die physischen und psychischen Leistungsmöglichkeiten zum Zeitpunkt der Anforderung wissensbasiertes Handeln betrachtet werden. Da Stress wesentlich durch negative Emotionen bestimmt ist, hat der Methoden Anwender auch Hypothesen über Gefühlslage und Motivation der Handelnden zu diesem Zeitpunkt zu bilden und

im Zuge der Durchführung einer Anlagenbegehung so weit wie möglich zu überprüfen.

Der Leser findet umfassende Aufstellungen leistungsbestimmender Faktoren in der einschlägigen Fachliteratur (z. B. KAR 12/, S. 6).

Diese Rahmenbedingungen sind unter dem Aspekt zu beurteilen, dass ihre Auslegung bestmögliche Voraussetzungen für die zuverlässige Ausführung der betroffenen Handlungen darstellen. Suboptimale Bedingungen können auch als Stressoren wirken, wenn sie z. B. die Erreichung eines angestrebten Zieles in Frage stellen (siehe Abschnitt 4.1.2). Man denke z. B. an zu ungenaue Anzeigen, die der Betroffene durch Nutzung weiterer Informationsquellen soweit es geht wettmachen muss.

- Gegenstand der vorliegenden Methode ist Stress, also die Wirkung von Stressoren auf die Handelnden. Stressor kann jeder Umstand oder Vorgang sein, von dem eine Gefahr, Bedrohung oder Frustration persönlicher Bedürfnisse und wichtiger Ziele ausgeht. Der Methodenanwender sollte bereits in der Vorbereitungsphase überlegen, welche Stressoren vorliegen und was sie bewirken können. Die „Grundlagen der Methode“ führen verschiedene stressbedingte Effekte wie z. B. Vereinfachungen des Handlungsablaufs auf (siehe Abschnitt 4.1.2). Man denke u. a. an den Verzicht, den angezeigten Wert eines Instruments durch Vergleich mit anderen Anzeigen zu überprüfen. Dieser Verzicht verkürzt den Handlungsablauf, birgt aber auch das Risiko in sich, dass ein Ablesefehler unerkannt bleibt und das weitere Handeln verfälscht. Der Methodenanwender sollte aber auch mögliche positive Effekte in seinen Überlegungen berücksichtigen: Zur Verminderung von Zeitdruck und Stress könnte z. B. der gleiche Eingriff in vier redundanten Systemen so organisiert sein, dass pro Redundanz eine andere Person beauftragt wird und die vier Personen zeitlich parallel arbeiten, statt den Eingriff nacheinander von derselben Person in allen vier Redundanzen ausführen zu lassen. Der parallele Einsatz von vier Personen wirkt zudem der Fehlermöglichkeit entgegen, dass dieselbe Person trotz korrekter Einweisung in die Aufgabe und guten ergonomischen Rahmenbedingungen der Handlungsausführung z. B. aufgrund einer falschen Vorstellung systematisch denselben Fehler in allen vier Redundanzen begeht.

Überlegungen dieser Art sind wichtig, um den Methodenanwender für mögliche Effekte der Stressoren zu „sensibilisieren“ und ihn darauf einzustellen, bei der Durch-

führung der Anlagenbegehung auf solche Effekte zu achten. Der Methodenanwender sollte insbesondere die nachstehenden Punkte beachten:

- Stressor kann die gesamte wissensbasierte Aufgabe sein. Man denke an Störungen, Stör- und Notfälle, in denen die Handelnden fürchten, die Lage nicht meistern zu können oder in denen sie oder andere Menschen realen Gefahren für Leben und Gesundheit ausgesetzt sind.
- „Stressen“ können darüber hinaus auch alle suboptimal ausgelegten, leistungsbestimmenden Rahmenbedingungen des Handelns, Verzögerungen des Handlungsablaufs und Misserfolge im Zuge des Handelns sein. Der Methodenanwender sollte Hypothesen bilden, wie die Handelnden auf Stressoren reagieren, die im betrachteten Ereignisablauf zu erwarten sind und die Durchführung der wissensbasierten Aufgabe beeinträchtigen könnten. Man denke z. B. an den Ausfall benötigter Anzeigen oder an Lärm am Ausführungsort einer Handlung. Der Methodenanwender kann sich in der Vorbereitungsphase im Sinne einer Hypothese überlegen, welche Informationen die Handelnden nutzen, um die Informationslücke durch eine ausgefallene Anzeige zu schließen. Gegen Lärm könnten sich die Handelnden z. B. durch Mittel für den Gehörschutz abschirmen.

Solche Handlungen sind als Teilaufgaben in die in die Musterlösung einzubeziehen, die der Methodenanwender erarbeitet hat. Er achtet bei der Anlagenbegehung darauf, wie das Personal mit diesen Stressoren umgeht und welche Folgen sich aus dem Umgang mit den Stressoren für den weiteren Handlungsablauf ergeben. Man denke z. B. an den Zeitbedarf für die Beschaffung und Nutzung des Gehörschutzes, die Folgen ihrer Nutzung für die Kommunikation zwischen den Handelnden und die Auswirkungen auf den Zeitablauf des Handelns (zugehörige Fehlermöglichkeiten werden in der Analyse und Bewertung berücksichtigt).

Ergebnis der Vorbereitungsphase ist also eine Hypothese in Gestalt einer Musterlösung zur Bearbeitung der wissensbasierten Aufgabe. Zu dieser Musterlösung gehören Annahmen über die Rahmenbedingungen der Aufgabenerfüllung im ergonomischen, organisatorisch-sicherheitskulturellen und personenbezogenen Bereich sowie über Stressoren, den Umgang des Personals mit diesen Stressoren und deren Wirkung auf die Erfüllung der Aufgabe. Diese Hypothese ist in der Anlagenbegehung zu überprüfen.

#### 4.2.2 Durchführung der Anlagenbegehung

Eine erfolgreiche Durchführung der Anlagenbegehung hängt von verschiedenen Voraussetzungen ab:

- Die Ermittlung des tatsächlich zu erwartenden Handlungsablaufs hat auf der Anlage bzw. in einem Simulator zu erfolgen, der die Systeme und Prozesse der Anlage sowie die Benutzungsoberfläche zur Überwachung und Führung der Anlage bzw. Prozesse ausreichend genau repräsentiert.
  - Für die wissensbasierten Aufgaben der Operateure in der Warte ist eine Anlagenbegehung an einem anlagenspezifischen Simulator notwendig, weil der Ereignisablauf (im Rahmen der Genauigkeit des Simulators) in Echtzeit präsentiert, alle Informationen der Benutzungsoberfläche dargestellt und alle Eingriffe tatsächlich ausgeführt werden können. Das ist in der realen Warte nicht möglich, weil die Operateure der diensthabenden Schicht die Anlage mit den Informations- und Bedieneinrichtungen der Warte zu überwachen und zu führen haben. Eine Anlagenbegehung darf die Erfüllung dieser Aufgabe nicht stören. Die Teilnehmer der Anlagenbegehung müssten sich also vorstellen, wie sich der Ereignisablauf entwickelt, welche Informationen angezeigt werden, wann welche Eingriffe anstehen und welche Wirkung die Eingriffe bzw. ihre Unterlassung oder fehlerhafte Ausführung haben. Wissensbasiertes Handeln ist in Situationen gefordert, die für die Operateure neuartig sind. Es ist nicht zu erwarten, dass die Operateure ausreichend genau zeigen und sagen können, wie sie die Situation beherrschen, wenn sie dafür keine Benutzungsoberfläche mit den detaillierten Informationen über das Verhalten der Anlage und die Wirkung der Eingriffe zur Verfügung haben.
  - Alle übrigen Handlungen sollten möglichst an den Orten vorgeführt, beobachtet und besprochen werden, an denen das Personal diese im Ernstfall auszuführen hätte. Die reale Ausführung der Handlungen ist auf der Anlage nur insoweit möglich, als Sicherheitsanforderungen und sonstige Prozesse nicht beeinträchtigt werden. Anstelle der realen Ausführung haben die Handelnden möglichst vor Ort also nur zu beschreiben, was sie tun würden, um z. B. ein System außer Eingriff zu nehmen.
- Der Betreiber der Anlage stellt im Idealfall alles Personal zur Verfügung, das für die Bearbeitung wissensbasierter Aufgaben zuständig ist und das für die Erfüllung dieser Aufgaben benötigt wird. Soweit es Anforderungen der Sicherheit und des Be-

etriebes erlauben, eröffnet der Betreiber ferner den Zugang zu allen Orten, an denen gehandelt wird, und gestattet es, den Handlungsablauf an den Orten zu beobachten, an denen die einzelnen Handlungen im Ernstfall tatsächlich auszuführen sind.

- Der Methodenanwender verfügt über ausreichend viele Personen, die für die Durchführung der Anlagenbegehung qualifiziert sind.

Die Untersuchenden konfrontieren die Mitglieder des Betreiberpersonals mit der Ausgangssituation, die ein wissensbasiertes Handeln erfordert, und beobachten, wie diese Personen die Aufgabenstellung bewältigen. Im Rahmen des ethisch Zulässigen ist das teilnehmende Personal unter Stress zu setzen. Wichtige Gegenstände der Beobachtung sind u. a.:

- Anhaltspunkte (wie z. B. Anzeichen der Konfusion), ob das Personal unter Stress steht oder nicht und wie hoch der vorliegende Stress ist,
- Äußerungen, die darauf schließen lassen, dass das Personal mit störenden Gedanken, negativen Affekten wie Ärger und Wut usw. zu kämpfen hat,
- Prozess und Ergebnis des Problemlösens. Dabei interessiert nicht nur die Lösung, also das Vorgehen, das die Personen finden, um den Ist-Zustand in den Soll-Zustand zu überführen. Ebenso wichtig sind möglichst genaue Informationen über den Prozess der Lösungsfindung, also die Schritte, mit denen die Personen das Vorgehen entwickeln:
  - Der Methodenanwender protokolliert genau, welche Vorgehensweise die Problemlöser entwickeln, in welchem Umfang diese Vorgehensweisen regelbasierten Prozeduren, Praktiken oder Teilen solcher Prozeduren bzw. Praktiken entsprechen und wie diese regelbasierten Prozeduren und Praktiken (bzw. Teile davon) auf die Situation angepasst werden. Denkbar ist z. B. dass die Problemlöser festlegen, dass zur Zeitersparnis Kontrollen bestimmter Anzeigen nicht durchzuführen sind oder zwei Teile einer Prozedur zeitlich parallel und nicht wie üblich sequentiell zu bearbeiten sind.
  - Die wesentliche Informationsquelle über den Entwicklungsprozess sind die Kommunikationen zwischen den Personen, die mit der Entwicklung der Vorgehensweise zur Bearbeitung der wissensbasierten Aufgabe beschäftigt sind. Da sich Denk- und Problemlösungsprozesse als psychische Vorgänge direkter Beobachtung entziehen, sind diese Kommunikationen eine wesentliche Quelle,

aus denen man auf Denk- und Problemlöseprozesse schließen kann. Solche Kommunikationen können z. B. in der Rekapitulation der bisher angestellten Überlegungen durch einen Schichtleiter, der Protokollierung eines gefundenen Lösungswegs und (oder) der Einweisung bestehen, mit der die Problemlöser andere Personen über Art, Ziel und Gründe des Vorgehens zur Bearbeitung der wissensbasierten Aufgabe informieren.

Der Methodenanwender hat zu entscheiden, ob er über diese Beobachtung hinaus Mittel und Methoden nutzt, um mehr Informationen über Denk- und Problemlöseprozesse zu gewinnen. Als Beispiel sei die „Methode des lauten Denkens“ aufgeführt, bei der die Teilnehmer einer Untersuchung aufgefordert sind, möglichst viele ihrer Gedanken laut zu äußern. Der Einsatz dieser Methode verändert allerdings die Beobachtungssituation: Der Handelnde reflektiert möglicherweise seine Überlegungen kritischer und genauer, wenn er sie verbalisieren soll. Zudem nimmt das laute Denken Zeit in Anspruch, die den Zeitablauf der Denk- und Problemlöseprozesse verzögert. In einem Team führt die Anwendung der Methode u. U. dazu, dass sich die Teammitglieder gegenseitig beim Denken stören oder dass jedem Teammitglied mehr Informationen über die Gedanken der anderen zur Verfügung stehen als in einer Kommunikationssituation ohne lautes Denken. Vor- und Nachteile dieser und anderer Beobachtungsmethoden sind sorgfältig abzuwägen, bevor eine Entscheidung für oder gegen ihren Einsatz fällt.

Die Methodenanwender erfassen darüber hinaus sowohl für die Personen, die das Vorgehen zur Bearbeitung der wissensbasierten Aufgabe entwickeln, als auch für das Personal, das die gefundene Vorgehensweise umsetzt,

- Rahmenbedingungen des Handelns,
- Stresshöhe und ihre Veränderung im Lauf der Aufgabenbearbeitung,
- Art, Wirkung, Folgen und Bewältigung bzw. Versuche zur Bewältigung der Stressoren,
- die zeitliche Entwicklung des Handlungsablaufs und des Anlagenverhaltens sowie
- alle weiteren Aspekte, aus denen die Methodenanwender Erkenntnisse über den Problemlösungs- und den Handlungsablauf ziehen können. Man denke z. B. an Flussdiagramme des vorgesehenen Vorgehens, die auf einer Tafel skizziert werden

und die der Beobachter abschreiben kann. Alle Beobachtungen sind möglichst detailliert zu protokollieren.

Zur Bewältigung der Stressoren können Auslassung, Hintanstellung und Ersatz einer Handlung durch eine andere gehören. Man denke an die Erkenntnisse aus Untersuchungen an Piloten und Fluglotsen (siehe Abschnitt 3.2.2): Stress führt bei diesen Personen dazu, sich mehr und mehr auf die Informationen und Handlungen zu konzentrieren, die für ihre Hauptaufgabe unabdingbar sind. D. h. die Handelnden organisieren die Erfüllung ihrer Aufgaben systematisch um, indem sie Handlungsabläufe zunehmend straffen und Prioritäten setzen. Die Methodenanwender haben während der Anlagenbegehung genau zu beobachten und zu erfragen, welche Strategien und Taktiken dieser Art das Personal nutzt, um sein Handeln zur Erfüllung der Aufgaben an die Stresssituation anzupassen.

Zur Anlagenbegehung gehört eine Nachbesprechung mit den Teilnehmern der Untersuchung. In dieser Nachbesprechung sollten die Methodenanwender weitere Informationen insbesondere auch zum Problemlöseprozess sowie zu Art, Wirkung, Folgen und Bewältigung der Stressoren durch das Personal sammeln. Dabei sollten auch das Erleben der Stresssituation, negative Emotionen, störende Gedanken, Gefühle der Verunsicherung usw., ihre Wirkung auf das Handeln, die Versuche ihrer Bewältigung und der Erfolg dieser Versuche zur Sprache kommen. Der Methodenanwender darf diese affektbezogenen Aspekte nicht vernachlässigen, weil sie das rationale Denken und Handeln verzögern und zu Fehlern z. B. durch Unaufmerksamkeit führen können.

#### **4.2.3 Ergebnis der Anlagenbegehung**

Der Methodenanwender erstellt mit den gewonnenen Erkenntnissen ein Modell, das den erwarteten Ablauf des wissensbasierten Handelns bei der Bearbeitung der betrachteten Aufgabe durch das Personal auf der Anlage repräsentiert. Das Modell beantwortet im Idealfall erschöpfend die Fragen nach

- Subjekt, Art, Anlass, Zweck, Objekt, Mittel, Resultat, Zeit, Ort und Rahmenbedingungen der einzelnen Handlungen sowie nach
- Ursache, Wirkung und Bewältigung der Stressoren im Handlungsablauf.

Die nachfolgende Analyse und Bewertung gehen von diesem Modell aus. Das Modell löst die Musterlösung ab, die der Methodenanwender in der Vorbereitungsphase als

Hypothese über den Handlungsablauf entwickelt hat. Die Musterlösung muss überarbeitet oder sogar verworfen werden, wenn das Personal die wissensbasierte Aufgabe anders als erwartet bearbeitet hat. U. U. ist es dem Methodenanwender in der Vorbereitungsphase nicht gelungen, eine Musterlösung zu erstellen. Hat er die Anlagenbegehung dennoch durchgeführt und hat das Personal die wissensbasierte Aufgabe erfolgreich bearbeitet, ist das resultierende Modell des Handlungsablaufs Gegenstand der nachfolgenden Analyse und Bewertung.

Hat das Personal eine Vorgehensweise gefunden, die von der Musterlösung abweicht, prüft der Methodenanwender, ob die Teile des Vorgehens, die nicht seiner Musterlösung entsprechen, regelbasiert sind oder nicht.

Das Ergebnis der Anlagenbegehung kann darin bestehen, dass vom Personal ein falsches oder unsystematisches Vorgehen zu erwarten ist, die erfolgreiche Bearbeitung der wissensbasierten Aufgabe also misslingt. Der Methodenanwender sollte auch diese Ergebnisse analysieren und bewerten, um mehr Information über die Gründe des Scheiterns zu gewinnen.

### **4.3 Analyse und Bewertung**

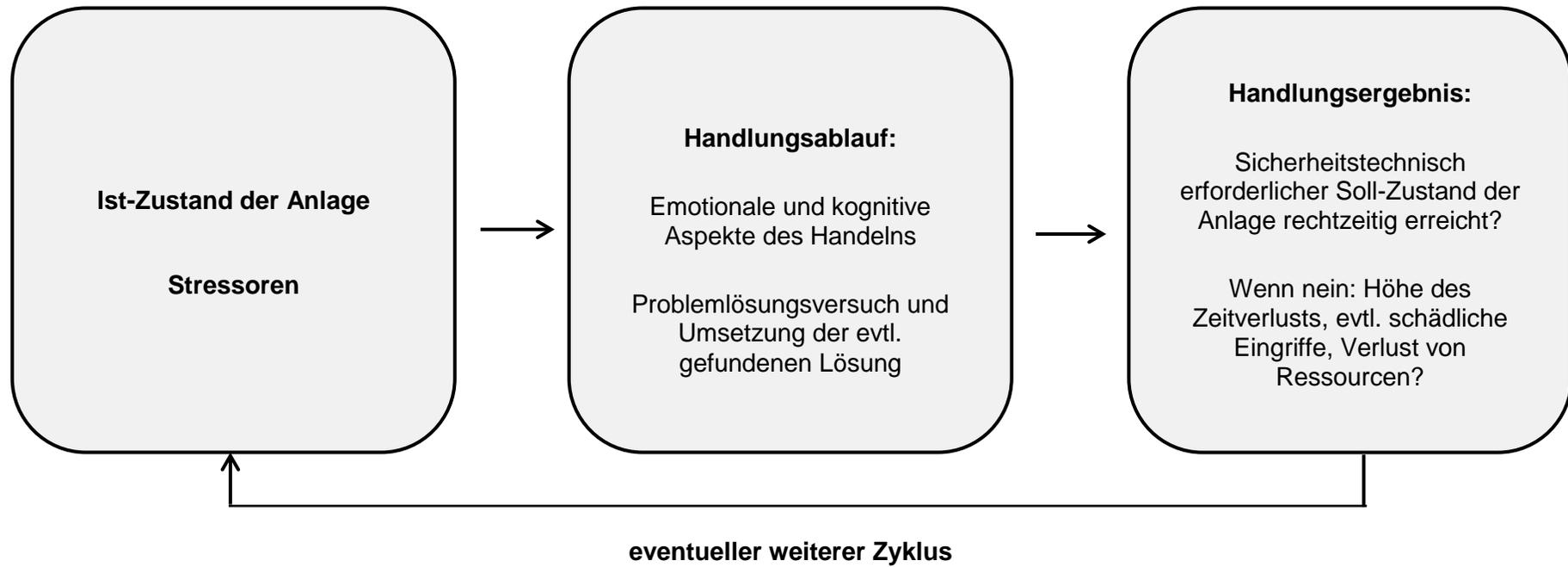
Der vorliegende Abschnitt geht nur auf die Aspekte ein, die für die Analyse und Bewertung des Faktors Stress und seines Beitrags zur Zuverlässigkeit wissensbasierten Handelns wichtig sind. Einführungen in die Methodik der Analyse sind in der einschlägigen Fachliteratur zu finden (z. B. /BEL 83/). Das prinzipielle Vorgehen dieser Analysemethodik ist übertragbar, weil es darin besteht, einen erwarteten Handlungsablauf auf denkbare Fehler, Ursachen für diese Fehler sowie Möglichkeiten der Erkennung und Behebung denkbarer Fehler zu untersuchen. Das ist auch die generische Demarche der Analyse wissensbasierten Handelns. Auf die genutzten Methoden für die Bewertung des Handelns geht die nachfolgende Darstellung an den einschlägigen Stellen ein.

Die wissensbasierte Aufgabe besteht darin, den Ist-Zustand der Anlage in den sicherheitstechnisch erforderlichen Soll-Zustand spätestens bis zu dem Zeitpunkt zu überführen, an dem dieser Soll-Zustand erreicht sein muss. Das Handeln erfolgt unter der Einwirkung von und in der aktiven Auseinandersetzung mit Stressoren. Es ist durch emotionale und durch kognitive Aspekte charakterisiert. Der erwartete Handlungsablauf ist aus der Anlagenbegehung bekannt. Fehlerhaftes Handeln führt zu Zeitverlusten

und eventuell auch zu Eingriffen und (oder) einen Verbrauch von Ressourcen, die den Anlagenzustand sowie die Voraussetzungen für weitere wissensbasierte Handlungen verschlimmern.

Wissensbasiertes Handeln umfasst die zwei Phasen, eine Vorgehensweise zur Überführung des Ist-Zustandes in den Soll-Zustand zu finden, und die eventuell gefundene Vorgehensweise umzusetzen, also die zugehörigen Handlungen auszuführen, um den Soll-Zustand spätestens zu dem Zeitpunkt herbeizuführen, zu dem er erreicht sein muss. Die erste Phase heißt im vorliegenden Bericht auch „Problemlösungsversuch“, weil die Suche eines bisher unbekanntes Wegs vom Ist-Zustand zum Soll-Zustand in der Grundlagenforschung üblicherweise als Problemlösen bezeichnet wird (siehe Abschnitt 4.1.5) und das Problemlösen scheitern kann.

Beide Phasen können iterativ durchlaufen werden, wenn sich der Ereignisablauf so entwickelt, dass er eine Änderung des wissensbasierten Handelns erfordert. Abb. 4.2 veranschaulicht diese Zusammenhänge.



**Abb. 4.2** Ansatz der Analyse

Die vorliegende Methode unterstützt im Einzelnen die Analyse und Bewertung

- der Stresshöhe,
- möglicher Phasen der Konfusion,
- denkbarer, schädlicher Eingriffe in möglichen Phasen der Konfusion,
- des Stresses in einem erfolgreichen Problemlöseversuch,
- des Stresses in einem misslungenen Problemlöseversuch mit der Folge falscher Vorgehensweisen,
- des gesamten Problemlöseversuchs,
- der Einleitung einer gefundenen Vorgehensweise,
- der Ausführung einer gefundenen Vorgehensweise.

In den zugehörigen Abschnitten findet der Leser eine detaillierte Erläuterung und Begründung der Analyse- und Bewertungsschritte. Am Ende jedes Abschnittes fasst eine Tabelle die Schritte in übersichtlicher, praxisgerechter Form zusammen. Die Darstellung beginnt mit der Bestimmung der Stresshöhe.

#### **4.3.1 Bestimmung der Stresshöhe**

Stress kann unterschiedlich hoch ausfallen. Die vorliegende Methode unterscheidet bei wissensbasierten Handlungen erhöhten und hohen Stress. Der Einfachheit halber sind die Bestimmungen erhöhten und hohen Stresses und die Erläuterungen aus Abschnitt 4.1.4 nachfolgend noch einmal aufgelistet:

- Erhöhter Stress entsteht in Situationen mit Stressoren, an die sich der Betroffene zumindest nach seiner Überzeugung soweit anpassen kann, dass er in der Lage ist, seine Aufgabe so gut es geht zu erfüllen. Die Betroffenen haben nur störende Gedanken und negative Affekte wie z. B. den Ärger, in diese Situation geraten zu sein, zu überwinden. Panisches und konfuses Handeln sind auszuschließen.

Die Situation löst also nicht die Befürchtung aus, jede Kontrolle über die Situation zu verlieren. „Kontrolle“ wird als bewährte und bewusste oder bewusstseinsfähige ‚Regel‘ der Art verstanden: ‚Wenn ich X tue, dann verändere ich den Stressor bzw.

seine Auswirkungen auf mich so, dass ich weniger betroffen bin“ (siehe Abschnitt 4.1.2).

- Hoher Stress liegt vor, wenn der Betroffene die Situation als eine persönliche Bedrohung erlebt und es zumindest anfangs für ungewiss hält, mit den Handlungsmöglichkeiten und Mitteln, die ihm in der Situation zur Verfügung stehen, in Stande zu sein, die bedrohliche Lage zu ändern. Ein „Umkippen“ in Panik und konfuses Handeln ist möglich und wurde auch für Personen in Situationen beobachtet, für die sie durch Training vorbereitet worden sind (siehe Abschnitt 4.1.2). Ein Abgleiten in Panik und Konfusion ist also auch für Situationen zu erwarten, in denen man ad hoc einen Weg zur Beherrschung dieser Situation finden muss.

Es kommt wesentlich darauf an, was der Betroffene als bedrohlich erlebt und was nicht. Anhaltspunkte für die Beobachtung und Befragung sind die oben exemplarisch aufgeführten Bedrohungen (siehe Abschnitt 4.1.1):

Gefahr für Leib und Leben, Ansehen, Selbstwertgefühl Umwelt und für Dinge mit hohem Wert. Die Bedrohung besteht auch deswegen, weil auf Seiten des Bedrohten große Unsicherheit besteht, ob er Handlungsmisserfolge und damit die gravierenden Konsequenzen des Scheiterns von sich abwenden kann. Der Betroffene kennt mit anderen Worten zumindest anfangs keine bewährten Regeln oder aussichtsreiche Vorgehensweisen, mit denen er in der Situation aller bisherigen Erfahrung nach die Kontrolle behalten oder wiederherstellen kann. Dies entspricht der Ausgangssituation wissensbasierten Handelns.

Dieser Begriffsbestimmung zufolge ist beim wissensbasierten Handeln zumindest für den Zeitraum hoher Stress zu erwarten, in dem das Personal noch keine aus ihrer Sicht aussichtsreiche Lösung des Problems hat, wie es den Ist-Zustand der Anlage in den Soll-Zustand überführen kann. Der erste Analyseschritt besteht in der Überprüfung dieser Erwartung (siehe Abb. 4.2). Dabei hat der Methodenanwender folgende Punkte zu beachten:

- Anlagenbegehungen gehören zu den Situationen, in denen das Personal nicht unter den Bedrohungen der Realsituation handelt. Der Methodenanwender muss also damit rechnen, durch Beobachtung und Befragung während der Anlagenbegehung keine tragfähigen Informationen über hohen Stress, den Versuch seiner Bewältigung und die möglichen panischen oder konfusen Handlungsweisen zu gewinnen. Swain hat daher auf Erkenntnisse aus Untersuchungen an Piloten der US-amerikanischen Luftstreitkräfte zurückgegriffen, um seine Analyse- und Bewer-

tungsmethode für den Faktor Stress zu entwickeln (vgl. /SWA 83/, S. 17 – 11 f.). Der empirische Kenntnisstand hat sich bisher nicht grundlegend verändert. In der Zuverlässigkeitsforschung sollten daher Untersuchungen durchgeführt werden, um aus der Betriebserfahrung mit Betriebsstörungen, Stör- und Unfällen systematische Erkenntnisse zu gewinnen, wie das Personal von Kernkraftwerken auf solche Situationen emotional reagiert, wie es mit den Emotionen umgeht und welche Fehlhandlungen in dieser Phase zu erwarten sind (siehe auch das Schlusskapitel des vorliegenden Berichts).

- Sofern die Anlagenbegehung keine eindeutigen und tragfähigen Ergebnisse erbringt, dass in der Phase des Problemlösungsversuchs nur erhöhter Stress zu erwarten ist, geht der Methodenanwender vorsichtshalber davon aus, dass hoher Stress vorliegt.

Der Methodenanwender schließt aus, dass in einem Ereignisablauf, der wissensbasiertes Handeln erfordert, gar höchstens vernachlässigbarer Stress vorliegt. Es ist zumindest mit erhöhtem Stress zu rechnen, weil

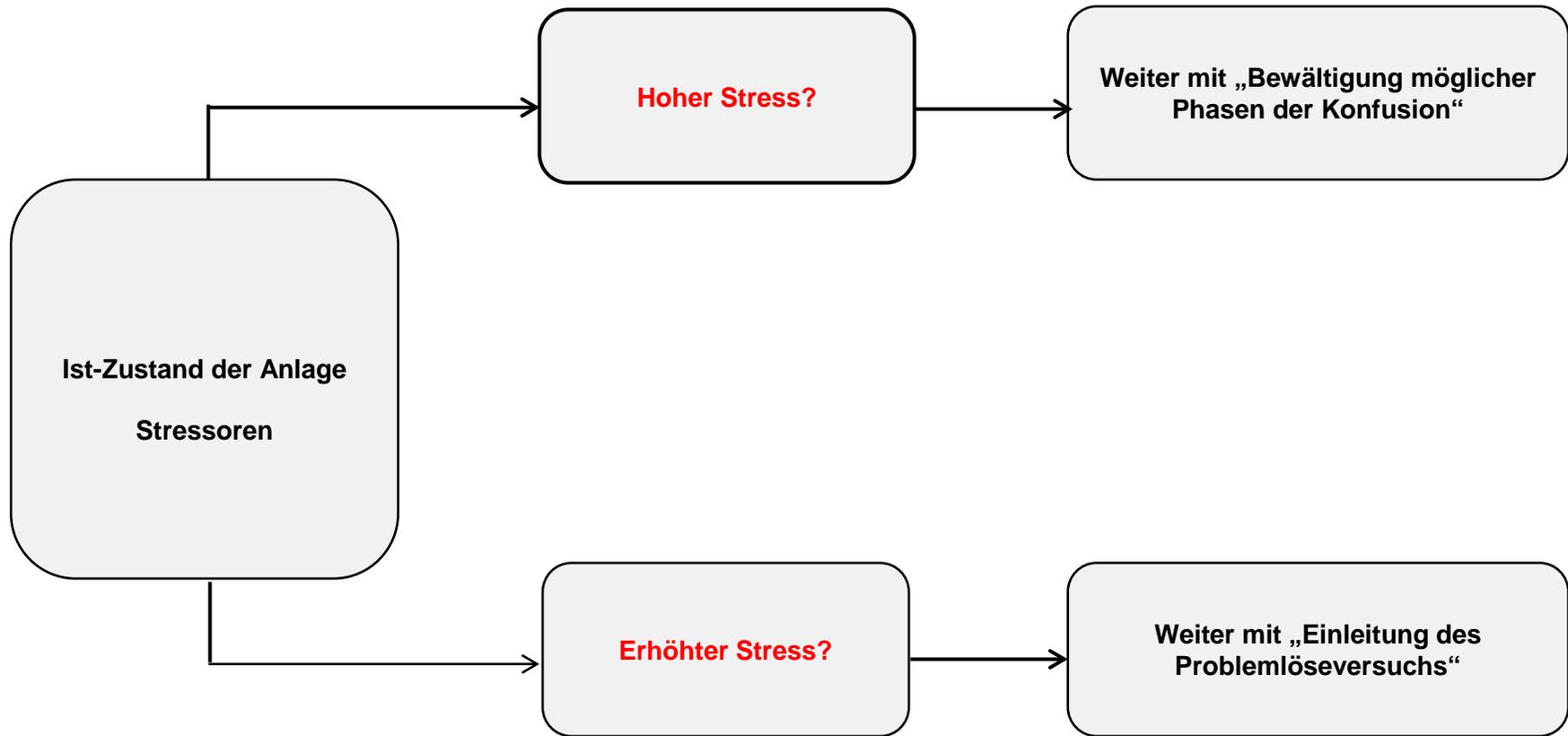
- für die Situation per Definition keine Vorkehrungen in Sinne vorab geplanter und eintrainierter Vorgehensweisen bestehen,
- die Fachkompetenz des Personals über die Grenzen der Routine hinaus gefordert ist,
- Unsicherheit über den Erfolg des Handelns besteht und
- das Personal eine hohe Verantwortung für die Sicherheit von Mensch, Umwelt und/oder Anlage trägt.

Während eines Handlungsablaufs sind Wechsel zwischen erhöhtem und hohem Stress und umgekehrt möglich, wenn der Handelnde die Überzeugung gewinnt oder verliert, einer Bedrohung ausgesetzt zu sein oder nicht. Die weitere Methodendarstellung wird auf diesen Punkt an den entsprechenden Stellen eingehen.

Tab. 4.1 und Abb. 4.3 fassen das Gesagte zusammen.

**Tab. 4.1** Stresshöhe bei wissensbasiertem Handeln

<b>Analyse</b>	<b>Bewertung</b>
Stresshöhe bei wissensbasiertem Handeln	<ul style="list-style-type: none"><li>• hoch, mindestens so lange, bis eine aus Sicht der Handelnden aussichtsreiche Vorgehensweise zur Überführung des Ist-Zustands in den sicherheitstechnisch erforderlichen Soll-Zustand gefunden ist</li><li>• erhöht, nur wenn die Anlagenbegehung für dieses Niveau klare Belege erbracht hat</li><li>• geringere Stressniveaus sind auszuschließen</li><li>• Änderungen der Stresshöhe sind möglich und zu berücksichtigen</li></ul>



**Abb. 4.3** Stresshöhe zu Beginn der wissensbasierten Aufgabe

### 4.3.2 Bewältigung möglicher Phasen der Konfusion

Aus den empirischen Erkenntnissen der Stressforschung weiß man, dass auch erfahrene Personen in unerwarteten und unvorhergesehenen Situationen panisch oder konfus handeln können (siehe Abschnitt 4.1.2), wobei starke negative Emotionen wie Angst und Schrecken eine Schlüsselrolle spielen (vgl. dazu /APA 07/, S. 666, /DOR 94/, S. 544 und /SWA 83/, S. 3 – 33, S. 17-9 ff.). Hoher Stress mit entsprechend starken negativen Emotionen kann rationales Denken und Handeln auf Dauer soweit vereiteln, dass die Betroffenen panisch oder konfus vorgehen und dabei u. U. Eingriffe ausführen, die den Zustand der Anlage ungewollt verschlechtern (siehe Abschnitte 4.1.2 und 4.3.3). Dieser psychische Zustand wird nachfolgend mit dem Begriff der Konfusion belegt.

Swain hat sich intensiver als andere Methodenentwickler bereits vor über dreißig Jahren mit der Problematik fehlender Daten zu Reaktionen des Menschen auf Bedrohungen beschäftigt (siehe /SWA 83/, S. 17-10 ff.). Der Stand einschlägiger empirischer Erkenntnisse hat in der Zwischenzeit keine wesentlichen Erweiterungen erfahren (siehe Abschnitt 4.1.2). Die vorliegende Methodenentwicklung nutzt daher Swains Erwartung als Orientierungshilfe, dass trainierte Operateure in einem von vier Fällen die vorgesehenen Eingriffe unterlassen, wenn sie eine bedrohliche Situation wie z. B. Störfälle mit einem großen Leck erleben. Dieser Wert gilt ab etwa 25 Minuten nach Eintritt des Störfalls, in der Zeitspanne davor ist der Wert höher. Swain quantifiziert die Unsicherheit dieses Wertes mit einem Fehlerfaktor von fünf. Grundlage dieses Quantifizierungsansatzes sind Expertenurteile (siehe /SWA 83/, S. 17-4, S. 17-13 ff.).

Da die Nachanalyse realer Situationen gezeigt hat, dass das Personal auch unter Lebensgefahr wissensbasiert zu handeln vermag, kann man nicht davon ausgehen, dass wissensbasiertes Handeln unter solchen Extrembedingungen scheitern muss (siehe Abschnitt 4.1.2). Mangels weiterer empirischer Anhaltspunkte geht die vorliegende Methode von einer Gleichverteilung der beiden Möglichkeiten aus, dass es dem Personal gelingt bzw. misslingt, das Erlebnis der Bedrohung so weit zu meistern, dass ein Problemlösungsversuch möglich wird. Ein Fehlerfaktor von zehn trägt der hohen Unsicherheit dieses Wertes Rechnung (vgl. /SWA 83/, S. 7-13, Tabelle 7-2 (8)). Die erwartete Zeitdauer einer möglichen Phase der Konfusion sollte anhand der Erkenntnisse aus der Anlagenbegehung bestimmt werden.

Scheitert die Bewältigung negativer Affekte, unterbleibt die Erfüllung der wissenschaftlichen Aufgabe mit Sicherheit.

Es gilt die konservative Annahme, dass die Betroffenen in einer Phase der Konfusion keine Handlung ausführen, die zur systematischen Entwicklung eines planvollen Vorgehens beiträgt. Da Panik „ansteckend“ wirken und sich von einer Person auf andere Anwesende übertragen kann (siehe dazu /DOR 94/, S. 544, Stichwort „Panik“), wird auch unterstellt, dass Personal, das sich in einem Zustand der Konfusion befindet, nicht durch weiteres, frisch hinzustoßendes Personal aus diesem Zustand befreit werden kann sondern das frisch hinzustoßende Personal ebenfalls in einen Zustand der Konfusion gerät. Die Befreiung aus dem Zustand der Konfusion ist also nur durch Anstrengung der Betroffenen selbst möglich.

Tab. 4.2 fasst die Informationen zusammen, die der Methodenanwender zu beachten hat, wenn er die Bewältigung einer möglichen Phase der Konfusion analysiert und bewertet.

**Tab. 4.2** Übersicht über die Analyse und Bewertung der (Nicht-)Überwindung einer möglichen Phase der Konfusion

Analyse	Bewertung	
<p>Unter hohem Stress können negative Emotionen zu Konfusion führen und rationales Denken und Handeln auf Dauer vereiteln.</p> <p>Sofern die Anlagenbegehung keine eindeutigen und tragfähigen Ergebnisse erbringt, dass nach Eintritt des Ist-Zustands, der wissensbasiertes Handeln erfordert, nur erhöhter Stress zu erwarten ist, geht der Methodenanwender vorsichtshalber davon aus, dass hoher Stress vorliegt.</p> <p>Die Möglichkeiten für schädliche Eingriffe sind zu analysieren (nächster Schritt der Analyse).</p>	Wahrscheinlichkeit, auf Dauer in einem Zustand der Konfusion zu bleiben	0,5
	Fehlerfaktor	10
	Wahrscheinlichkeit, dass jede Handlung zur Überführung des Ist-Zustands in den sicherheitstechnisch erforderlichen Soll-Zustand der Anlage unterbleibt	1
	Fehlerfaktor	-
	Sonstiges	<p>Scheitert die Bewältigung negativer Emotionen, unterbleibt die Erfüllung der wissensbasierten Aufgabe mit Sicherheit.</p> <p>Der Zeitbedarf für die Überwindung einer möglichen Phase der Konfusion ist zu bestimmen.</p>

### 4.3.3 Denkbare schädliche Eingriffe in möglichen Phasen der Konfusion

In einer möglichen Phase der Konfusion sind Eingriffe denkbar, die den Ist-Zustand der Anlage verschlechtern. Solche Eingriffe heißen im Folgenden kurz „schädliche Eingriffe“.

Die Wirkung eventueller Eingriffe ohne schädliche Wirkung muss in der Sicherheitsanalyse nicht explizit berücksichtigt werden. Solche „harmlosen“ Eingriffe kosten Zeit, die der Methodenanwender aber miterfasst, wenn er die erwartete Länge der Zeitspanne bestimmt, die das Personal benötigt, bis es die negativen Emotionen soweit gemeistert hat, dass ausreichend rationales Denken und Handeln möglich sind.

Es gibt bereits Methoden für die Analyse und Bewertung schädlicher Eingriffe (z. B. /FAS 03/). Der Anwendungsbereich dieser Methoden beschränkt sich aber auf schädliche Eingriffe, die aus einem planvollen, aber fehlerbehafteten Handeln resultieren (dazu siehe /FAS 03/, S. 22 und /FAS 10/, S. 16 f). Die Person bleibt also prinzipiell in der Lage, planvoll zu denken und zu handeln. Das ist in einem Zustand der Konfusion nicht der Fall. Also gehören Fehler in Phasen der Konfusion nicht zum Anwendungsbereich der bestehenden Methoden für die Analyse und Bewertung schädlicher Eingriffe. Das prinzipielle Vorgehen dieser Methoden ist aber nutzbar:

- Der Methodenanwender hat die Möglichkeiten schädlicher Eingriffe in einer eventuellen Phase der Konfusion in enger Zusammenarbeit mit Experten für die System- und Ereignisanalyse zu bestimmen. Der Eingriff muss beim gegebenen Ist-Zustand der Anlage ausführbar und schädlich sein.
- Ein grundsätzlich möglicher, schädlicher Eingriff muss zudem schnell ausführbar sein. Der konfus Handelnde sucht nach einem Ausweg, der ihn rasch aus der Situation befreit (siehe Abschnitte 3.2.2 und 4.1.2). Es ist also nicht zu erwarten, dass Eingriffe erfolgen, die eine größere Vorbereitung, wie z. B. die Kontrolle mehrerer Messwerte oder Freischaltungen, erfordern.
- Der Eingriff muss im Wissen der Handelnden fest als eine der Handlungen verankert sein, die auslegungsgemäß zur Wiederherstellung des sicheren Zustands der Anlage führen oder beitragen, und die dem Handelnden ohne langes Nachdenken in den Sinn kommen.
- Es müssen auch alle Kontrollen durch die Personen versagen, in deren Anwesenheit der Handelnde den schädlichen Eingriff tätigt.

Alle diese Punkte müssen erfüllt sein, damit ein Eingriff, der sonst objektiv zur Sicherheit beiträgt, beim gegebenen Ist-Zustand erfolgt und eine schädliche Wirkung entfaltet. Es ist denkbar, dass bestimmte Technologiebereiche (wie z. B. Kernkraftwerke) im Vergleich z. B. zu Flugzeugcockpits nach Abschaltung des Autopiloten deutlich weniger oder sogar überhaupt keine Möglichkeiten für derartige Eingriffe bieten. Die Methode sieht vor, die Möglichkeiten schädlicher Eingriffe in jedem Fall in Betracht zu ziehen.

Der Methodenanwender hat auch in dem Fall, dass die Handelnden negative Emotionen meistern, zu beachten, dass

- die Zeit, die den Handelnden für die erfolgreiche Bearbeitung der wissensbasierten Aufgabe noch zur Verfügung steht, durch den Zeitaufwand für die Überwindung negativer Emotionen verkürzt wird,
- eventuelle schädliche Eingriffe in der Phase der Konfusion den Ist-Zustand, von dem der Problemlösungsversuch ausgeht, weiter verschlechtern.

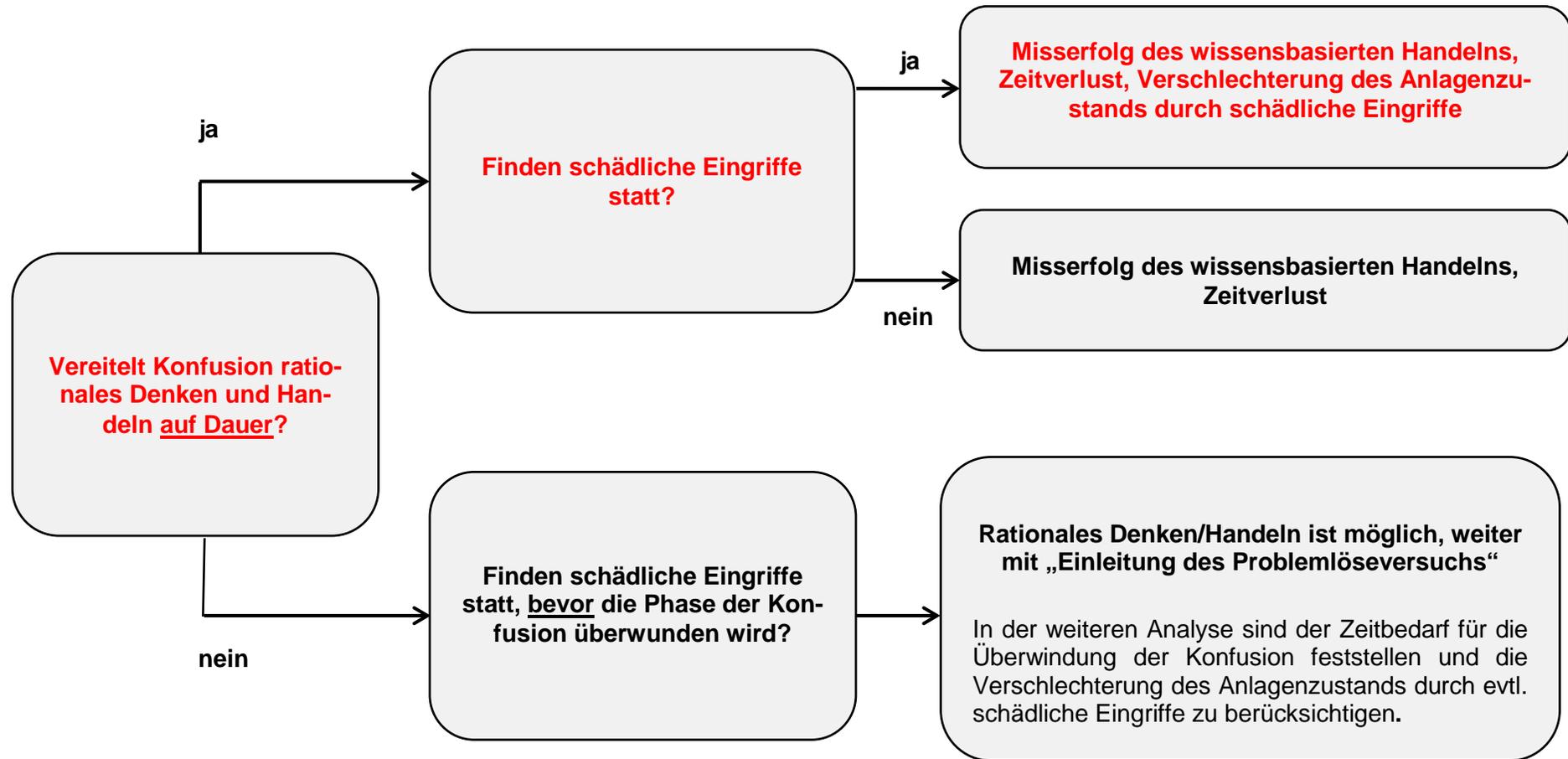
Die weitere Analyse hat dem Zeitverbrauch und dem eventuell verschlechterten Zustand zu Grunde zu legen.

Die Methode geht von der sehr konservativen Annahme aus, dass das Personal unter hohem Stress und mit nicht ausreichend bewältigten negativen Emotionen, schädliche Eingriffe, die allen diesen Kriterien genügen, mit Sicherheit tätigt. Unter erhöhtem Stress sind solche Eingriffe auszuschließen, weil das Personal per Definition prinzipiell planvoll zu handeln vermag.

Tab. 4.3 und Abb. 4.4 fassen das Gesagte zusammen.

**Tab. 4.3** Möglichkeit schädlicher Eingriffe während einer eventuellen Phase der Konfusion

Analyse	Bewertung	
<p>Möglichkeit, dass ein schädlicher Eingriff eine Verschlechterung des Ist-Zustands der Anlage bewirkt.</p> <p>Kennzeichen schädlicher Eingriffe:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Eingriff ist beim gegebenen Ist-Zustand schnell, ohne lange Vorbereitungen ausführbar.</li> <li>• Die bestimmungsgemäße Funktion des Eingriffs besteht darin, einen sicheren Zustand herzustellen oder zur Herstellung eines sicheren Zustandes beizutragen.</li> <li>• Der Eingriff entfaltet beim gegebenen Ist-Zustand eine schädliche Wirkung. Das ist in Zusammenarbeit mit einschlägigen Experten zu überprüfen und zu bestätigen.</li> <li>• Das Wissen um die bestimmungsgemäße Funktion des Eingriffs ist fest im Gedächtnis der Handelnden verankert und ohne langes Nachdenken präsent.</li> <li>• Es versagen alle Vorkehrungen zur Verhinderung des Eingriffs beim gegebenen Ist-Zustand (z. B. Kontrolle des Handelnden und seines Handelns durch evtl. anwesende Personen).</li> </ul>	<p>Wahrscheinlichkeit, einen möglichen schädlichen Eingriff in einer Phase der Konfusion auszuführen</p>	<p>1,0</p>
	<p>Fehlerfaktor</p>	<p>-</p>
	<p>Sonstiges</p>	<p>Unter nur erhöhtem Stress finden keine <u>durch Konfusion bedingten</u> schädlichen Eingriffe statt.</p> <p>Anschließende Problemlösungsversuche haben vom Ist-Zustand der Anlage auszugehen, der durch den schädlichen Eingriff verursacht worden ist.</p>



**Abb. 4.4** Folgen negativer Emotionen und ihrer eventuellen Dämpfung für das weitere Handeln

#### 4.3.4 Einleitung des Problemlöseversuchs unter Stress

Der Problemlösungsversuch kann unterbleiben oder stattfinden (siehe Abb. 4.4):

- Ein Problemlösungsversuch kann z. B. ausbleiben, solange das Personal keine ausreichend verlässliche und detaillierte Information über den Ist-Zustand der Anlage zur Verfügung hat. Man denke u. a. an den Fall, dass das Personal die Anlage wegen zu hoher Strahlung verlassen muss oder die Leittechnik zu schwer geschädigt worden ist.
- Dieses Ergebnis wird als sicherer Misserfolg wissensbasierten Handelns bewertet, wenn die benötigte Information im Zeitfenster, in dem die wissensbasierte Vorgehensweisen ausgeführt sein muss, frühestens zu einem Zeitpunkt verfügbar wird, ab dem die erforderliche Zeit für die Entwicklung und Umsetzung der wissensbasierten Vorgehensweise nicht mehr zur Verfügung steht.

Es ist hochgradig unrealistisch, anzunehmen, dass das Personal mit seinen wichtigen Aufgaben und seiner hohen Verantwortung auf dem Gebiet der Sicherheit keinen Versuch unternimmt, den sicherheitstechnisch erforderlichen Soll-Zustand herzustellen, wenn es dazu physisch und psychisch in der Lage ist. D. h. die Methode geht davon aus, dass stets ein Problemlösungsversuch stattfindet, wenn dafür die technischen Voraussetzungen, wie z. B. die Verfügbarkeit ausreichender Information, bestehen und das Personal eine eventuelle Phase der Konfusion überwunden hat.

**Tab. 4.4** Einleitung des Problemlöseversuchs

Analyse	Bewertung
Unterlassung des Problemlöseversuchs	<ul style="list-style-type: none"><li>• ausgeschlossen, solange keine Rahmenbedingungen bestehen, die den Problemlöseversuch von vorne herein vereiteln (z. B. Zerstörung der Informationsquellen, Unzugänglichkeit der Orte, wo die wissensbasierten Handlungen auszuführen sind)</li></ul>

#### **4.3.5 Analyse und Bewertung des Stresses in einem erfolgreichen Problemlöseversuch**

Ein Problemlöseversuch steht an, wenn die Handelnden die negativen Emotionen unter hohem Stress soweit bewältigt haben, dass ausreichend rationales Denken und Handeln möglich sind, oder wenn von vornherein nur unter erhöhtem Stress zu arbeiten ist (siehe Abb. 4.3).

War zunächst eine Phase der Konfusion zu überwinden, hat der Methodenanwender zu beachten, dass

- das Personal den Anlagenzustand ungewollt durch schädliche Eingriffe verschlechtern haben könnte, bevor es der Konfusion ausreichend Herr geworden ist,
- die Überwindung einer Phase der Konfusion Zeit kostet, die von dem Zeitbudget abzuziehen ist, das für Problemlösungsversuch und Umsetzung der Lösung noch zur Verfügung steht.

Zur besseren Übersicht ist die Methodendarstellung in die beiden Schritte der Analyse und Bewertung erfolgreicher und misslingender Problemlöseversuche unterteilt. Letztere sind Gegenstand des Abschnittes 4.3.6.

Der heutige empirische Erkenntnisstand erlaubt es nicht, in generischer Weise klar und eindeutig die Frage zu beantworten, welche Wirkungen Stress auf den Prozess und das Ergebnis eines Problemlöseversuchs hat (siehe Abschnitte 3.2.2 und 4.1.2). Es bleibt also nur die Möglichkeit, den Problemlöseversuch als Ganzes zu analysieren und zu bewerten, der nach den Erkenntnissen aus der Anlagenbegehung zu erwarten ist, und über Expertenurteile in der Analyse die positiven oder negativen Effekte zu berücksichtigen, die Stress entfalten kann. Wegen der Engpässe bei den nutzbaren quantitativen Daten kann man den quantitativen Beitrag der Stresseffekte derzeit nicht separat ausweisen (siehe dazu die Diskussion weiter unten).

Analyse und Bewertung des Problemlöseversuchs stützen sich auf eine bestehende Methode /FAS 10/. Diese erlaubt es, die Erfolgsaussichten zu analysieren und zu bewerten, dass die Problemlöser ein Vorgehen finden, welches

- den Ist-Zustand der Anlage in den sicherheitstechnisch erforderlichen Soll-Zustand überführt,

- aus regelbasierten Prozeduren, bzw. Praktiken oder Teilen davon besteht, deren Nutzung in der gegebenen Situation sicherheitstechnisch zulässig ist, deren Nutzbarkeit in der Situation die Problemlöser aber ad hoc erkennen und überprüfen müssen (siehe Abschnitt 4.1.5).

Die nachfolgende Beschreibung stellt die wesentlichen Teile der Methode unter weitgehendem Verzicht auf Erläuterungen der fachwissenschaftlichen Grundlagen vor. Letztere sind in der genutzten Quelle auf den jeweils angegebenen Seiten zu finden /FAS 10/.

### **a) Analyseprozess**

Der Analyseteil der Methode unterstützt eine Einstufung der Erfolgsaussichten der Problemlöser. Die Methode unterscheidet gute, mäßige und keine Erfolgsaussichten. Die Einstufung beruht auf der Einschätzung

- der „Systematik des Problemlösens“,
- der „Güte verfügbarer Informationen für das Problemlösen“ und
- des „Fachwissens der Problemlöser“.

Es folgt eine Beschreibung dieser drei Faktoren und ihrer Beurteilung. Daran anschließend wird vorgestellt, wie die Beurteilungen der einzelnen Faktoren zu einer Gesamtbeurteilung der Erfolgsaussichten zu verbinden ist.

#### *Analyseschritt 1: Systematisches bzw. unsystematisches Problemlösen*

Systematisches bzw. unsystematisches Problemlösen zeichnen sich durch folgende Merkmale aus (vgl. /SCH 06/, /FAS 10/, S. 122 ff. und Abschnitt 4.1.3):

- „Die Problemlöser setzen und verfolgen ein klares Ziel, das sie während des Problemlöseprozesses nicht aus den Augen verlieren. Das Ziel der Problemlöser entspricht demjenigen, das nach den Ergebnissen der System- und Ereignisablaufanalysen erreicht werden muss. Das Ziel wird präzisiert oder geändert, wenn der Erkenntnisstand zum Beispiel zu den Ursachen des Problems dies erfordert. Während der Problemlösung überwacht das Personal den Anlagenzustand und prüft, ob er eine Änderung des Ziels erfordert (...). Bei mehreren Zielen werden Prioritäten entsprechend der objektiv gegebenen Dringlichkeit und Wichtigkeit der einzel-

nen Ziele gesetzt. Ziele werden in Teilziele zerlegt, wenn die Problemlöser kein Vorgehen finden, das die gegebene Situation direkt in den Zielzustand überführt. Die Teilziele erfassen lückenlos die Etappen, die zur Erreichung des Ziels durchlaufen werden müssen. Teilziele führen zur Zerlegung des Gesamtproblems in Teilprobleme, die alle systematisch bearbeitet werden. Teilziele können ihrerseits in weitere Teilziele zerlegt werden usw. Die nachfolgenden Ausführungen unterscheiden aus Gründen der Übersichtlichkeit im Allgemeinen nicht zwischen Problemen und Teilproblemen, Zielen und Teilzielen sowie deren weiterer Zergliederung. Die Merkmale der Systematik des Problemlösens sind auf alle Teilprobleme anzuwenden, die das Personal im Zuge der Problemlösung aufstellt.

Ein unsystematisches Vorgehen besteht dagegen darin, keine, zu allgemeine oder ungenaue Ziele zu setzen, Ziele ohne sachlich triftigen Grund zu wechseln, an Zielen festzuhalten, die geändert werden müssen, oder Ziele zu verfolgen, die eng formuliert sind und dadurch allenfalls zu Teillösungen des Problems führen. Bei mehreren Zielen unterbleiben klare Prioritätensetzungen. Eventuell definierte Prioritäten orientieren sich nicht an der objektiv gegebenen Dringlichkeit und Wichtigkeit der Ziele“ (vgl. /FAS 10/, S. 122 – 123)

Den empirischen Erkenntnissen zu Folge kann sich Stress positiv, aber auch negativ auswirken, solange er Denken und Handeln nicht desorganisiert:

- Stress trägt positiv dazu bei, Prioritäten der Dringlichkeit entsprechend zu setzen. Er kann die Bildung der richtigen Teilziele dadurch unterstützen, dass sich der Problemlöser auf die wichtigen Aspekte der Situation konzentriert und unwichtige Aspekte vernachlässigt.
- Nachteilig wirkt sich Stress dadurch aus, dass die Person Ungenauigkeiten in Kauf nimmt, wenn sie Ist-Zustand, Soll-Zustand sowie Mittel und Handlungsoptionen zur Überführung des Ist- in den Soll-Zustand untersucht. Mögliche Folgen sind zu vage oder zu enge Ziele und (oder) ungeeignete Prioritäten.

Der Methodenanwender hat anhand der Erkenntnisse aus seiner Anlagenbegehung zu untersuchen, welche konkreten Effekte im Problemlösungsprozess zu erwarten sind.

- „Das Personal sucht und findet die genauen Ursachen dafür, dass das Ziel vom gegebenen Istzustand aus unerreichbar ist (...). Bei der Suche werden alternative

mögliche Ursachen gesucht und auf Stichhaltigkeit geprüft. ... Die Suche nach den Ursachen ist in der verfügbaren Zeit und mit den vorhandenen Informationen möglichst erschöpfend, Ursachenketten werden soweit möglich bis an ihren Ausgangspunkt zurückverfolgt. Bei Ursachenbündeln werden Wechselwirkungen einbezogen.

Qualität und Erfolg des Problemlösens stehen infrage, wenn mögliche Ursachen, Ursachenbereiche oder Alternativen zu gefundenen Ursachen und/oder Wechselwirkungen zwischen Ursachen ungeprüft verworfen werden („Es kann doch gar nicht sein, dass ...“), wenn die Suche vorzeitig und nicht bei der Erstursache endet, wenn scheinbar offensichtliche Ursachen nicht näher überprüft werden und/oder wenn ein planvolles Vorgehen zur Eingrenzung und Bestimmung der Ursachen fehlt (siehe /FAS 10/, S. 123).

Wie im Fall der Ziel- und Prioritätensetzung gilt, dass Stress die Ursachenklärung durch Konzentration auf das Wesentliche unterstützen oder, im Gegenteil, durch Ungenauigkeit und (oder) mehr oder weniger einseitige Beachtung objektiv falscher oder unwichtiger Aspekte beeinträchtigen kann. Der Methodenanwender hat anhand der Ergebnisse seiner Anlagenbegehung festzustellen, welche Effekte zu erwarten sind.

- „Im Zuge des Problemlösungsprozesses werden zutreffende Lösungsprinzipien formuliert und dem Stand der Ursachenerkenntnis entsprechend verfeinert (bzw. revidiert). ... Lösungsprinzipien nehmen in genereller Form das tatsächliche Vorgehen zur Lösung des Problems vorweg. Sie bringen zum Ausdruck, was die Lösung ausmacht. Dies unterstützt die Suche nach den konkreten und richtigen Vorgehensweisen und Mitteln wirksam. Man weiß, wonach man zu suchen hat und was eine Lösung auszeichnet.

Dagegen beeinträchtigen oder verhindern vage, unzutreffende oder fehlende Lösungsprinzipien die Suche nach adäquaten Lösungen“ (vgl. /FAS 10/, S. 124).

Auch hier kann Stress in den bereits beschriebenen Weisen der Konzentration auf das Wesentlich bzw. des grob-holzschnittartigen Denkens positiv oder negativ wirken. Die tatsächliche Wirkung auf das Personal ist anhand der Erkenntnisse aus der Anlagenbegehung zu ermitteln.

- *„Problemlösen umfasst in der gegebenen Situation die Suche nach Möglichkeiten, einen anvisierten Lösungsweg in die Tat umzusetzen.... Systematische Lösungssuche zeichnet sich dadurch aus, die vorhandenen Unterlagen wie Betriebs- und Notfallhandbuch nach nutzbaren Vorgehensweisen zu durchsuchen und Fachkräfte nach solchen Vorgehensweisen zu befragen. Die Problemlöser achten darauf, dass jedes einzelne Teilziel den Kriterien und Bedingungen der Anwendung des Vorgehens entspricht, mit dem das nächste Teilziel erreicht werden soll.*

*Die Problemlöser prüfen die gefundene(n) Vorgehensweise(n) zur Zielerreichung auf ihre sicherheitstechnische Zulässigkeit, Ausführbarkeit, Wirksamkeit und Nebeneffekte in der gegebenen Situation. Die Ausführbarkeit ist zum Beispiel zu beurteilen, indem man die verfügbare Zeit für die Ausführung, die Einsatzbereitschaft erforderlicher Fachkräfte, die Erreichbarkeit der Ausführungsorte und die Arbeitsbedingungen an diesen Orten in Betracht zieht und wertet. Die Ausführung kann Freischaltungen voraussetzen, die das Personal in die Betrachtung einbezieht. Werden Anwendungsbedingungen gelockert oder Nebeneffekte in Kauf genommen, erfolgt dies nach sorgfältiger Prüfung des Für und Wider. Erfüllen gefundene Vorgehensweisen die Anforderungen an Anwendbarkeit, Ausführbarkeit, Wirkung und Nebeneffekte nicht, verzichten die Problemlöser auf die Umsetzung. Entscheiden sie sich für die Umsetzung, antizipieren sie mögliche Hindernisse und Fehler bei der Ausführung und legen geeignete Vorkehrungen fest.*

*In einem unsystematischen Problemlösungsprozess bleibt die Nutzung der Quellen für Vorgehensweisen selektiv. Zu den Quellen gehören Unterlagen und Fachkräfte. Das Personal setzt eine gefundene Vorgehensweise um, ohne genau zu prüfen, ob sie die Anforderungen an Zulässigkeit, Ausführbarkeit und Wirksamkeit wirklich erfüllen.“(aus /FAS 10/, S. 124 – 125).*

Auch in Bezug auf die Handlungsoptionen kann Stress positiv wirken, indem er den „Blick“ für das Wesentliche schärft, oder Wahl und Beurteilung der Optionen beeinträchtigen, weil die Person zu undifferenziert untersucht, welche Handlungsmöglichkeiten und Mittel ihr zur Verfügung stehen. Aus den Ergebnissen der Anlagenbegehung ist abzuleiten, in welcher Form Stress auf das Personal der Anlage bei der untersuchten wissensbasierten Aufgabe konkret wirkt.

Der Methodenanwender berücksichtigt zudem auf der Grundlage der Erkenntnisse aus der Anlagenbegehung den Beitrag, den die Zurückdrängung negativer Gefühle und

störender Gedanken, leisten, indem sie den Ablauf des Problemlösungsprozesses verzögern und die Qualität des Problemlösens beeinträchtigen, weil die Problemlöser sich immer wieder anstrengen müssen, „ihren Kopf freizubekommen“, um trotz störender Gedanken bzw. Gefühle „den Faden nicht zu verlieren“.

#### *Analyseschritt 2: Güte verfügbarer Informationen für das Problemlösen*

Neben der Systematik des Problemlöseprozesses hängt das Ergebnis dieses Prozesses auch von den Informationen ab, die dem Personal zur Verfügung stehen. Zur Beurteilung der Informationsgüte sieht die benutzte Quelle folgende Analyseschritte vor (aus /FAS 10/, S. 125 – 126): „Im Problemlösungsprozess benötigt das Personal Informationen über

- *den Zustand der Anlage, Systeme und Komponenten,*
- *den Aufbau der Systeme und Komponenten,*
- *ihre system- und verfahrenstechnischen Zusammenhänge,*
- *Prozeduren und andere Beschreibungen von Vorgehensweisen, mit denen sich System- und Komponentenzustände ändern lassen, und*
- *Lage, Aufbau und Aufteilung von Gebäuden, Gebäudebereichen, Räumen etc.*

*Der Methodenanwender hat die Güte der Informationen zu beurteilen. Zu betrachten sind Informationen auf den Benutzungsoberflächen und solche in Unterlagen. Dabei steht „Benutzungsoberfläche“ für alle Teile der Anlage innerhalb und außerhalb der Warte, an denen das Personal Kontrollen und/oder Eingriffe vorzunehmen hat. Zu den Kontrollen gehört nicht nur das Ablesen von Informationseinrichtungen, sondern auch Sichtprüfungen zum Beispiel auf Leckagen an Komponenten vor Ort. Gesichtspunkte der Einschätzung sind*

- *für Informationen auf Benutzungsoberflächen: Eindeutigkeit, Zuverlässigkeit, Genauigkeit, Übersichtlichkeit und Zugänglichkeit.*
- *für Unterlagen: inhaltliche Korrektheit, Vollständigkeit und Klarheit, Übersichtlichkeit sowie Orientierungshilfen, mit denen der Nutzer zuverlässig erforderliche Informationen findet.*

*Vollständigkeit, Genauigkeit und ergonomisches Design der Informationen sind zu werten. Der Anwender der Methode untersucht, inwieweit es dem Personal gelingt, das*

*Problem trotz unvollständiger, unpräziser und/oder ergonomisch suboptimal gestalteter Informationen zu lösen. Zu berücksichtigen sind Zeitverluste durch die Suche nach benötigten Informationen, Rückgriff auf zusätzliche Informationsquellen wie zum Beispiel erfahrene Kollegen, die aus ihrer Freizeit auf die Anlage geholt werden, und/oder Abschätzungen zur Ausprägung von Prozessgrößen, für die keine genaue Information auf der Benutzungsoberfläche vorliegt, etc. Liegen solche Bedingungen vor, hat der Anwender zu beurteilen, ob der Problemlösungsprozess trotz solcher Hindernisse und Fehlerquellen systematisch weiterläuft.“ (aus /FAS 10/, S. 125 – 126).*

Der Methodenanwender beachtet, dass ergonomisch suboptimale Bedingungen eine Quelle für Ärger und störende Gedanken („Muss das denn ausgerechnet jetzt sein ...?“) und damit für Stress darstellen, die zurückzudrängen sind und die effektive Suche nach Ersatzinformationen zumindest verzögern können.

### *Analyseschritt 3: Fachwissen der Problemlöser*

Dritter Erfolgsfaktor des Problemlösungsprozesses ist das Fachwissen der Problemlöser. Ohne Fachwissen bleiben die Informationen über Prozess und Anlage unverständlich. Ferner fehlen ohne entsprechendes Fachwissen die Kenntnisse zur korrekten Festlegung der Handlungsziele, zu Lösungsprinzipien, zu Handlungsoptionen und insbesondere zu den regelbasierten Prozeduren bzw. Praktiken, die zur Lösung des Problems nutzbar sind (siehe Abschnitt 4.1.5). Fachwissen und Training wirken Stress entgegen (siehe Abschnitt 4.1.2). Der Methodenanwender erfasst das Fachwissen im Zuge der Anlagenbegehung.

Zur besseren Übersicht führt Tab. 4.5 stichwortartig die Merkmale erfolgreichen Problemlösens auf. Je mehr dieser Merkmale nicht erfüllt sind, desto stärker gehen die Erfolgsaussichten erfolgreicher Problemlöseversuche zurück. Der Experte hat zu beurteilen, ob Stress die Ausprägungen der Faktoren beeinträchtigt, stärkt oder unverändert lässt und wie die Faktoren zur Erhöhung oder Minderung des Stressess beitragen. Beispielsweise kann Stress dazu führen, mehr Ungenauigkeiten in der Lösung zu tolerieren oder Prioritäten richtig zu setzen, statt sich in mehreren Aufgaben zu verzetteln, die der Handelnde mehr oder minder gleich gewichtet (siehe Abschnitt 4.1.2). Fehlende oder ungeeignete Informationen können ebenso wie Lücken im Fachwissen Stressoren werden, weil die Aussichten auf Handlungsmisserfolge mit ihren negativen Folgen steigen und dadurch per Definition die Voraussetzung für Stress gegeben sind (siehe Abschnitt 4.1.3).

**Tab. 4.5** Zusammenstellung der Merkmale erfolgreichen Problemlösens

Faktor	Einzelaspekt	Ausprägung
Systematik des Problemlösens	Ziel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ist sicherheitstechnisch richtig.</li> <li>• ist klar formuliert.</li> <li>• wird konsequent verfolgt.</li> <li>• wird richtig an evtl. veränderte Situation angepasst (Situation wird fortlaufend kontrolliert).</li> <li>• erhält sicherheitstechnisch richtige Priorität, wenn mehrere Ziele zu verfolgen sind.</li> <li>• wird in Teilziele zerlegt, die eine lückenlose Kette vom Ist- zum Soll-Zustand lückenlos bilden. Teilziele werden genauso systematisch wie die Ziele selbst verfolgt</li> </ul>
	Ursachen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die genauen Ursachen des Problems werden gesucht und gefunden.</li> <li>• Alternative Ursachen werden bedacht und geprüft.</li> <li>• Die Ursachensuche ist erschöpfen: Ursachenketten werden bis zur Erstursache zurückverfolgt, soweit es die Informationen ermöglichen.</li> <li>• Wechselwirkungen zwischen Ursachen werden korrekt berücksichtigt.</li> </ul>
	Lösungsprinzipien	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sind zutreffend, nehmen die Lösung also in generischer Form vorweg.</li> <li>• werden den Stand der Erkenntnis entsprechend schrittweise verfeinert.</li> </ul>

Faktor	Einzelaspekt	Ausprägung
	Suche nach Lösungsmöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quellen werden systematisch genutzt.</li> <li>• Optionen werden erschöpfend bestimmt und systematisch auf Anwendbarkeit geprüft.</li> <li>• Nebenwirkungen werden beachtet.</li> <li>• Toleranzen bei der Umsetzung und Tolerierbarkeit von Nebenwirkungen werden geprüft.</li> <li>• Es erfolgt ein Verzicht auf die Umsetzung von „Lösungen“, die der Prüfung nicht standhalten.</li> <li>• Mögliche Fehler und Probleme der Umsetzung werden antizipiert, geeignete Vorkehrungen entwickelt.</li> </ul>
Güte der Information	Benutzungsoberflächen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eindeutigkeit, Zuverlässigkeit, Genauigkeit, Übersichtlichkeit und Zugänglichkeit sind gegeben..</li> </ul>
	Unterlagen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inhaltliche Korrektheit, Vollständigkeit und Klarheit, Übersichtlichkeit sowie Orientierungshilfen, mit denen der Nutzer zuverlässig erforderliche Informationen findet, sind gegeben.</li> </ul>
Fachwissen		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prozeduren und Praktiken, die ganz oder in Teilen in die Lösung eingehen, gehören zu den regelbasierten Kenntnissen des Personals.</li> </ul>

#### *Analyseschritt 4: Gesamtbeurteilung der Erfolgsaussichten des Problemlösungsprozesses*

Der Methodenanwender verknüpft die gewonnenen Erkenntnisse über die Systematik des Problemlöseprozesses, die Güte der Information und das Fachwissen zu einer Gesamtbeurteilung der Erfolgsaussichten des Problemlösungsprozesses. Tabelle 4-5 zeigt, wie die zusammenfassende Wertung vorzunehmen ist. Diese Tabelle entspricht bis auf eine redaktionelle Änderung der Tabelle 5-2 aus der genutzten Quelle (/FAS 10/, S. 127). Dabei handelt es sich um eine einfachere sprachliche Formulierung des Kriteriums, dass der Problemlösungsversuch keine Aussicht auf Erfolg hat, wenn der Problemlöseprozess unsystematisch verläuft.

**Tab. 4.6** Stufen der zusammenfassenden qualitativen Wertung der Ergebnisse der Analyse zu den Erfolgsaussichten des Problemlöseprozesses

Ergebnis der Analyse	Erfolgsaussichten
<p>Mindestens eine der drei folgenden Aussagen trifft zu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fachwissen unzureichend</li> <li>• Erforderliche Informationen (auf Benutzungsoberflächen und in Unterlagen) nicht oder nicht in der erforderlichen Qualität verfügbar</li> <li>• Problemlösungsprozess (wegen mangelnder Systematik) nicht oder kaum in geordneter Form durchführbar</li> </ul>	keine
<p>Alle vier Aussagen treffen zu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fachwissen ausreichend</li> <li>• Erforderliche Informationen (auf Benutzungsoberflächen und in Unterlagen) teilweise nicht verfügbar</li> <li>• Anlagenbegehung zeigt, dass trotz der Informationsdefizite Nutzung des erforderlichen Wissens prinzipiell möglich, aber auch fehleranfälliger ist</li> <li>• Problemlösungsprozess systematisch durchführbar</li> </ul>	mäßig
<p>Alle drei Aussagen treffen zu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fachwissen ausreichend</li> <li>• Erforderliche Informationen (auf Benutzungsoberflächen und in Unterlagen) verfügbar</li> <li>• Problemlösungsprozess systematisch ohne schwerwiegende Fehlermöglichkeiten durchführbar</li> </ul>	gut

## b) Bewertung

Tab. 4.6 und Abb. 4.5 fassen den Ansatz für die Quantifizierung der Erfolgsaussichten zusammen. Sie entsprechen der Tabelle 6-3 und der Abbildung 6-1 der genutzten Quelle (/FAS 10/, S. 53).

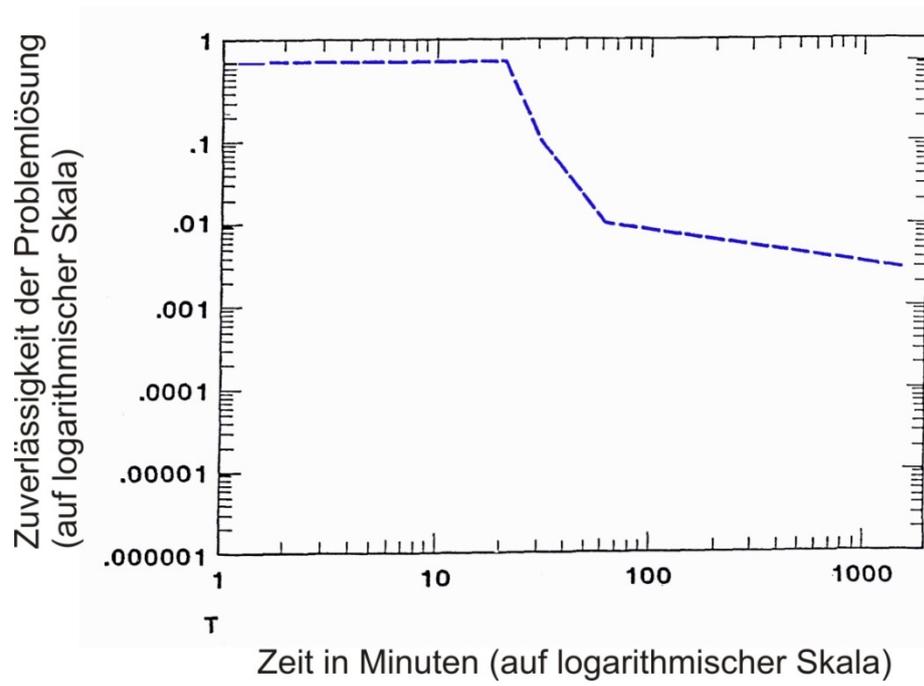
- Eingangsinformation für die Quantifizierung ist die Beurteilung der Erfolgsaussichten des Problemlösens, die der Methodenanwender entsprechend Tab. 4.1 beurteilt hat.
- Der resultierende Schätzwert steht für die Wahrscheinlichkeit, die richtige Lösung zu finden, wenn die in Tab. 4.1 aufgeführten Kriterien erfüllt sind. Das Komplement steht für die Wahrscheinlichkeit, das richtige Vorgehen nicht zu finden.

- Die Schätzwerte für Problemlöseversuche unter mäßigen Erfolgsaussichten sind derzeit eine Sprungfunktion. Es sind weitere Methodenentwicklungen erforderlich, um den erwarteten, stetigen Zusammenhang zwischen Zeit und Erfolgswahrscheinlichkeit genauer zu bestimmen (siehe /FAS 10/, S. 60).
- Tab. 4.7 zeigt, wie die Schätzwerte zu bestimmen sind, wenn die Erfolgsaussichten für den Problemlöseversuch gut oder mäßig sind.

Der Leser findet die fachliche Begründung in der genutzten Quelle (/FAS 10/, S. 54 ff.).

**Tab. 4.7** Quantitative Bewertung der Zuverlässigkeit des Problemlösens in Abhängigkeit von den Erfolgsaussichten

Qualitative Einschätzung der Erfolgsaussichten	Schätzwert für die Fehlerwahrscheinlichkeit
keine	$P = 1$
mäßig	$T \leq 20 \text{ min: } P = 1$ $T > 20 \text{ min: } P = 0,5$
gut	je nach Zeit ab Eintritt des Anlagenzustandes, der wissensbasiertes Handeln erfordert (mit Verlauf zwischen den folgenden Stützstellen entsprechend /SWA 83/, S. 12-13) $T \leq 20 \text{ min: } P = 1$ $T = 30 \text{ min: } P = 0,1$ $T = 60 \text{ min: } P = 0,01$ $T = 1 \text{ Tag und länger: } P = 0,003$
	Fehlerfaktor für alle $P < !$ beträgt 10



**Abb. 4.5** Zuverlässigkeit des Problemlösens unter guten Erfolgsaussichten in Abhängigkeit von der Zeit

**Tab. 4.8** Schrittprogramm für die Quantifizierung der Wahrscheinlichkeit für erfolgreiche Problemlöseversuche, wenn gute bzw. mäßige Erfolgsaussichten bestehen, die richtige Vorgehensweise zu finden

Schritt		Kommentar
1	Bestimmung des Zeitbudgets, das für die gesamte wissensbasierte Aufgabe zur Verfügung steht: es reicht vom Zeitpunkt, ab dem der Problemlöseversuch unternommen wird, bis zu dem Zeitpunkt, zu dem der sicherheitstechnisch erforderliche Sollzustand der Anlage erreicht sein muss.	Der Problemlösungsversuch kann erst beginnen, wenn die Phase der Konfusion soweit überwunden ist, dass ausreichend rationales Denken und Handeln möglich werden.
2	Bestimmung des Zeitaufwands für die Ausführung der Vorgehensweise, die im Problemlösungsversuch gefunden worden ist.	Zu diesem Zeitaufwand gehört auch die Zeit, die aufzuwenden ist, um die Ausführung der Vorgehensweise vorzubereiten (Einweisung der ausführenden Personen, Beschaffung erforderlicher Hilfsmittel usw.)
3	Differenz der Werte aus Zeile 1 und 2	Diese Differenz ist die Zeitspanne, die für den Problemlösungsversuch maximal zur Verfügung steht.
4	Ablesen des Ordinatenwertes, der in Abbildung 4-5 der Zeitspanne auf der Abszisse entspricht, die maximal für den Problemlösungsversuch zur Verfügung steht	Der abgelesene Wert quantifiziert die Wahrscheinlichkeit, das richtige Vorgehen nicht in der Zeitspanne zu finden, die für den Problemlösungsversuch maximal zur Verfügung steht.

### c) Quantifizierbarkeit des Faktors Stress

Die vorgestellte Methode unterstützt nur die Bewertung erfolgreicher Problemlöseversuche unter Stress, nicht aber eine Bewertung des quantitativen Beitrags, den Stress zur Zuverlässigkeit des Problemlösens leistet.

- Man betrachte als Erstes den Fall, dass der Problemlöseversuch misslingt. Eine Rückführung dieses Ergebnisses auf die Ursache „Stress“ hängt ausschließlich vom qualitativen Expertenurteil ab, auf dem die Analyse des Problemlöseversuchs beruht. Prinzipiell sind folgende Expertenurteile möglich:
  - Stress entfaltet den Ergebnissen der Anlagenbegehung zu Folge nur positive Wirkungen, wie z. B. die Konzentration auf die richtigen Informationen. Der Misserfolg ist dann trotz Stress eingetreten, z. B. wegen ungeeigneter Lösungsprinzipien.
  - Stress hat nur negativ gewirkt, was also, je nach Güte der Information und des Fachwissens, Ursache oder Mitursache des Misserfolgs.
  - Stress ist Folge z. B. mangelnder Information oder mangelnder Fachkenntnisse, was also nicht Erstursache, sondern ein Glied in der Ursachenkette, an deren Ende der Misserfolg steht.
  - Stress hat den Erkenntnissen der Anlagenbegehung zu Folge teils positive, teils negative Wirkungen. Heben sich diese Wirkungen gegenseitig auf, ist Stress zwar präsent, aber weder Ursache noch Mitursache des Misserfolgs. Der Experte kann aber auch zu dem Urteil kommen, dass Stress mindestens ein Merkmal systematischen Problemlösens so stark beeinträchtigt, dass er trotz anderer positiver Stresseffekte die Problemlösung zum Scheitern bringt.

Diese Aussagen gelten analog auch für Problemlösen mit mäßigen oder guten Erfolgsaussichten. Es bleibt also nur zu zeigen, dass eine von Null verschiedene Erfolgswahrscheinlichkeit kein quantitatives Maß für den Stress ist, unter dem das Problemlösen stattgefunden hat.

- Im Falle guter oder mäßiger Erfolgsaussichten hängt die Zuverlässigkeit erfolgreichen Problemlösens dem Quantifizierungsansatz zu Folge davon ab, wie viel Zeit die Umsetzung des gefundenen Vorgehens in Anspruch nimmt (siehe Tab. 4.7). D. h. der Methodenanwender erhält für jeden Problemlöseversuch, aus dem dieses Vorgehen resultiert, denselben Wert für die Zuverlässigkeit des Problemlösens.

Dieser Wert ist also unabhängig vom Stress, unter dem das Problemlösen stattgefunden hat. Es hängt aber von dem Stress ab, der bei der Ausführung des gefundenen Vorgehens wirksam ist, wenn er sich auf die Ausführungszeit auswirkt, wie es z. B. bei einem besonders langsamen, skrupulösen Vorgehen der Fall ist (siehe Abschnitt 4.1.2.). Der Quantifizierungsansatz wurde von Swain übernommen (siehe dazu /SWA 83/, Kap. 12 sowie /FAS 10/, S. 54). Er ist durch Überlegungen begründet, die in der genutzten Quellen ausführlich dokumentiert sind, bedarf aber der Weiterentwicklung, um den kausalen Zusammenhängen zwischen Stress im wissensbasierten Handeln, Problemlöseversuch und Umsetzung des gefundenen Vorgehens besser gerecht zu werden.

Aus dieser Sachlage ergibt sich ein Bedarf an weiteren Untersuchungen, der weiter unten beschrieben wird.

Die Quantifizierung der Wahrscheinlichkeit erfolgreicher Problemlöseversuche lässt auch die Frage unbeantwortet, mit welcher Wahrscheinlichkeit das Personal ein falsches Vorgehen findet. Denn das Komplement der Wahrscheinlichkeit erfolgreichen Problemlösens besteht in der Wahrscheinlichkeit, das richtige Vorgehen nicht rechtzeitig zu finden. Zur Analyse und Bewertung bestimmter Arten falscher Vorgehensweisen dienen die Schritte, die der nachfolgende Abschnitt vorstellt.

#### **4.3.6 Analyse und Bewertung des Stresses in einem misslungenen Problemlöseversuch mit der Folge falscher Vorgehensweisen**

Eine mögliche Folge misslingender Problemlöseversuche können falsche Vorgehensweisen sein, deren Umsetzung den Anlagenzustand weiter verschlimmert und auf jeden Fall Zeit kostet, die dann für weitere Problemlösungsversuche fehlt. Analyse und Bewertung des Faktors Stress haben daher auch den Beitrag dieses Faktors zur Entwicklung falscher Vorgehensweisen einzubeziehen.

Die nachfolgende Darstellung unterscheidet Vorgehensweisen, die ungewollt schädliche Eingriffe einschließen, von sonstigen falschen Vorgehensweisen. Als Erstes werden Möglichkeiten schädlicher Eingriffe betrachtet.

Im Unterschied zu schädlichen Eingriffen in einer Phase der Konfusion geht es dabei um schädliche Eingriffe, die aus einem planvollen Handeln resultieren. Als Ursache

ungewollter, aber aus fehlerträchtigen planvollen Überlegungen heraus vorgesehener schädlicher Eingriffe gelten die so genannten kognitiven Fehler.

### **a) Kognitive Fehler**

Unter kognitiven Fehlern versteht man in der Grundlagenforschung Faktoren, die erklären, dass menschliche Urteile und Entscheidungen systematisch von den Urteilen und Entscheidungen abweichen, die aus einer Anwendung der formalen Logik, der Wahrscheinlichkeitsrechnung oder der mathematisch fundierten Entscheidungstheorie folgen würden. Menschliches Urteilen und Entscheiden ist im Vergleich zu diesen formalen Ansätzen als nur begrenzt rational anzusehen. Beispielsweise führt eine formal identische Entscheidungsaufgabe zu systematisch unterschiedlichen Entscheidungen, je nachdem, ob man dem Entscheider das Entscheidungsergebnis als Gewinnchance („Rettung eines Menschenlebens durch Eingriff X in 80 % aller Fälle“) oder als Verlustrisiko („Verlust eines Menschenlebens durch Eingriff X in 20 % der Fälle“) präsentiert (dazu ausführlicher z. B. /STA 10/, S. 29 ff.). Kognitive Fehler heißen in der Fachliteratur auch kognitive Täuschungen, oder „heuristics and biases“ (siehe dazu /STA 03/, S. 566 ff.). Die Bezeichnung der „kognitiven Illusionen“ wird ebenfalls verwendet /POH 04/.

Der Begriff des kognitiven Fehlers wird aber auch in einem weiteren Sinne gebraucht, um Eigenheiten menschlicher Informationsverarbeitung zu bezeichnen, die effektives Handeln unterstützen und sich normalerweise bewähren, die in bestimmten Situationen aber auch Ursache für fehlerhaftes Handeln werden können (z. B. /FAS 03/). Tab. 4.9 führt wichtige Beispiele auf, sie entspricht mit kleinen redaktionellen Änderungen der Tabelle 4-3 aus der genutzten Quelle (/FAS 10/, S. 18). Zur Veranschaulichung solcher Fehlerquellen dient die Ausrichtung der Informationsverarbeitung und damit der Kognition auf das Ziel, das der Handelnde verfolgt (Gruppe A in Tab. 4.9): Für den Handelnden steht die Information im Vordergrund, die mit seinem Ziel und der Zielerreichung zusammenhängt. Das ist auch deshalb notwendig, um sich im erforderlichen Umfang gegen Ablenkungen und Verzögerungen durch die Bearbeitung von Information abzusichern, die für die Handlung keine Bedeutung haben. Eine mögliche negative Folge dieser Konzentration besteht aber darin, andere Informationen zu übersehen, die der Handelnde nicht übersehen sollte. Ereignisse aus der Betriebserfahrung belegen z. B., dass Operateure so sehr auf das Ziel einer Prüfung konzentriert waren, dass ihnen optische Alarme aus Systemen, die nicht Gegenstand der Prüfung waren, entgangen sind, obwohl die optischen Alarme auf demselben Pultsegment angezeigt worden sind,

an dem auch die Prüfung durchzuführen war. Der Operateur hatte den optischen Alarm im Wortsinne vor Augen und nicht gesehen.

Eine Durchsicht verschiedener Sammelwerke zeigt, dass kognitive Fehler in der Regel an einfachen laborexperimentellen und stressfreien Aufgaben untersucht werden /GIL 02/, /KAH 99/, /KAH 02/, /KAH 11/, /POH 04/, /POL 93/, /STA 10/, /WAT 11/. Solche Experimente belegen, dass kognitive Fehler ein wichtiger Bestandteil menschlichen Denkens, Urteilens und Entscheidens sind, lassen aber offen, wie sie in realweltlichen Situationen mit Stress und Problemlösen interagieren. Prinzipiell bestehen folgende Möglichkeiten der Wechselwirkung:

- Kognitive Fehler verfälschen das Problemlösen, weil man eine Voraussetzung für selbstverständlich hält und nicht prüft, ob sie stimmt. Der Problemlöseprozess kann kognitiven Fehlern aber auch entgegenwirken, weil der Problemlöser Information gründlich verarbeitet und das genutzte Wissen sorgfältig auf Stichhaltigkeit prüft.
- Stress kann kognitive Fehler verhindern, wenn er dazu führt oder beiträgt, dass der Handelnde sich auf die objektiv wichtigen Aspekte der Situation konzentriert und deshalb z. B. sorgfältig die Voraussetzungen prüft, von denen er bei seinem weiteren Handeln ausgeht. Jedoch kann Stress wie kognitive Fehler aber auch dazu führen, Informationen, Unterscheidungen, Entscheidungsalternativen oder Handlungsoptionen zu vernachlässigen oder Prioritäten der Aufgaben und Handlungen zu ändern. Da kognitive Fehler auch in Situationen ohne Stress auftreten, ist es nicht zulässig, die psychischen Prozesse, die Stress und kognitiven Fehlern zugrunde liegen, einfach gleichzusetzen. Tab. 4.9 führt als Gruppe C auch die Auseinandersetzung mit Stressoren als Quelle für kognitive Fehler auf. Der Zusammenhang ist aber nur summarisch beschrieben. Die zugrunde liegende Quelle berücksichtigt zudem nur Beeinträchtigungen durch Stress (siehe /FAS 03/, S. 157). Die positiven Effekte, wie z. B. die Konzentration auf das objektiv Wichtige, bleiben unberücksichtigt. Kognitive Fehler können Stress erzeugen, indem sie den Handelnden in eine bedrohliche oder unerwartete Situation bringen, in der Misserfolge des Handelns negative Folgen nach sich ziehen.
- Zusammenhänge zwischen Stress und Problemlösen waren bereits Gegenstand der Ausführungen zur „Systematik des Problemlösens“ (siehe oben).

Auf Grund dieses Erkenntnisstandes ist es nicht möglich, auf der grundlagenwissenschaftlichen Fachliteratur Daten zur Quantifizierung der Wahrscheinlichkeit zu gewin-

nen, dass Problemlöser unter Stress und (oder) wegen kognitiver Fehler eine Vorgehensweise finden, die schädliche Eingriffe einschließt. Auch kann man den Erkenntnisstand nicht zu einer konsistenten Wissensbasis zusammenführen, von der eine fundierte Expertenschätzung der Wahrscheinlichkeit Ausgang nehmen könnte.

Wie bei der Darstellung der empirischen Erkenntnisse wiederholt hervorgehoben wurde, hängt es von den Anforderungen der Aufgaben ab, ob die Vernachlässigung bestimmter Informationen, Unterscheidungen, Entscheidungsalternativen oder Handlungsoptionen bzw. die Änderung der Priorität von Aufgaben bzw. Handlungen als Fehler zu werten ist (siehe Abschnitt 4.1.2). Womöglich genügt ein grobes, „holzschnittartiges“ Vorgehen, um eine Aufgabe zu erfüllen. Versteht man Stress wie Lazarus als aktive Anpassung an die Situation (siehe Abschnitte 3.1.3 und 4.1.3), sind die eben aufgezählten Vernachlässigungen und Prioritätenänderungen Ergebnis von Strategien und Taktiken, mit denen der Handelnde versucht, seine Aufgabe in der Stresssituation so gut es geht zu erfüllen. Solche Strategien und Taktiken können also zu den gleichen Effekten wie eine „blinde“, unreflektierte Anwendung bewährter, aber nur begrenzt rationaler Routinen führen, die für kognitive Fehler typisch sind. Man kann aber nicht einfach davon ausgehen, dass Stress und kognitive Fehler auf den gleichen psychischen Prozessen beruhen und zu den gleichen Wahrscheinlichkeiten für die Auslassung einer Handlung A, die Ausführung einer Handlung B statt der erforderlichen Handlung C oder die Vergabe einer geringen Priorität an Handlung D führen.

**Tab. 4.9** Übersicht über kognitive Fehler

Gruppe	Aspekt der Kognition	Beispiel für kognitive Fehler	Kommentar
<b>A</b>	Ausrichtung von Kognition und Handeln auf Ziele	Einseitige Nutzung von Informationen, die mit dem Ziel zusammenhängen, Vernachlässigung anderer Informationen	Handeln und damit Kognition im Zuge des Handelns sind zielgerichtet. Ohne Ziel gibt es kein geordnetes Handeln. Abwägen und Reflexion der eigenen Ziele wirken Übervereinfachungen entgegen.
<b>B</b>	Nutzung von Gelerntem und von Erfahrungen	Bevorzugte Nutzung der Kenntnisse und Erfahrungen, die prompt erinnert werden, Vernachlässigung von Kenntnissen und Erfahrungen, an die man sich nicht sofort erinnert.	Grundlage des Handelns ist ein Bild (eine „kognitive Repräsentation“) der Situation, der Ziele und der Handlungsmöglichkeiten. Diese Repräsentation greift stets auf Kenntnisse und Erfahrungen zurück, Sie ist somit von Gedächtnisinhalten und Gedächtnisleistungen abhängig. Gründliche(er)s Nachdenken wirkt dem Effekt entgegen, bei Handeln von den „erstbesten“ Ideen und Einfällen auszugehen.
<b>C</b>	Auseinandersetzung mit Stressoren	Selektivere Nutzung von Informationen, Kenntnissen und Erfahrungen, Suche nach ad-hoc Lösungen für Einzelaspekte einer Situation	Es hängt wesentlich vom Ausmaß des Stresses ab, ob er positiv oder negativ auf Handeln und Kognition wirkt. Zuverlässiges Handeln setzt ein „mittleres“ Ausmaß an Stress voraus.
<b>D</b>	Verknüpfung von Informationen zu einem konsistenten Bild der Handlungssituation	Bevorzugung monokausaler Erklärungen. Ausblendung einzelner inkompatibler Informationen aus einem Kollektiv zusammenpassender Informationen.	Gedankliche Modelle erleichtern das Handeln vor allem in komplexen Situationen. Gute Modelle erfassen das Wesentliche ohne überflüssige Details und ohne schwerwiegende Lücken.
<b>E</b>	Kapazitätsgrenzen	Das Arbeitsgedächtnis besitzt eine begrenzte Kapazität.	Kapazitätsgrenzen sind nicht starr, sondern in gewissem Umfang durch Übung und Erfahrung veränderbar.

## **b) Analyse und Bewertung schädlicher Eingriffe**

Die Analyse schädlicher Eingriffe stützt sich auf die bereits angesprochene Methode für die Analyse und Bewertung dieser Art von Fehlern /FAS 03/. Da diese Methode die Berücksichtigung vieler Einzelaspekte erfordert, gibt der vorliegende Bericht nur eine kurze Übersicht mit Hinweisen auf die Stellen der ausführlichen Dokumentation, die der Methodenanwender zu Rate ziehen sollte.

- Der Leitgedanke der Methode besteht darin, dass Operateure auf Grund von Wechselwirkungen zwischen ergonomischen Faktoren und kognitiven Fehlern fälschlich zu dem Schluss kommen, der Ist-Zustand der Anlage erlaube und erfordere Eingriffe, die aus Betriebs-, Prüf- oder Notfallhandbuch oder sonstiger Quellen der Fachkunde bekannt sind, die aber beim gegebenen Anlagenzustand objektiv eine Verschlechterung verursachen und deshalb unterbleiben müssen. Die Operateure sind also nach Diagnose des Anlagenzustands auf Grund der ihnen vorliegenden Informationen und ihrer Kenntnisse nach bestem Wissen und Gewissen überzeugt, der Eingriff sei zulässig und erforderlich.
- Die Einschätzung des Potentials für solche Eingriffe beruht auf einem Expertenurteil auf der Grundlage eines Modells, demzufolge die Kognition unter bestimmten ergonomischen Rahmenbedingungen für kognitive Fehler „anfällig“ wird, wodurch mehr oder minder günstige Voraussetzungen für eine Fehldiagnose des Anlagen-Ist-Zustandes und für die Entscheidung entstehen, einen objektiv schädlichen, aus der Sicht des Personals aber zulässigen und notwendigen Eingriff zu tätigen. Der Methodenanwender greift auf die Tabellen 6-1 und 6-2 der genutzten Quelle /FAS 03/ zurück, um fehlerträchtige Wechselwirkungen zwischen Kognition und ergonomischen Rahmenbedingungen des Handelns zu bestimmen. Zum Beitrag des Faktors Stress nutzt der Methodenanwender die Erkenntnisse, die er bei der Einschätzung der Systematik des Problemlösungsprozesses und der Güte der Information gewonnen hat. Er nutzt und bewertet dazu auch die Aspekte, die Tab. 4.5 aufführt. Sie ergänzen die Analyseschritte, die Zeile C in Tab. 4.9 vorsieht und die als Analysegegenstand einseitig negative Wirkungen des Stresses aufführen.
- Die Werte zur Quantifizierung der Fehlerwahrscheinlichkeiten sind aus Erkenntnissen probabilistischer Sicherheitsanalysen deutscher Kernkraftwerke abgeleitet und beziehen sich auf regelbasiertes Handeln (vgl. /FAS 03/, S. 177 f.). Es ist zulässig, diese Werte auf wissensbasiertes Handeln zu übertragen, wenn die Anlagenbegehung zeigt, dass das Personal Vorgehensweisen ausschließlich im Fundus seiner

regelbasierten Fachkenntnisse sucht und findet (siehe Abschnitt 4.1.3). Ist diese Voraussetzungen den Ergebnissen der Anlagenbegehung zu Folge nicht erfüllt, besteht die Möglichkeit, die Fehlerwahrscheinlichkeit über eine Expertenschätzung zu quantifizieren. Greift er dazu auf Ergebnisse labor- oder feldexperimenteller Studien zurück, wird empfohlen, die möglichen Einschränkungen der Aussagekraft dieser Untersuchungen zu beachten (siehe Abschnitt 3.2.1).

- Die Besonderheiten des Problemlöseprozesses gehen in die Aspekte ein, die der Experte zu beurteilen hat, wenn er den Handlungsablauf unter Nutzung des Inhalts aus Tab. 4.5 analysiert. Diese Berücksichtigung des Problemlöseprozesses ist mit der Methode vereinbar, weil sie den Begriff der Rahmenbedingungen für die Auswahl eines schädlichen Eingriffes sehr weit fasst: Rahmenbedingungen werden als Beanspruchung und damit als Gesamtheit der psychischen Prozesse verstanden, mit denen die Person auf Anforderungen der Aufgabe und der Handlungssituation reagiert (vgl. /FAS 03/, S. 176 f., siehe auch Abschnitt 3.1.1 zum Begriff der Beanspruchung).

Tab. 4.10 zeigt, wie der Methodenanwender die Voraussetzungen für einen schädlichen Eingriff einschätzt und bewertet (siehe auch /FAS 03/, S. 177 ff.). Den fünf Stufen der Einschätzung entsprechen unterschiedliche Wahrscheinlichkeiten für die Auswahl eines schädlichen Eingriffes. Die in der Tabelle aufgeführten „wesentlichen“ Rahmenbedingungen sind diejenigen, auf die sich das Personal den Beobachtungen aus der Anlagenbegehung zufolge stützt, wenn es den Ist-Zustand der Anlage sowie die Mittel und Möglichkeiten für die Veränderung dieses Ist-Zustands in Richtung auf den Soll-Zustand bestimmt.

**Tab. 4.10** Quantifizierung der Wahrscheinlichkeit schädlicher Eingriffe

Stufe	Grundlagen der Beurteilung		Fehlerwahrscheinlichkeit	Fehlerfaktor
	Rahmenbedingungen für die Auswahl eines schädlichen Eingriffs	Nachträgliche Fehlerkorrektur ist möglich?		
1	Keine der Rahmenbedingungen fördert die Auswahl eines schädlichen Eingriffs.	entfällt	0	-
2	Die wesentlichen Rahmenbedingungen wirken der Auswahl eines schädlichen Eingriffs entgegen.	ja	$1 \cdot 10^{-2}$	10
3	Einige der wesentlichen Rahmenbedingungen fördern die Auswahl eines schädlichen Eingriffs.	ja	$1 \cdot 10^{-1}$	5
4	Viele der wesentlichen Rahmenbedingungen fördern die Auswahl eines schädlichen Eingriffs.	Ja	$5 \cdot 10^{-1}$	5
5	Viele der wesentlichen Rahmenbedingungen fördern die Auswahl eines schädlichen Eingriffs.	nein	1	-

### **c) Quantifizierbarkeit des Stresses**

Die Quantifizierung entsprechend Tab. 4.10 unterstützt die Bewertung schädlicher Eingriffe, nicht aber des Beitrags, den der Faktor Stress leistet. Er kann, wie im Abschnitt über „kognitive Fehler“ ausgeführt, solche Fehler mitverursachen, er kann ihnen aber auch entgegenwirken. Es bleibt dem Urteil des Experten auf der Grundlage der Erkenntnisse aus der Anlagenbegehung überlassen, ob schädliche Eingriffe wegen, trotz oder unabhängig von Stress eingetreten sind. Es liegt also prinzipiell die gleiche Situation wie für die Analyse und Bewertung erfolgreicher Problemlöseversuche unter Stress.

Tab. 4.10 berücksichtigt den Problemlöseprozess nicht explizit. Der Methodenanwender muss also die Zusammenhänge zwischen Problemlösen, kognitiven Fehlern und Stresseffekten über ein Expertenurteil herstellen. Man benötigt weitere detaillierte und empirisch fundierte Erkenntnisse über die Wechselwirkungen zwischen Problemlöseprozess, kognitiven Fehlern und Stress und über die Folgen dieser Wechselwirkungen für die Handlungszuverlässigkeit, um das Expertenurteil durch präzisere Anleitungen, worauf er in der Beurteilung zu achten hat, und (oder) die Quantifizierung durch nutzbare Daten zu unterstützen (siehe Abschnitt 4.3.11).

### **d) Sonstige falsche Vorgehensweisen**

Als Ergebnis des Problemlöseversuchs sind falsche Vorgehensweisen denkbar, die keine schädlichen Eingriffe vorsehen. Solche Vorgehensweisen tragen zum Ergebnis der Sicherheitsanalyse bei, wenn sie

- nicht-technische Rahmenbedingungen des Handelns verschlechtern, indem sie z. B. das eingesetzte Personal physisch erschöpfen und dadurch die Ausführung nachfolgender Arbeiten solange erschweren oder solange verunmöglichen, bis frisches Personal eintrifft,
- nur Zeit kosten und das Zeitbudget für weitere Problemlöseversuche verkürzen oder sogar aufzehren,
- Handlungen vorsehen, deren Unterlassung oder fehlerhafte Ausführung den Ist-Zustand der Anlage verschlechtert. Eine falsche Vorgehensweise könnte z. B. die Abschaltung nur eines von zwei redundanten Systemen vorsehen, von denen aber eines in Betrieb bleiben muss, damit der Anlagenzustand nicht weiter beeinträchtigt

wird. Schaltet der Operateur aber irrtümlich beide ab, tritt eine Verschlechterung des Ist-Zustands durch einen Fehler in einem „an sich harmlosen“ Vorgehen ein.

Derzeit fehlen Methoden, um den Fehler quantitativ zu bewerten, dass aus dem Problemlöseversuch Vorgehensweisen dieser Art resultieren. Die Analyse des Problemlöseversuchs ist mit der oben beschriebenen Methode möglich (siehe Abschnitt 4.3.5). Der Methodenanwender kann eine Expertenschätzung vornehmen, um die Wahrscheinlichkeit der Entwicklung einer falschen Vorgehensweise zu quantifizieren, die keine Eingriffe mit ungewollt schädlichen Folgen einschließen. Greift er dazu auf Ergebnisse labor- oder feldexperimenteller Studien zurück, wird empfohlen, die möglichen Einschränkungen der Aussagekraft dieser Untersuchungen zu beachten (siehe Abschnitt 3.2.1). Der Methodenanwender kann zu dem Urteil kommen, Vorgehensweisen der beschriebenen Art seinen nicht zu erwarten und deshalb zu vernachlässigen. Dieses Urteil ist stichhaltig zu begründen.

#### **4.3.7 Gesamtbewertung des Problemlöseversuchs**

Der Methodenanwender führt die Ergebnisse seiner Analyse und Bewertung des Problemlöseversuchs unter Stress wie folgt zusammen:

- Bestehen für den Problemlösungsprozess keine Aussichten, die richtige Lösung zu finden (siehe Tab. 4.6), untersucht der Methodenanwender, ob das Vorgehen, das den Ergebnissen der Anlagenbegehung entsprechend zu erwarten ist,
  - einen schädlichen Eingriff vorsieht,
  - Handlungen einschließt, deren fehlerhafte Ausführung oder Unterlassung den Anlagenzustand weiter verschlechtern würde,
  - den Verlust wichtiger Ressourcen nach sich zieht, der nicht auf schädliche Eingriffe in die Anlage zurückgeht, sondern z. B. in der physischen Erschöpfung des Personals durch das Vorgehen besteht.

Der Methodenanwender schließt aus, dass das Personal z. B. durch Zufall das richtige Vorgehen findet, wenn dafür keine Erfolgsaussichten bestehen.

- Liegen mäßige Erfolgsaussichten vor, im Problemlösungsprozess die richtige Vorgehensweise zu finden, berücksichtigt der Methodenanwender neben der Möglichkeit, das richtige Vorgehen trotz mäßiger Voraussetzungen herauszufinden, die

gleichen Alternativen wie im Falle fehlender Erfolgsaussichten für richtiges Problemlösen. Analyse und Bewertung schließen die folgenden Schritte ein, die der Methodenanwender in der Reihenfolge ihrer Aufzählung bearbeitet:

- Als Erstes wird der Problemlöseversuch auf die Möglichkeit der Auswahl eines schädlichen Eingriffes untersucht.
  - Ist mit keinem schädlicher Eingriff zu rechnen, konzentrieren sich Analyse und Bewertung auf sonstige falsche Vorgehensweisen.
  - Sind auch keine sonstigen falschen Vorgehensweisen zu erwarten, ist die Möglichkeit gegeben, im Problemlöseversuch rechtzeitig die richtige Vorgehensweise zu finden oder nicht zu finden.
- Der Methodenanwender schließt die Möglichkeit aus, dass die Problemlöser eine falsche Vorgehensweise finden, wenn die Voraussetzungen für ein erfolgreiches Problemlösen gut sind.

Dieser Ausschluss hat den Grund, dass Fachwissen, verfügbare Information und Systematik des Problemlösens bestmögliche Voraussetzungen bieten, eventuelle Fehler im Problemlösungsprozess rechtzeitig zu erkennen und zu beheben.

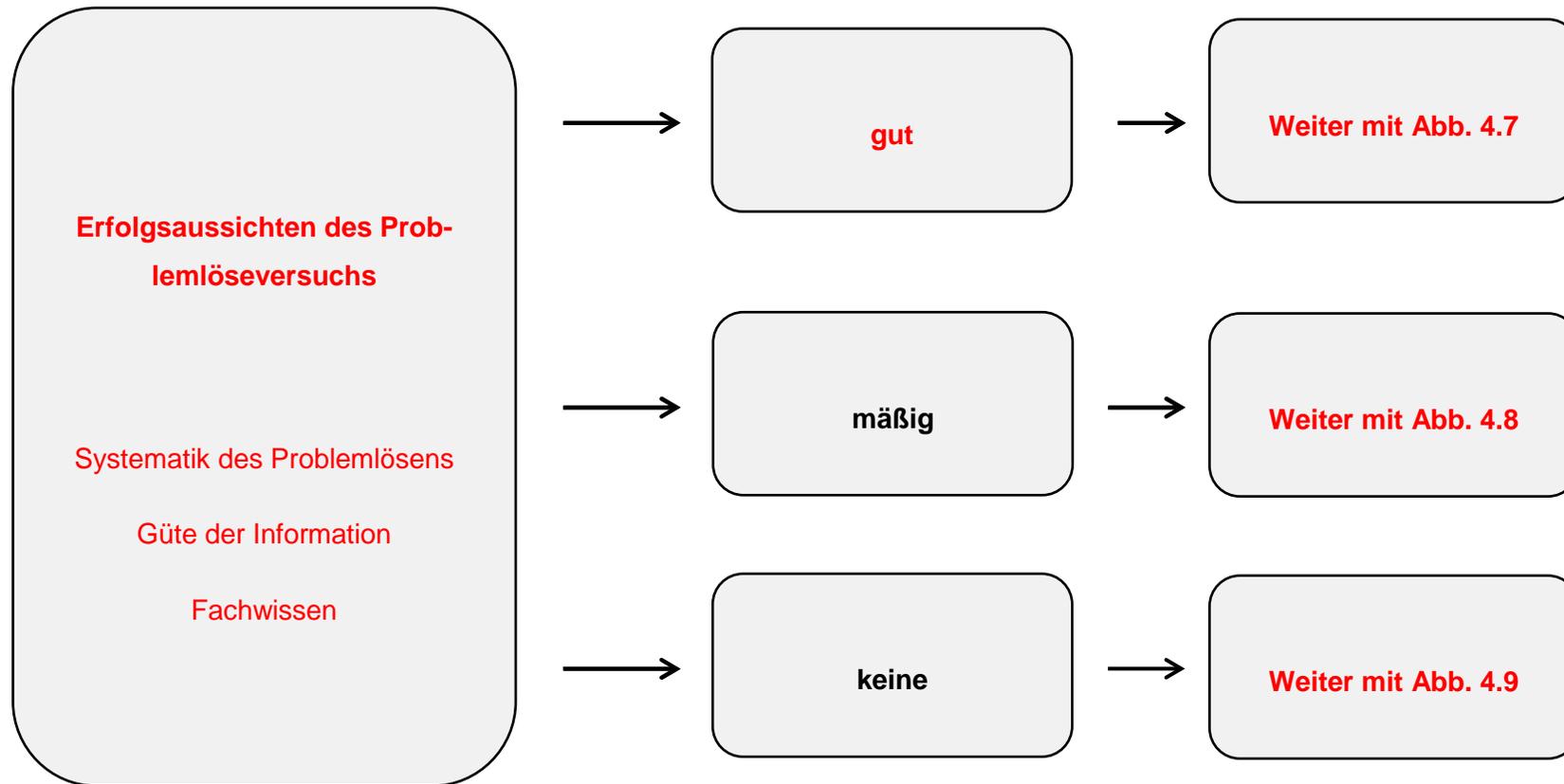
Liegen gute Aussichten vor, das Problem erfolgreich zu lösen, bleibt als Fehlermöglichkeit, diesen Erfolg nicht rechtzeitig zu erzielen.

Tab. 4.11 und die Abbildungen Abb. 4.6 bis Abb. 4.9 geben einen Überblick über die Analyse und die Bewertung des Problemlösungsversuchs.

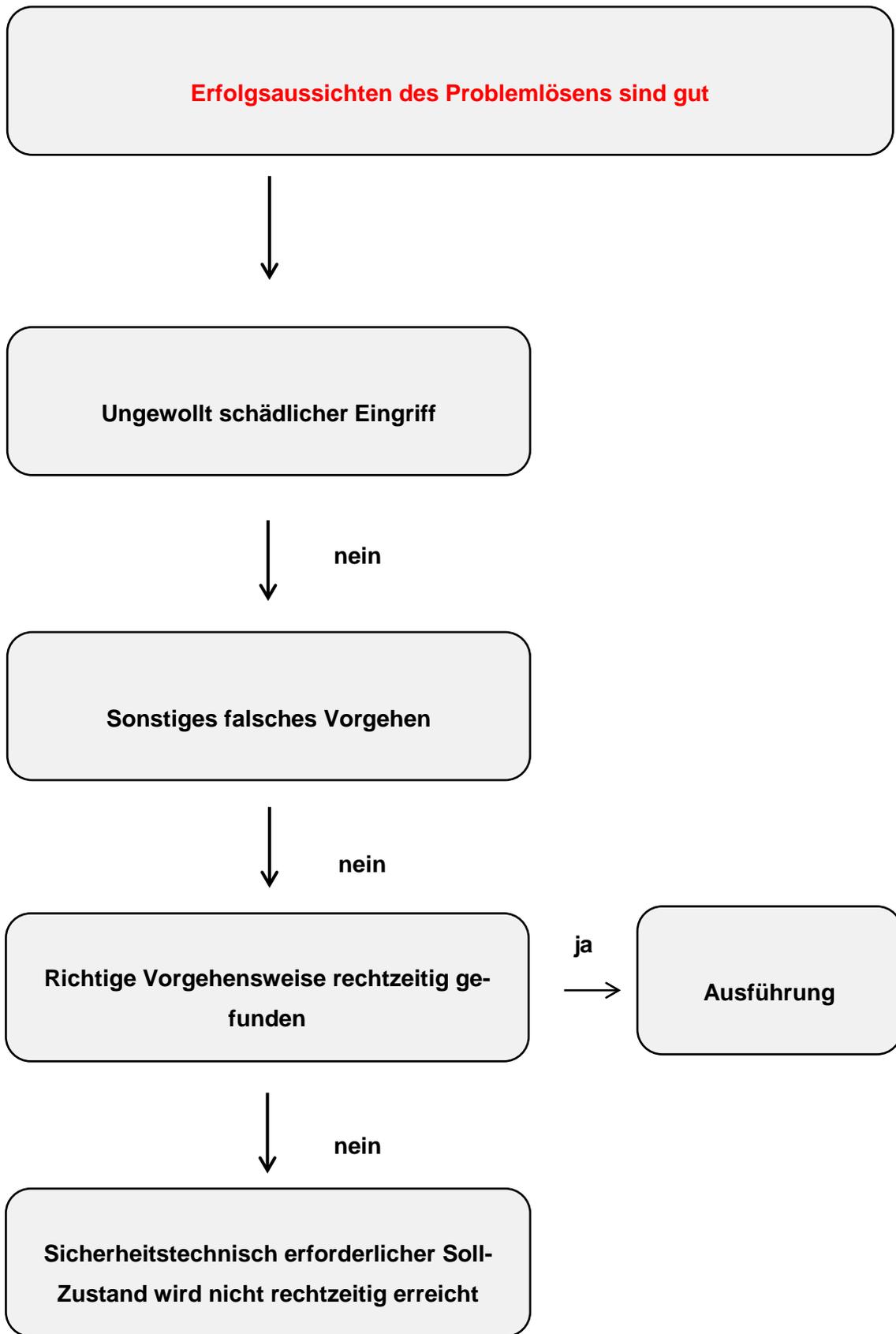
**Tab. 4.11** Überblick über die Analyse und die Bewertung des Problemlöseversuchs

Analyse		Bewertung	
Analyse der Erfolgsaussichten des Problemlöseversuchs (Tab. 4.5)	Möglicher Fehler		-
Gute Erfolgsaussichten	Das Personal findet das richtige Vorgehen nicht rechtzeitig	Fehlerwahrscheinlichkeit	Tab. 4.7
Mäßige Erfolgsaussichten	Das gefundene Vorgehen sieht einen schädlichen Eingriff vor.	Fehlerwahrscheinlichkeit	Tab. 4.10
	Nur falls kein Vorgehen gefunden wurde, das einen schädlichen Eingriff vorsieht: Das Personal findet eine sonstige falsche Vorgehensweise.	Fehlerwahrscheinlichkeit	Expertenurteil
	Nur falls kein Vorgehen gefunden wurde, das einen schädlichen Eingriff vorsieht, oder auf andere Weise falsch ist: Das Personal findet die richtige Vorgehensweise nicht rechtzeitig.	Fehlerwahrscheinlichkeit	Tab. 4.7
Keine	Das gefundene Vorgehen sieht einen schädlichen Eingriff vor.	Fehlerwahrscheinlichkeit	Tab. 4.7
	Nur falls kein Vorgehen gefunden wurde, das einen schädlichen Eingriff vorsieht: Das Personal findet eine sonstiger falsche Vorgehensweise.	Fehlerwahrscheinlichkeit	Expertenurteil

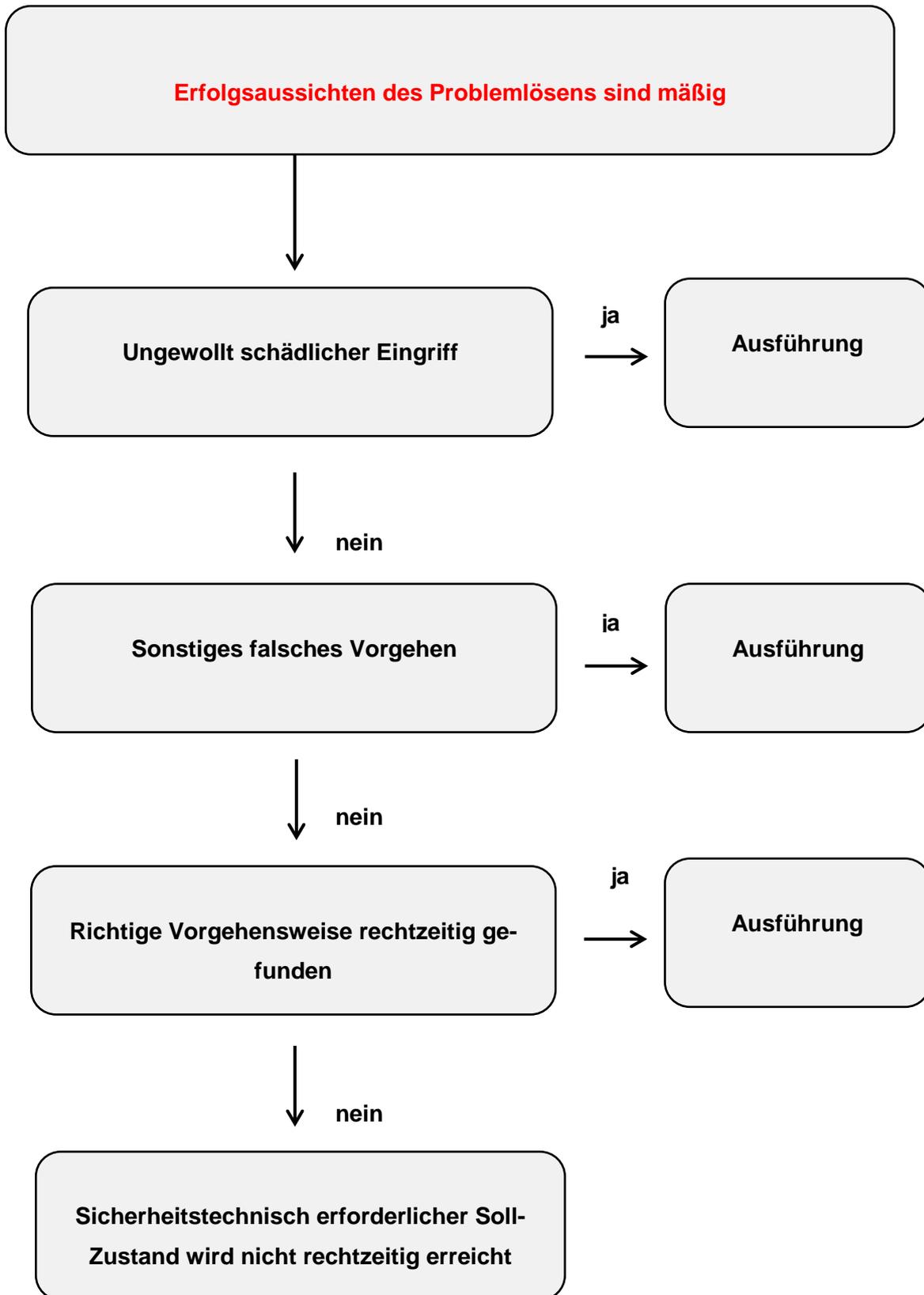
Analyse		Bewertung	
	Nur falls kein Vorgehen gefunden wurde, das einen schädlichen Eingriff vorsieht, oder auf andere Weise falsch ist: Das Personal findet die richtige Vorgehensweise sicher nicht rechtzeitig	Fehlerwahrscheinlichkeit	1,0 (Tab. 4.7)
		Sonstiges	Die Stresshöhe ist neu zu bewerten: Das gefundene Vorgehen kann die Hoffnung geben, die Situation zu meistern. Statt hohem Stress liegt evtl. nur noch erhöhter Stress vor.



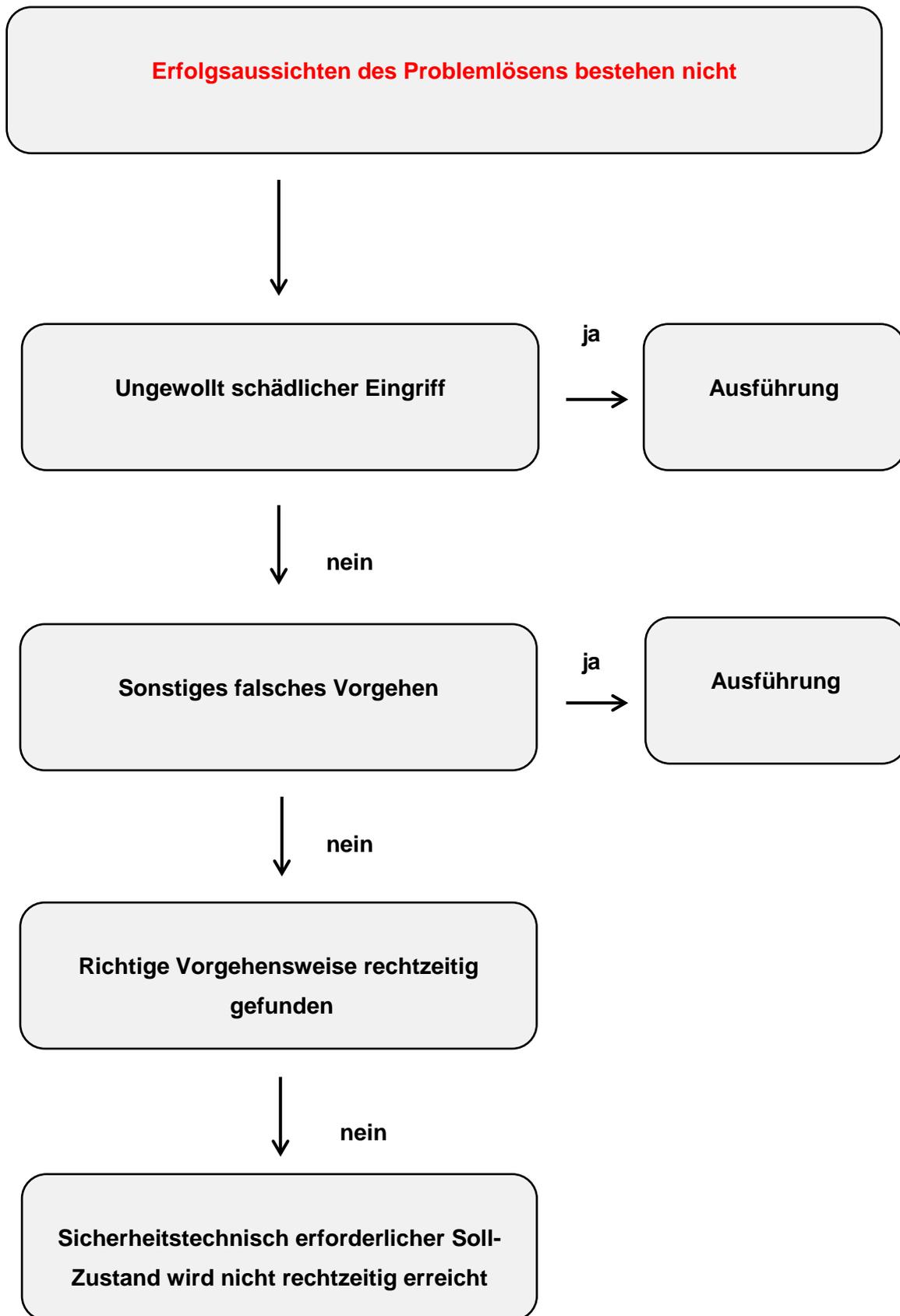
**Abb. 4.6** Erfolgsaussichten und weitere Entwicklung des Problemlösens



**Abb. 4.7** Ergebnis des Problemlöseversuchs unter guten Erfolgsaussichten



**Abb. 4.8** Ergebnis des Problemlöseversuchs unter mäßigen Erfolgsaussichten



**Abb. 4.9** Ergebnis des Problemlöseversuchs ohne Erfolgsaussichten

#### 4.3.8 Einleitung der gefundenen Vorgehensweisen

Die vorliegende Methode geht davon aus, dass das Personal die gefundene Vorgehensweise sicher einleitet, sobald sie fertig entwickelt und die Entscheidung für die Anwendung gefallen ist. Qualitätssicherung und Freigabe des gefundenen Vorgehens werden wie folgt behandelt:

- Zum Problemlöseversuch unter Stress gehört auch die Prüfung, ob sich das gefundene Vorgehen aus der Sicht der Problemlöser eignet, den Ist-Zustand der Anlage in den sicherheitstechnisch erforderlichen Soll-Zustand zu überführen. Damit ist die Qualitätssicherung der Lösung Teil des Problemlöseprozesses (siehe Tab. 4.5, Eintragungen zu „Suche nach Lösungsmöglichkeiten“).
- Die Entscheidung für die Ausführung des gefundenen Vorgehens fällt, sobald die Problemlöser die Vorgehensweise gefunden haben. Somit entfallen Analyse und Bewertung des Beitrags, Es ist also nicht zu erwarten, dass der Übergang zur Ausführung unterbleibt oder aus Versehen eine andere Vorgehensweise zum Einsatz kommt, nachdem die Bemühungen des Personals darauf konzentriert waren, einen Weg zur Überführung des Ist-Zustands in den sicherheitstechnisch erforderlichen Soll-Zustand der Anlage zu finden (Tab. 4.12).

Die Methode sieht vor, den Zeitbedarf für die Entscheidung, das gefundene Vorgehen umzusetzen, der Zeitspanne zuzurechnen, die der Problemlöseversuch in Anspruch nimmt.

**Tab. 4.12** Einleitung eines gefundenen richtigen oder falschen Vorgehens oder eines schädlichen Eingriffs

Analyse	Bewertung	
Das Personal unterlässt die Einleitung der gefundenen Vorgehensweise bzw. des schädlichen Eingriffs.	Fehlerwahrscheinlichkeit	0
	Fehlerfaktor	-

#### 4.3.9 Phase der Ausführung einer gefundenen Vorgehensweise

Die Methode setzt als Standardfall voraus, dass die Vorgehensweise komplett aus regelbasierten Prozeduren, Praktiken und (oder) Teilen solcher Prozeduren bzw. Prakti-

ken besteht, die das Personal aus anderen Aufgaben auf der Anlage kennt und in zulässiger Weise zur Bearbeitung der wissensbasierten Aufgabe nutzt (siehe Abschnitt 4.1.5). Darüber hinaus besteht aber die Möglichkeit, dass der Methodenanwender auf Grund der Ergebnisse aus seiner Anlagenbegehung einen Handlungsablauf zu erwarten hat, der höchstens teilweise aus regelbasierten Handlungen besteht. Es wird empfohlen, dass der Methodenanwender die Ausführung des Handlungsablaufs in beiden Fällen analysiert, weil die Analyse von Vorgehensweisen, die nicht vollständig aus regelbasierten „Versatzstücken“ bestehen, wichtige Einsichten in die Bearbeitung wissensbasierter Aufgaben erbringt.

Die Darstellung beginnt mit der Analyse und Bewertung schädlicher Eingriffe. Sie gestaltet sich besonders einfach.

#### **a) Analyse und Bewertung schädlicher Eingriffe, die auf Stress zurückzuführen sind**

Tab. 4.10 erfasst bereits die Rahmenbedingungen, die zur Ausführung eines schädlichen Eingriffs beitragen, sowie die Möglichkeiten, die Auswahl eines schädlichen Eingriffs rechtzeitig zu erkennen und die Ausführung zu verhindern. Damit sind die wesentlichen Analyseschritte bereits vollzogen. Schädliche Eingriffe sind das Ergebnis eines Problemlösungsversuchs, der auch durch Stresseffekte Beeinträchtigungen erfahren haben kann. Der Zusammenhang zwischen Stress und schädlichem Eingriff wurde also ebenfalls schon in der Analyse geklärt.

Der Methodenanwender bestimmt, wie viel Zeit die Ausführung des schädlichen Eingriffs kostet und welchen verschlechterten Ist-Zustand der Anlage der Eingriff bewirkt. Zeitverlust und neuer Anlagenzustand sind als Rahmenbedingungen für eventuelle weitere Problemlösungsversuche, z. B. durch eine ablösende Mannschaft, zu berücksichtigen.

Der verbleibende Teil des vorliegenden Abschnittes geht auf die Analyse und Bewertung der Ausführung richtiger und falscher Vorgehensweisen ein, die keine schädlichen Eingriffe vorsehen.

#### **b) Richtige und falsche Vorgehensweisen ohne schädliche Eingriffe**

Es gibt etablierte Methoden, um für regelbasierte Handlungen die Möglichkeiten zu analysieren und zu bewerten (z. B. /BEL 83/, /SWA 83/, Kapitel 5). Die vorliegende

Methode sieht vor, etablierte Analysemethoden zu nutzen. Für deutsche Kernkraftwerke werden dafür die Methoden von Swain empfohlen /FAK 05/. Der Anwendungsbereich dieser Methode sind regel- und fertigkeitbasierte Handlungen. Die Analysemethode für regel- und fertigkeitbasiertes Handeln kann prinzipiell auch auf Vorgehensweisen übertragen werden, die nicht komplett aus regelbasierten Handlungen bestehen. Denn auch in diesem Fall ist es möglich, die Vorgehensweise in einzelne Handlungen zu zerlegen, Rahmenbedingungen der Handlungsausführung zu ermitteln und zu bewerten sowie Art, Wirkung, Erkennung und Behebung denkbarer Fehler bei diesen Handlungen zu ermitteln. Diese qualitativen Analyseschritte unterscheiden sich prinzipiell nicht von denjenigen, die der Methodenanwender im Fall regelbasierter Handlungen durchführt.

Da die prinzipiellen Schritte der Analyse in der einschlägigen Literatur ausführlich dokumentiert worden sind (z. B. /BEL 83/, /SWA 83/, Kapitel 3), werden nachfolgend nur Fehlermöglichkeiten aufgeführt, die in der Analyse des Faktors Stress besonders zu berücksichtigen sind. Betrachtet werden Fehlermöglichkeiten, Fehlerursachen, Fehlererkennung und Fehlerbehebung. Informationen zur Einarbeitung der Analyseergebnisse in die Sicherheitsanalyse findet der Leser z. B. in den angeführten Quellen (wie /SWA 83/, Kapitel 5).

### **c) Fehlermöglichkeiten durch Stress**

Den Erkenntnissen der empirischen Stressforschung zufolge (siehe Abschnitt 4.1.2) untersucht der Methodenanwender insbesondere die

- Unterlassung der Kontrolle des Handelns einer Person durch andere Personen,
- Verschiebung der Verantwortung, indem der Handelnde auf explizite Anweisungen eines Vorgesetzten wartet, bevor er aktiv wird,
- Hintanstellung von Aufgaben, die der Handelnde als weniger dringlich ansieht.
- besonders sorgfältige Ausführung, die bis zu einer zögerlichen Herangehensweise mit vielen Grübeleien und zusätzlichen Kontrollen, ob die Voraussetzungen für anstehende Handlungen auch wirklich erfüllt sind,
- Änderung der Abarbeitungsreihenfolge, des Bearbeitungszeitpunkts und/oder der Bearbeitungsdauer von Handlungen innerhalb einer wissensbasierten Aufgabe, wenn dadurch Zeitgewinne möglich sind,

- Auslassung der Kontrolle technischer Einrichtungen, weil diese Kontrollen für entbehrlich gehalten werden (wie z. B. die Kontrolle, ob ein System tatsächlich außer Eingriff ist, nachdem der Handelnde über die Betätigungseinrichtung den Aus-Befehl gegeben hat),
- Einleitung einer Handlung, ohne das Ergebnis einer vorgelagerten Handlung abzuwarten (wie z. B. die Meldung der erreichten Endposition einer betätigten Komponente),
- Nutzung von Anzeigen, die sich am oder nahe am Arbeitsplatz befinden, statt diejenigen zu verwenden, die z. B. wegen ihrer Störfallfestigkeit oder größeren Messgenauigkeit abzulesen wären, räumlich aber weiter entfernt sind,
- Verwendung von Werkzeugen und Mitteln, die nicht vorgesehen, aber zur Hand sind, während die vorgesehenen Gegenstände, wie z. B. bestimmte Drehmomentschlüssel oder Öle, erst besorgt werden müssten,
- großzügigere oder restriktivere Interpretation von Kriterien und Anweisungen, die Entscheidungsspielräume lassen („Wenn die Temperatur T etwa  $X^{\circ}\text{C}$  beträgt, dann ...“). Großzügigere Auslegungen können dem Handelnden den Nutzen bringen, Wartezeiten abzukürzen. Ein restriktiver Umgang mit Kriterien hingegen könnte den Vorteil haben, dass der Handelnde den Zeitpunkt einer Handlung mit weitreichenden Konsequenzen in der Hoffnung hinausschieben kann, dass eine Änderung der Situation ihm die Ausführung dieser Handlung erspart.

Diese Aufzählung darf nicht als abgeschlossene Liste missverstanden werden. Der Methodenanwender hat vielmehr nach weiteren Möglichkeiten zu suchen, wie Stressoren auf das Handeln wirken. Die Analyse hat darüber hinaus auch die Handlungen einzubeziehen, mit denen sich die Handelnden gegen die Wirkung eines Stressors abschirmen oder abzuschirmen versuchen. Man denke z. B. an den Übergang zur schriftlichen oder Zeichensprachlichen Kommunikation, wenn Lärm die mündliche Verständigung unmöglich macht und die Handelnden Gehörschutz tragen müssen. Zeitaufwand und Fehler bei solchen Stressor-bezogenen Handlungen sind ebenfalls als Teil des Beitrags zu betrachten, den Stressoren zur Zuverlässigkeit der Aufgabenerfüllung leisten.

Konfusion mit der Möglichkeit schädlicher Eingriffe kann auch bei Handlungen in der Ausführungsphase auftreten. Man denke z. B. an die Lebensgefahr durch Feuer, einsturzgefährdete Gebäude oder Explosionsrisiken. Unter Konfusion sind auch schädli-

che Eingriffe nicht auszuschließen. Tab. 4.3 unterstützt die Analyse denkbarer schädlicher Eingriffe (siehe Abschnitt 4.3.3). In einer Phase der Konfusion unterbleiben die auszuführenden Handlungen mit Sicherheit (siehe Tab. 4.2 in Abschnitt 4.3.2).

#### **d) Fehlerursachen**

Swain und andere Methodenentwickler betrachten Stress als einen leistungsbestimmenden Faktor und damit als eine Rahmenbedingung menschlichen Handelns (z. B. /SWA 83/, S. 3-33 ff). Diese Sichtweise ist zu erweitern, weil Stress als psychische, emotionale und kognitive Reaktion eine Leistung der Auseinandersetzung mit bzw. Anpassung an eine Situation darstellt, die den Betroffenen zumindest anfangs überfordert und ihn veranlasst, Wissen, Können und sonstige Ressourcen einzusetzen, um der Situation Herr zu werden (siehe Abschnitt 4.1.3). Es stehen also die psychischen Prozesse und Handlungsweisen im Vordergrund, mit denen der Handelnde eine emotional negative Situation zu meistern versucht. Diese Anpassungsleistungen können fehlerträchtig sein, sie sind daher als Ursachen für fehlerhaftes Handeln zu beachten:

- Der Methodenanwender beachtet, dass die Auslassung einer Handlung, die Ausführung einer Handlung anstelle der geforderten Handlung oder Änderungen der Bearbeitungsreihenfolge usw. unter Stress Ausdruck der Anpassung des Ausführenden an die Stresssituation sein können (siehe Abschnitte 4.1.2 und 4.1.3). Es ist also möglich und, soweit es geht, in der Anlagenbegehung zu untersuchen, dass der Ausführende bewusst Handlungen überspringt, vorverlegt, hintanstellt oder durch andere ersetzt, um eine Straffung oder Strukturierung des Handlungsablaufs zu erreichen, die aus seiner Sicht die Erfüllung der Aufgabe unterstützt. Man denke z. B. an die Beobachtung, dass Fluglotsen die Kommunikation mit den Piloten mehr und mehr auf die sicherheitstechnisch unverzichtbaren Informationen einschränken oder die Piloten sich zunehmend auf die Hauptaufgabe und die damit verbundenen Informationen konzentrieren, wenn die Piloten bzw. Fluglotsen unter Stress stehen (siehe Abschnitt 3.2.2). Solche Handlungsweisen sind keine unbeabsichtigten Fehler, sondern Strategien und Taktiken, um die aus der Sicht des Handelnden bestmögliche Erfüllung der Aufgabe auch unter Stress zu erreichen.

Strategien und Taktiken der beschriebenen Art tragen zur Handlungszuverlässigkeit auf unterschiedliche Weisen bei: Die Straffung eines Handlungsablaufs verschafft einerseits Zeitgewinne, die z. B. zur besseren Vorbereitung der verbleibenden Handlungen nutzbar sind. Andererseits führt der Wegfall einer Kontrolle durch

Personen, die mit solchen Kontrollaufgaben betraut sind, dazu, dass denkbare, nicht korrigierte Fehler den weiteren Handlungsablauf beeinträchtigen und die Erfüllung der Aufgabe sogar vereiteln können. Ähnliches gilt für die Hintanstellung von Aufgaben, für deren Bearbeitung dann u. U. nicht mehr genug Zeit zur Verfügung steht.

- Als Ursachen für Fehler oder zumindest Verzögerungen kommen auch stressbedingte störende Gedanken, negative Gefühle und deren Zurückdrängung in Frage (siehe Abschnitt 4.1.2).
- Stress beeinträchtigt die Genauigkeit psychomotorischer Leistungen, also der Ausführung willkürlich eingeleiteter und gesteuerter Bewegungen z. B. beim Ablesen von Instrumenten, der Betätigung von Stellteilen oder von Eingriffen vor Ort (siehe Abschnitt 4.1.2). Man denke u. a. an die Öffnung eines Ventils um X%. Dieser Wert wird unter Stress u.U. deutlich ungenauer realisiert als ohne Stress. Der Methoden-anwender untersucht die entsprechenden Handlungen des erwarteten Handlungsablaufs auf solche Fehlermöglichkeiten. Es ist aber nicht auszuschließen, dass die besondere Konzentration auf wichtige Informationen bzw. Aspekte der Aufgabe Fehlermöglichkeiten auch im psychomotorischen Bereich mindert, weil der Ausführende besonders genau, skrupulös und mit vielen Kontrollen vorgeht.

Eine weitere Fehlerquelle können sonstige leistungsbestimmende Faktoren wie z. B. die Gestaltung der Benutzungsoberflächen oder der genutzten Unterlagen sein. Der vorliegende Bericht geht darauf nicht weiter ein, weil es sich um Analyseschritte handelt, die in der einschlägigen Literatur gut beschrieben sind (z. B. /BEL 83/, S. 21 ff.).

#### **e) Möglichkeiten der Fehlererkennung und Fehlerbehebung unter Stress**

Stress kann auch die Kontrolle der Handlungsausführung sowie die Erkennung und die Behebung möglicher Fehler betreffen. Wichtige Fälle sind die Kontrolle von

- Anzeigen anhand redundanter Informationen durch den Handelnden und (oder) andere Personen,
- Meldungen des Zustands betätigter Komponenten durch den Handelnden und (oder) andere Personen,
- Handlungen des ausführenden Personals durch Personen, die für diese Kontrollen abgestellt sind.

Das Ausbleiben solcher Kontrollen kann zufällig-unabsichtlich erfolgen. Unter Stress muss man aber auch damit rechnen, dass Kontrollen als Folge möglicher Strategien und Taktiken unterbleiben, mit denen sich die Ausführenden an die Anforderungen der Situation anpassen, um ihre Aufgabe so gut es geht zu erfüllen. Denkbar sind auch Wechselwirkungen mit störenden Gedanken, negativen Gefühlen und deren Zurückdrängung, die Handelnde bzw. Kontrolle soweit in Anspruch nehmen, dass die aufgeführten Kontrollen unterbleiben (siehe oben). Stress kann aber auch positiv wirken, wenn der Handelnde stressbedingt besonders sorgfältig vorgeht, um Misserfolge, Gefahren und Bedrohungen so gut es geht zu vermeiden. Die mögliche Folge ist ein Zugewinn an Zuverlässigkeit, der durch eine verlängerte Zeit für die Handlungsausführung erkaufte wird.

Der Methodenanwender bestimmt in der Analyse diejenigen Handlungen, die das Personal unter Stress überspringen, durch andere ersetzen oder in einer anderen als der vorgesehenen Reihenfolge ausführen könnte sowie die Möglichkeiten, solche Abweichungen vom vorgesehenen Vorgehen zu erkennen und zu beheben. Als Quelle solcher Abweichungen kommen neben zufälligen Fehlern auch mehr oder minder bewusste Entscheidungen des Personals in Frage, das sich und sein Handeln an die Stresssituation anpasst, um die Situation und die Aufgaben unter Stress auf bestmögliche Art zu erfüllen.

#### **f) Fallunterscheidung: „sicherheitstechnisch zentrale“ und „sonstige“ Handlungen**

Aus den empirischen Erkenntnissen weiß man, dass sich Piloten und Fluglotsen unter zunehmendem Stress mehr und mehr auf die sicherheitstechnisch zentralen Informationen, Handlungen und Aufgaben bzw. Teilaufgaben konzentrieren (siehe Abschnitt 4.1.2). Das bedeutet im Umkehrschluss, dass sie Handlungen umso eher überspringen, durch andere ersetzen oder hintanstellen, je geringer die sicherheitstechnische Bedeutung dieser Handlungen ist.

Der Methodenanwender nimmt daher eine Klassifizierung der Handlungen des erwarteten Handlungsablaufs vor. Er unterscheidet „sicherheitstechnisch zentrale“ und „sonstige“ Handlungen. Die Methode sieht vereinfachend vor, dass das Personal unter Stress nur „sonstige“ Handlungen überspringt, durch andere ersetzt oder hintanstellt. „Sicherheitstechnisch zentrale“ Handlungen sind davon nicht betroffen, solange das Personal nicht in einem Zustand der Konfusion handelt.

### **g) Zeitbedarf für die Ausführung des gefundenen Vorgehens**

Der Methodenanwender ermittelt den Zeitbedarf für die Ausführung des Vorgehens. Er benötigt diesen Wert für die Quantifizierung der Wahrscheinlichkeit erfolgreicher Problemlöseversuche entsprechend Tab. 4.7. Als Grundlage dienen die Beobachtungen aus Anlagenbegehungen. Die Ausführungszeit umfasst auch die Zeit für die Teilaufgaben, die Ausführenden in die Aufgabe einzuweisen, erforderliche Mittel für die Aufgabenerfüllung zu beschaffen, benötigte Unterlagen bereitzustellen und den Ort der Aufgabenausführung zu erreichen. Im Zeitbedarf sind Verzögerungen durch die Zurückdrängung störender Gedanken und negativer Gefühle zu berücksichtigen.

### **h) Bewertung der Handlungsausführung**

Zur besseren Übersicht ist die Beschreibung des vorliegenden Bewertungsansatzes in drei Teile gegliedert. Betrachtet werden die Bewertungen der

- Handlungen auf den verschiedenen Verhaltensebenen,
- Handlungen innerhalb und außerhalb der Warte,
- Effekte, die Stress auf diese Handlungen hat.

Im Einzelnen sieht der Bewertungsansatz die folgenden Schritte vor:

- Die Methode setzt als Standardfall voraus, dass die Problemlöser ein Vorgehen entwickeln, das ganz aus regelbasierten Handlungen besteht (siehe Abschnitt 4.1.5). Das Vorgehen kann auch fertigkeitstbasiertes Handeln einschließen, die Übergänge zwischen den beiden Ebenen sind fließend (siehe /RAS 83/, S. 259). Die Handlungsausführung ist also routiniert und trainiert. Folglich ist es zulässig, diese Handlungen mit einschlägigen Methoden zu bewerten. Für deutsche Kernkraftwerke gibt es im Fachband zu PSA-Methoden /FAK 05/ die Empfehlung, die Methode von Swain zu nutzen. Da Swains Methode gut dokumentiert ist /SWA 83/, /BEL 83/, entfallen hier weitere Ausführungen zu dieser Methode. Der Anwender hat nur die unten beschriebenen Weiterentwicklungen zur Bewertung des Faktors Stress zu berücksichtigen.

Enthält die Vorgehensweise, die als Ergebnis des Problemlöseversuchs zu erwarten ist, Handlungen, die mit der gewählten Methode nicht bewertbar sind, kann der Methodenanwender auf Expertenurteile oder auf geeignete Methoden für die sta-

tistische Auswertung der Betriebserfahrung /PRE 13/ zurückgreifen, um Lücken in den Bewertungsdaten zu schließen.

- Stress ist bei Handlungen innerhalb und außerhalb der Warte zu berücksichtigen. Methoden für die Bewertung der Handlungszuverlässigkeit erfassen in aller Regel nicht alle Handlungen auf der Warte bzw. vor Ort (z. B. /SWA 83/, Kapitel 14). In solchen Fällen bestehen für den Methodenanwender die eben vorgestellten Optionen des Expertenurteils bzw. der statistischen Auswertung geeigneter Betriebserfahrungen.
- Die vorliegende Methode sieht vor, eine Unterscheidung zwischen Stresseffekten zu treffen:
  - Stress kann die Wahrscheinlichkeit zufälliger Fehler verändern.
  - Als systematische Anpassung an die Situation verstanden, kann Stress dazu führen, sicherheitstechnisch nicht zentrale „sonstige“ Handlungen mehr oder minder bewusst zu überspringen, durch andere zu ersetzen und (oder) die Abarbeitungsreihenfolge der Handlungen zu ändern (siehe oben: Fallunterscheidung).
  - Es ist auch nicht auszuschließen, dass Stress konfuse Handeln auslöst, wenn die Situation aus Sicht des Handelnden außer Kontrolle gerät und misslingendes Handeln die Folge einer persönlichen Bedrohung des Handelnden nach sich zieht.

Die Bewertungsmethode berücksichtigt die Unterschiede zwischen diesen Wirkungsweisen:

- Stressbedingte Zufallsfehler werden so bewertet, wie es die genutzte Methode für die Bewertung der Handlungszuverlässigkeit vorsieht. Wird die Methode von Swain verwendet, beachtet der Methodenanwender, dass „erhöhter Stress“ in der vorliegenden Methode (siehe Abschnitt 4.3.1) und „moderately high stress“ bei Swain das gleiche Stressniveau bezeichnen. Der Anwender der Swain'schen Methode berücksichtigt auch die Erkenntnisse aus der statistischen Auswertung der Betriebserfahrung (siehe hierzu /PRE 13/, insbesondere Tabelle 1, Nr. 11 sowie Tabelle 3, Nr. 23, 34 und Nr. 37).
- Die vorliegende Methode vernachlässigt im Allgemeinen konservativ die Möglichkeit, dass Stress über besonders sorgfältiges Arbeiten, erhöhte Aufmerk-

samkeit und verstärkte Kontrollen zur Verminderung der Wahrscheinlichkeit zufälliger Fehler beiträgt. Solche Effekte können berücksichtigt werden, sobald geeignete Daten für die Quantifizierung solcher Effekte vorliegen. Der Methodenanwender hat aber die Möglichkeit, denkbare Fehler auszuschließen, wenn er aus den Ergebnissen der Anlagenbegehung weiß, dass das Personal die Handlung, die der denkbare Fehler betreffen könnte, besonders genau ausführt und (oder) die Ausführung besonders genau kontrolliert.

- Hat der Methodenanwender in der Analyse „sonstige“, also sicherheitstechnisch nicht zentrale Handlungen gefunden, die der Ausführende u. U. überspringt, durch andere ersetzt und (oder) hintanstellt, um sich auf bestmögliche Art an die Stresssituation anzupassen und seine Aufgaben so gut es geht zu erfüllen, darf der Methodenanwender solche möglichen und fehlerträchtigen Änderungen des erwarteten Handlungsablaufs nicht als Zufallsfehler bewerten. Es ist also z. B. nicht möglich, die Nutzung einer Anzeige am Arbeitsplatz anstelle der vorgesehenen, aber räumlich weiter entfernten Informationseinrichtung als zufälligen Verwechslungsfehler zu definieren und zu bewerten. Der Handelnde hat sich mehr oder minder bewusst für eine Abweichung vom vorgegebenen Vorgehen entschieden, um z. B. Zeit zu sparen oder um andere Anzeigen an seinem Arbeitsplatz kontinuierlich beobachten zu können. Die empirischen Erkenntnisse erlauben es derzeit nicht, geeignete Daten zur Quantifizierung des Beitrags solcher Stresseffekte zur Handlungszuverlässigkeit bereitzustellen (siehe Abschnitt 4.1.2). Bis zur Verbesserung des Erkenntnisstandes sieht die vorliegende Methode vor, die Wahrscheinlichkeit, stressbedingt eine „sonstige“ Handlung zu überspringen, statt einer anderen auszuführen oder hintanzustellen mit einem Wert von 0,5 zu quantifizieren. Ein Fehlerfaktor von zehn trägt der großen Unsicherheit Rechnung (siehe /SWA 83/, S. 7-13, Tabelle 7-2 (8)). Die Methode sieht vor, bei „sicherheitstechnisch zentralen Handlungen solche „Fehler“ auszuschließen.

Die Methode berücksichtigt auch die Möglichkeit, dass stressbedingte Konfusion die Unterlassung einer Handlung oder die Ausführung eines schädlichen Eingriffs verursacht. Der Methodenanwender nutzt die Tabellen Tab. 4.2 und Tab. 4.3 für die Bewertung. Tab. 4.13 fasst die Schritte zusammen, mit denen die Ausführung eines gefundenen Vorgehens zu analysieren und zu bewerten ist.

**Tab. 4.13** Übersicht über die Analyse und Bewertung der Ausführung eines gefundenen Vorgehens

Analyse	Bewertung	
Stresshöhe	erhöht (solange keine Konfusion vorliegt), weil der Ausführende über ein aus seiner Sicht erfolgversprechendes Vorgehen verfügt	
Konfusion	falls die Handlung in einer bedrohlichen Situation ansteht und Misslingen des Handelns gravierende persönliche Folgen nach sich zöge, Unterlassung aller anstehenden Handlungen ist sicher.	
Schädliche Eingriffe in einer möglichen Phase der Konfusion: Analyse entsprechend Tab. 4.3	Bewertung entsprechend Tab. 4.3	
zufällige Fehler unter erhöhtem oder hohem Stress	Nutzung <ul style="list-style-type: none"> <li>• etablierter Bewertungsmethoden für regel- und fertigkeitbasierte Handlungen (/SWA 83/): „moderately high stress“ bei Swain entspricht „erhöhtem Stress“ in der vorliegenden Methode, „extremely high stress (threat stress)“ entspricht „hohem Stress“</li> <li>• der Ergebnisse der statistischen Auswertung der Betriebserfahrung /PRE 13/</li> <li>• von Expertenschätzungen für Handlungen, die beide Quellen nicht erfassen.</li> </ul>	
Möglichkeit, dass der Ausführende eine sicherheitstechnisch <b>nicht</b> zentrale Handlung überspringt, eine Handlung statt der vorgesehenen Handlung ausführt oder von der vorgesehenen Reihenfolge der Handlungen abweicht, um den Handlungsablauf zu straffen und die Chance zur erfolgreichen Bearbeitung der Aufgabe aus seiner Sicht zu erhöhen	Wahrscheinlichkeit	0,5
	Fehlerfaktor	10

Analyse	Bewertung	
Möglichkeit, dass der Ausführende eine <b>sicherheitstechnisch zentrale</b> Handlung überspringt, eine Handlung statt der vorgesehenen Handlung ausführt oder von der vorgesehenen Reihenfolge der Handlungen abweicht, um den Handlungsablauf zu straffen und die Chance zur erfolgreichen Bearbeitung der Aufgabe aus seiner Sicht zu erhöhen	Wahrscheinlichkeit	0,0
	Sonstiges	<p>Der Zeitbedarf für die Ausführung der gefundenen Vorgehensweise ist zu ermitteln.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beginn der Ausführungszeit: Zeitpunkt, zudem die Einweisung des ersten Ausführenden beginnt.</li> <li>• Ende der Ausführungszeit: Ende der letzten Handlung im erwarteten Handlungsablauf</li> </ul>

#### **4.3.10 Zuverlässigkeit wissensbasierten Handelns aus Problemlöseversuch und wissensbasierten Handlungen**

Die vorgestellten Analyse- und Bewertungsschritte beziehen sich auf den Beitrag des Faktors Stress zu den Handlungen vor und während des Problemlöseversuchs und während der Ausführung einer eventuell gefundenen Vorgehensweise. Der Methoden-anwender hat die Ergebnisse in das Gesamtmodell des Handlungsablaufs einzubringen, das der Zuverlässigkeitsbewertung des Handelns zugrunde liegt. Dafür gibt es etablierte und gut dokumentierte Methoden (siehe dazu /BEL 83/, S. 30 ff, /SWA 83/, Kapitel 5), weshalb der vorliegende Bericht auf diese Punkte nicht weiter eingeht.

#### **4.3.11 Nutzung anderer Daten für die Quantifizierung der Zuverlässigkeit**

Der Methodenanwender hat ausdrücklich die Möglichkeit, die Zuverlässigkeit des Handelns unter Stress mit anderen als den vorgestellten Daten zu quantifizieren. Als Quelle solcher eigenen Daten kommen z. B. Untersuchungen in Frage, die der Anwender selbst durchgeführt oder gesichtet hat und deren Ergebnisse die Handlungszuverlässigkeit in seinem Anwendungsgebiet aus seiner Sicht genauer erfassen als die Daten des vorliegenden Berichts. Es wird empfohlen, dass der Methodenanwender vor einer Nutzung eigener Daten anhand der Überlegungen aus Gliederungspunkt 3.1.2 kritisch überprüft. Inwieweit ihre Aussagekraft beeinträchtigt sein könnte. Auch sollte der Methodenanwender in nachvollziehbarer Weise dokumentieren, warum er die Zuverlässigkeit des Handelns unter Stress mit anderen als den Daten quantifiziert, die der vorliegende Bericht dafür vorsieht.

#### **4.3.12 Diskussion und Überlegungen zu Weiterentwicklung der vorgestellten Methode**

Die vorliegende Methode setzt zwei Schwerpunkte. Der erste besteht in der Rolle der Emotionen und ihrer effektiven Bewältigung als Voraussetzung ausreichend rationalen Denkens und Handelns. Vorbild dieses Teils der Methodenentwicklung waren die Arbeiten von Swain zur Rolle der Emotionen im Bereich des regelbasierten Handelns (vgl. /SWA 83/, S. 17-14 ff.). Gegenstand des zweiten Schwerpunktes sind die systematischen Anpassungen, mit denen der Handelnde unter Stress versucht, sein Handeln in bestmöglicher Weise auf die Anforderungen der Situation und der Aufgaben abzustimmen. Mit diesem Teil der Entwicklungsarbeiten wird Neuland betreten.

Es sind aber sowohl zum Beitrag der Emotionen als auch zur Rolle der Anpassung an Stresssituationen noch weitere Studien notwendig, um die Methode für die Analyse und Bewertung des Faktors Stress über den jetzt erreichten Stand hinaus fortzuentwickeln:

- Seit Swains Arbeiten hat sich der Erkenntnisstand zur Bedeutung der Emotionen für Stressreaktion und Handlungszuverlässigkeit kaum verändert. Es besteht ein großer Bedarf an Untersuchungen, um die Rolle der Emotionen im Stress und die Auswirkungen auf die Handlungszuverlässigkeit genauer als bisher zu erfassen.

Empirische Erkenntnisse belegen, dass negative Affekte das Handeln blockieren und der Betroffene diese Affekte meistern muss, um eine emotional negativ besetzte Situation effektiv bewältigen zu können (siehe Abschnitte 4.2 und 3.2.2). Diesen generischen Erkenntnissen zufolge hängt die Zuverlässigkeit der Aufgabenerfüllung in Situationen, die Gefahr, Bedrohung, erwartungswidriges Verhalten technischer Einrichtungen usw. einschließen, wesentlich von einem effektiven „Emotionsmanagement“ auf Seiten der Betroffenen ab. Mangels systematischer, einschlägiger Untersuchungen besteht wie zu Zeiten der Methodenentwicklung Swains keine Möglichkeit, den Beitrag der Emotionen und des „Emotionsmanagements“ genauer als nur auf der Grundlage von Expertenurteilen zu analysieren und zu bewerten. In ersten Untersuchungen könnte man Operateure und andere Personen, die in Störungen, Störfällen und Notfällen Schlüsselaufgaben übernehmen, systematisch befragen, wie sie

- Situationen, in denen ihr berufliches Wissen und Können weit über die Grenzen der alltäglichen Routine hinaus gefordert war, erlebt haben,
- störende Gedanken und Emotionen in solchen Situationen gemeistert haben,
- wieviel Zeit es gekostet hat, um den Kopf für eine rationale Auseinandersetzung mit der Situation frei zu bekommen und frei zu halten.

Weitere Themen solcher Studien sollten Erfahrungen oder Expertenurteile der Befragten sein, ob und welche Fehler negative Emotionen und Stress verursachen oder begünstigen können und welche Möglichkeiten es aus ihrer Sicht gibt, effektives „Emotionsmanagement“ zu trainieren oder anderweitig zu unterstützen. Vorbild solcher Untersuchungen könnte die Studie von Ronan an Piloten der US-amerikanischen Luftstreitkräfte sein (siehe /SWA 83/, S. 17-11 f.).

Man könnte aus den Ergebnissen z. B. Muster emotionaler Reaktionen ableiten, die in bestimmten Stresssituationen zu erwarten sind und das rationale Handeln in der Situation mehr oder weniger nachhaltig stören oder verzögern können. Auf der Grundlage solcher Erkenntnisse könnte man den Beitrag negativer Emotionen und des „Emotionsmanagements“ zu Stress und Handlungszuverlässigkeit genauer als bisher erfassen und Vorkehrungen entwickeln, die inakzeptablen Auswirkungen negativer Emotionen auf die Handlungszuverlässigkeit in sicherheitstechnisch wichtigen Aufgaben entgegenwirken. Solche Studien könnten z. B. in Zusammenarbeit mit dem Halden Reactor Project und den dort verfügbaren Operateuren aus Kernkraftwerken durchgeführt werden.

- Ein vergleichbarer Untersuchungsbedarf besteht in Bezug auf die Strategien und Taktiken, mit denen Anlagenpersonal auf Stresssituationen reagiert, um Handlungsabläufe in Situationen, für die es keine Vorgaben durch Prozeduren und Training gibt, zu straffen und den Prozess der Aufgabenerfüllung so zu organisieren, dass aus Sicht des Personals effektives Handeln auf bestmögliche Weise unterstützt wird. Solche Studien könnten ebenfalls zusammen mit dem Halden Reactor Project verwirklicht werden.

Mit der vorgelegten Methode kann man den Faktor Stress zwar analysieren aber nicht unabhängig vom erfolgreichen Problemlöseversuch bzw. von der Auswahl eines schädlichen Eingriffs quantifizieren. D. h. es ist nicht möglich, den Beitrag des Stresses z. B. als x-faches der Zuverlässigkeit des erfolgreichen Problemlösens ohne Stress auszuweisen. Ein Weiterentwicklungsschritt bestünde darin, den Problemlöseversuch in einzelne Schritte wie z. B. die Festlegung von Teilzielen, die Formulierung von Lösungsprinzipien usw. zu zerlegen, Wechselwirkungen zwischen den Schritten und dem Stress zu klären, die Zuverlässigkeit der einzelnen Schritte mit und ohne Stress zu quantifizieren und die Zuverlässigkeit der einzelnen Schritte mit oder ohne Stress zu einer Gesamtzuverlässigkeit des Problemlöseversuchs zu verknüpfen. Die Quantifizierung der Schritte mit und ohne Stress könnte von Expertenurteilen und (oder) Ergebnissen laborexperimenteller Untersuchungen ausgehen. Dieser Ansatz würde es erlauben, die zeitliche Entwicklung des Problemlöseversuchs auf dem Detaillierungsniveau der einzelnen Schritte und Stresseffekte auf dem Niveau der einzelnen Schritte darzustellen. Die Zerlegung des Problemlöseprozesses in Schritte und die Bewertung der einzelnen Schritte böte darüber hinaus folgende Vorteile:

- Wechselwirkungen zwischen Problemlöseschritten und kognitiven Fehlern könnten genauer und systematischer untersucht werden, weil die kognitiven Fehler (wie

z. B. die Vernachlässigung bestimmter Handlungsoptionen) bestimmte Schritte des Problemlöseprozesses (wie z. B. die erschöpfende Berücksichtigung der Handlungsoptionen) betreffen.

- Der Problemlöseprozess könnte in die dynamische probabilistische Sicherheitsanalyse einbezogen werden. Dies ist derzeit nicht möglich, weil die vorgestellte Methode nur den zeitlichen Ablauf der Ausführung eines Vorgehens erfasst und in Abhängigkeit davon die maximal verfügbare Zeitspanne für den Problemlöseprozess bestimmt (siehe Tab. 4.8). Die dynamische probabilistische Sicherheitsanalyse setzt aber voraus, dass Zeitpunkt und Zuverlässigkeit späterer Handlungen von Zeitpunkt und Zuverlässigkeit früherer Handlungen abhängen, nicht umgekehrt wie in der vorliegenden Methodik und ihrer Quelle (/SWA 83/, Kapitel 12). Mit einer Zerlegung des Problemlöseprozesses in Schritte wäre es aber möglich, den zeitlichen Ablauf dieses Prozesses zu modellieren und in die dynamische probabilistische Sicherheitsanalyse einzubeziehen.
- Die strikte Trennung zwischen Problemlöseprozess und Ausführung der gefundenen Vorgehensweise könnte entfallen. Man könnte also auch Fälle erfassen, in denen Problemlöser z. B. probeweise bestimmte Systeme anlaufen lassen, um in Abhängigkeit von den Informationen über das beobachtete Systemverhalten den Lösungsprozess fortzusetzen. Solche Probehandlungen und ihre Fehlermöglichkeiten liegen nicht im Anwendungsbereich der vorgelegten Methode.

Der Problemlöseversuch ist wie in der genutzten Quelle /FAS 10/ so modelliert, als ob ein einziger Problemlöser am Werk ist. Aspekte der Kooperation und Kommunikation zwischen den Personen, die am Problemlöseversuch mitwirken, werden als vernachlässigt. Das Gleiche gilt für die Entscheidungsprozesse, an deren Ende die Entscheidung für die Umsetzung eines gefundenen Vorhabens steht. Zusammenarbeit und Entscheidungen unterliegen ebenfalls Stresseffekten. Ihr „Einbau“ in arbeitsteilige Problemlöseversuche und kollektive Entscheidungsprozesse ist nachzuholen, sobald nutzbare Modelle zuverlässigen Problemlösens und Entscheidens durch Gruppen entwickelt worden sind.

In der vorgestellten Methode spielen Expertenurteile eine wichtige Rolle. Es sollten daher Methoden entwickelt bzw. weiterentwickelt werden, mit denen man tragfähige Expertenurteile und Expertenschätzungen zur Quantifizierung der Zuverlässigkeit gewinnen kann. Solche Urteile und Schätzungen sind auf dem Gebiet der Stressforschung und Stressbewertung vor allem für die Bewertung des Handelns in solchen

Stresssituationen wichtig, in die man Menschen aus ethischen Gründen nicht zu Versuchszwecken schicken darf.

Darüber hinaus sollte die statistische Auswertung der Betriebserfahrung mit geeigneten Methoden /PRE 13/ fortgesetzt und intensiviert werden. Nach Möglichkeit sollten die Auswertungen Stress auch unter dem Aspekt berücksichtigen, dass er eine Anpassungsleistung der Handelnden an die Stresssituation und nicht nur ein Betrag zum Auftreten zufälliger Unterlassungen oder Verwechslungen darstellt.

## **5 Aktualisierung der Stressbewertungsmethode von Swain für regel- und fertigkeitbasiertes Handeln**

Ein Ziel der Untersuchung besteht darin, die Änderungen herauszuarbeiten, die erforderlich sind, um Swains gut dreißig Jahre alten Ansatz für die Bewertung des Faktors Stress und seines Beitrags zur Zuverlässigkeit regel- und fertigkeitbasierten Handelns auf den aktuellen Stand fachwissenschaftlicher Erkenntnisse zu bringen (siehe Kapitel zwei). Es ist also zu untersuchen, in welchen Punkten Swains Methode in Bezug auf die Bewertung des Faktors „Stress“ mit dem heute gültigen Kenntnisstand in Einklang steht und mit welchen nicht. Im Fall von Diskrepanzen werden Vorschläge formuliert, wie Swains Ansatz auf den neuesten Stand gebracht werden kann.

### **5.1 Swains Bestimmung des Begriffs „Stress“**

„Stress“ steht nach Swain für die physische oder psychische Anspannung beim Handeln. Swain präzisiert diesen Begriff als ein „Kontinuum der Anspannung“, die „von minimaler Wachheit bis zu einem Gefühl der Bedrohung“ reicht und „Handeln erfordert“ (siehe dazu /SWA 83/, S. 3-33, 17-1, J-28).

#### *Kommentierung*

Stress wird heute nach wie vor als eine psychische und physische Reaktion des Menschen verstanden. Es hat aber eine Eingrenzung auf Situationen stattgefunden, die negative Emotionen auslösen, weil sie für den Betroffenen stark beanspruchend oder bedrohlich sind. Negative Emotionen berücksichtigt Swain nur im Fall bedrohlicher Situationen (vgl. /SWA 83/, S. 17-9). Er versteht unter Bedrohung alles, was sich gegen das Wohlbefinden richtet und dem Betroffenen insbesondere auch die Selbstachtung, das Ansehen bei anderen oder die berufliche Existenz kosten könnte (siehe /SWA 83/, S. 17-9). Solche gravierenden Folgen gehören zu den negativen Konsequenzen eines Fehlschlags der Handlungen, mit denen der Handelnde die bedrohliche oder Widerwillen erzeugende Situation zu meistern versucht (siehe /LAZ 81/, S. 226 – 227). Lazarus präzisiert den Zusammenhang zwischen Stress und Handeln, indem er nicht wie Swain die Erfordernis des Handelns, sondern die Mobilisierung der für das Handeln erforderlichen Ressourcen auf Seiten der Person (z. B. Fähigkeiten, Fertigkeiten, Wissen oder Freunde) und damit die Anpassung der Person an die Stresssituation in den Vordergrund stellt (vgl. /LAZ 06/, S. 193 ff.).

### *Vorschlag für die Aktualisierung*

Swains Stressbegriff könnte also dadurch aktualisiert werden, dass man Stress präziser als Reaktion auf Anforderungen bestimmt, an denen der Betroffenen scheitern kann, die wegen der negativen persönlichen Folgen eines Scheiterns emotional negativ besetzt sind und ihn veranlassen, seine Ressourcen zur Bewältigung der Anforderungen einzusetzen bzw. seinen Ressourceneinsatz zu steigern, um den Anforderungen der Situation gewachsen zu sein.

## **5.2 Die Ursache für Stress**

Anspannung und Stress gehen nach Swain auf das Gleichgewicht bzw. Ungleichgewicht zurück, das zwischen externen und internen Faktoren besteht, von denen Handeln, Leistung und Zuverlässigkeit abhängen (siehe /SWA 83/, S. 3-6 ff.). Externe Faktoren gehören zur Umwelt des Handelnden. Wichtige externe Faktoren sind der Auftrag zu bestimmten Handlungen sowie Merkmale der Aufgabe, der Mittel und der Handlungssituation wie z. B. Terminvorgaben, Auslegung der Benutzungsoberflächen und Lärm. Interne Faktoren kennzeichnen die Person des Handelnden in physischer und psychischer Hinsicht. Zu den internen, psychischen Faktoren gehören insbesondere Wissen, Können und Einstellungen des Handelnden.

### *Kommentierung*

Stress entsteht nach Lazarus dann, wenn die Situation zunächst mehr von der Person fordert, als sie im Augenblick der Anforderung zu leisten vermag (siehe /LAZ 06/, S. 59). Es liegt also ein Ungleichgewicht zwischen Anforderungen und zumindest anfangs unzureichenden Ressourcen vor, das durch zusätzlichen Ressourceneinsatz auszugleichen ist. Somit hat Swains Grundidee eines Ungleichgewichts nach wie vor Gültigkeit.

## **5.3 Stressoren**

Die Auslöser der Stressreaktion heißen bei Swain, wie in der Fachliteratur üblich, Stressoren (siehe /APA 07/, S. 898). Er unterscheidet Stressoren, die Stress durch ihre Wirkung auf die Psyche auslösen, von solchen, die Stress durch ihre körperlichen Folgen verursachen. Beispiele für die „psychischen Stressoren“ sind u. a. ein großes Ar-

beitspensum oder mangelnde Anerkennung. Zu den „physiologischen Stressoren“ gehören u. a. Ermüdung, Hunger und Durst.

In der Bewertung konzentriert sich Swain auf psychologische Stressoren. Er berücksichtigt physiologische Stressoren nicht näher, weil sie in Kernkraftwerken eine „relativ“ geringe Rolle spielen und Arbeiten in Schutzkleidung nur gelegentlich auftreten (vgl. /SWA 83/, S. 17-3).

#### *Kommentierung*

Stressoren sind alle Anforderungen, die Stress auslösen (vgl. /APA 07/, S. 898). Diese sehr weit gefasste Bestimmung berücksichtigt, dass es auf die Reaktion des Betroffenen ankommt, ob eine Anforderung ein Stressor ist oder nicht. Diese Bestimmung ist nicht zirkulär, weil es auch Anforderungen gibt, die keinen Stress auslösen. Da auch Swain Stressoren von anderen Anforderungen anhand der Wirkung abgrenzt, die Stressoren im Gegensatz zu anderen Anforderungen auf den Menschen ausüben, steht Swains Bestimmung der Stressoren als Auslöser der Stressreaktion in Einklang mit dem aktuellen fachwissenschaftlichen Erkenntnisstand. Schwere Unfälle wie derjenige am Standort Fukushima zeigen aber, dass die Bewertung der Zuverlässigkeit des Handelns in solchen Ereignisabläufen „physiologischen“ Stressoren wesentlich größere Bedeutung einzuräumen hat, als Swain ihnen in seiner Bewertungsmethode gibt.

#### *Vorschlag für die Aktualisierung*

Physiologische Stressoren: sollten eine ihrer Bedeutung in körperlich anstrengenden Ereignisabläufen entsprechende Berücksichtigung erfahren.

### **5.4 Stressausprägungen und ihr Zusammenhang mit der Leistung**

Beim Stress unterscheidet Swain anhand der Wirkung zwei qualitativ verschiedene Formen:

- Stress fördert zuverlässiges Handeln, wenn die Ausprägungen der internen Faktoren die Person in die Lage versetzen, die Anforderungen durch die externen Faktoren zu bewältigen. Förderlicher Stress zeichnet sich durch positive Gestimmtheit und Motivation aus. Sie erhöhen Wachheit, Ehrgeiz und Handlungsbereitschaft (vgl. /SWA 83/, S. 3-35, J-10).

- Dagegen behindert Stress zuverlässiges Handeln, wenn ein Missverhältnis zwischen externen und internen Faktoren besteht, der Handelnde also unter- oder überfordert wird. Die Gefühls- und Stimmungslage zeichnet sich durch Angst, Wut, Sorge und Verunsicherung aus (siehe /SWA 83/, S. 3-33, J-9).

Die Leistung verhält sich nach Swain in Abhängigkeit von Stressstärke und Stressqualität wie folgt:

- Ein Höchstmaß an Leistung ist zu erwarten, wenn ein Gleichgewicht externer und interner leistungsbestimmender Faktoren besteht.
- Die Leistung nimmt umso mehr ab, je weiter die Ausprägung des Stresses von diesen optimalen Voraussetzungen abweicht. Das gilt für alle Abweichungen, unabhängig davon, ob die betrachtete Stressausprägung größer oder kleiner als das Optimum ist. Somit besteht ein umgekehrt U-förmiger Zusammenhang zwischen Stressausprägung und Leistung. den Swain durch die Fachwissenschaft bestätigt sieht (vgl. /SWA 83/, S. 3-35).

Für die Bewertung unterteilt Swain das Stress-Kontinuum in vier Stufen. Sie reichen von „sehr gering“ über „optimal“ und „mäßig hoch“ bis zu „extrem hoch“. Förderlicher Stress entspricht dem optimalen Niveau (siehe /SWA 83/, S. J-10). Die verbleibenden drei Stufen ermöglichen eine detaillierte Bewertung kontraproduktiver Stressausprägungen. Ihre leistungsmindernden, psychischen Auswirkungen beschreibt Swain im Einzelnen wie folgt:

- Zu gering ausgeprägter Stress bedingt einen Grad an Wachheit und Aufmerksamkeit, der nicht ausreicht, um anstehende Aufgaben zuverlässig zu erfüllen (vgl. /SWA 83/, S. 3-35).
- Fällt der Stress mäßig hoch aus, muss man damit rechnen, dass Menschen auf gewohnte Denk- und Handlungsmuster zurückgreifen und an bestimmten Handlungsweisen festhalten. Ein festgefahreneres Handeln zeichnet sich nach Swain dadurch aus, dass eine Einschränkung des Handlungsrepertoires auf wenige auch ungeeignete Optionen stattfindet und falsche Handlungen auch mehrfach wiederholt werden (vgl. /SWA 83/, 3-35 f).
- Extrem hoch ausgeprägter Stress lähmt das Handeln. Dies ist Folge der Angst, Wut und Verunsicherung, die sich in bedrohlichen Situationen einstellen. Die

Handlungsfähigkeit geht bei Stress auf mäßig erhöhtem Niveau dagegen nicht verloren (vgl. /SWA 83/, S. 3-37).

- Die Leistungsminderungen bestehen darin, die Erledigung einzelner Arbeiten auf einen späteren Zeitpunkt zu verschieben, Informationen und Aktionen, die als weniger wichtig beurteilt werden, zu überspringen, bei der Signalisierung mehr auf globale und weniger auf detaillierte Aspekte zu achten, Information fehlerhaft zu verarbeiten oder sich der Aufgabe zu entziehen (vgl. /SWA 83/, S. 3-42).

Stärke und Qualität des Stressses weisen bei verschiedenen, aber auch bei der gleichen Person erhebliche Unterschiede auf. Bei konstanten, externen Faktoren bestimmen folglich die Leistungsvoraussetzungen auf Seiten der Person, welche Stressreaktion zu erwarten ist, und umgekehrt.

### *Kommentierung*

Wie Swain weist auch die moderne Stressforschung den Emotionen eine wichtige Rolle zu. Negative Emotionen können planvolles Handeln zum Erliegen bringen oder zumindest beeinträchtigen (siehe Abschnitte 3.2.2 und 4.1.2).

Wie bereits ausgeführt, versteht man Stress heute enger als emotionale und kognitive Reaktion auf Situationen, die den Handelnden einer Bedrohung oder Überforderung aussetzen, die er wegen der nachteiligen persönlichen Folgen misslingende Handeln als negativ erlebt (siehe Abschnitt 5.1).

Die Forschung zu Stress und Handlungsregulation versteht heute das Verhältnis zwischen Anforderungen an den Handelnden und Leistungsvoraussetzungen auf Seiten des Handelnden als einen momentanen Zustand, auf den die Person mit Anpassungsleistungen reagiert, um die Diskrepanz zu überwinden und den Stress zu bewältigen. Diskrepanzen sind somit ein Anstoß, aktiv zu werden, um sie soweit wie möglich zu überwinden (z. B. /LAZ 81/, S. 220, 226). Sie führen zu Veränderungen des Handelns und der Leistung. Man kann eine als starr gedachte Diskrepanz zwischen externen und internen Leistungsvoraussetzungen also nicht als Grundlage qualitativer Vorhersagen zur Zuverlässigkeit des Handelns heranziehen. Vielmehr hängt die Zuverlässigkeit des Handelns davon ab, wie sich der Handelnden an die Anforderungen anpasst. Die Anpassungsleistungen reichen vom verstärkten Einsatz des Wissens und Könnens bis zu Veränderungen des Handlungsablaufs, die Swain auf S. 3-42 seines Handbuchs aufzählt /SWA 83/.

Der umgekehrt U-förmige Zusammenhang zwischen Stress und Leistung wird heute kontrovers diskutiert (siehe Abschnitt 3.2.2). Unbestritten ist nach wie vor die starke intra- und interindividuelle Variabilität des Stressses.

#### *Vorschlag für die Aktualisierung*

Die Zuverlässigkeitsbewertung sollte systematisch den Aspekt einbeziehen, dass Menschen unter Stress ihr Handeln systematisch ändern, um sich an die Stresssituation anzupassen und ihre Aufgaben so gut es geht bzw. so zuverlässig wie möglich zu erfüllen.

### **5.5 Störfälle und Stressreaktion**

Swain rechnet mit Stressreaktionen auf mäßig erhöhtem Niveau bei Ereignissen, die weniger bedrohlich sind als Kühlmittelverluststörfälle. Weniger bedrohliche Ereignisse setzten das Personal unter Zeitdruck, rufen aber keine Gefühle der Angst, Wut oder Unsicherheit hervor, die das Handeln lähmen. Dagegen erwartet Swain im Kühlmittelverluststörfall Stressreaktionen, die in der Kategorie „extrem hoch“ nahe bei den höchsten Ausprägungen liegen (/vgl. /SWA 83/, S. 3-37). Die Ausprägung kann so hoch sein, dass die für diese Situation geplanten und eintrainierten, also regelbasierten Prozeduren unterbleiben.

#### *Kommentierung*

Panik und Konfusion können den Empirischen Erkenntnissen zu Folge auch das Handeln erfahrener Personen desorganisieren (siehe Abschnitte 3.2.2 und 4.1.2). Swains Überlegungen stimmen also mit dem heutigen fachwissenschaftlichen Stand überein. Der Bestand an nutzbaren quantitativen Daten hat sich seit Swains Entwicklungsarbeiten nicht wesentlich verbessert.

### **5.6 Quantitative Bewertung**

Swain weist ausdrücklich darauf hin, dass seine Methode für die Bewertung der Stressanfälligkeit menschlichen Handelns wesentlich auf Expertenurteilen beruht. Die Ergebnisse der empirischen Untersuchungen waren zu spärlich, um aus ihnen Schätzwerte ableiten zu können (siehe dazu /SWA 83/, 17-10).

Swain verfolgt bei der Quantifizierung den Ansatz, für die Zuverlässigkeit einer Handlung eine Basisfehlerwahrscheinlichkeit zu definieren und diese den Rahmenbedingungen der Handlungsausführung entsprechend zu verändern. Die Basisfehlerwahrscheinlichkeit gilt für den Fall, dass optimale Handlungsbedingungen vorliegen (vgl. /SWA 83/, S. 17-3).

#### *Kommentierung*

Zur Erweiterung des Datenbestandes steht heute eine Methode bereit, um die Betriebserfahrung unter methodisch strengen Voraussetzungen statistisch korrekt auszuwerten /PRE 13/. Die Methode bietet den unschätzbaren Vorteil, Fehlerwahrscheinlichkeiten und Ausprägungen der Rahmenbedingungen des Handelns auf Grund von Informationen zu quantifizieren, die aus realen Handlungsabläufen in Kernkraftwerken stammen. Die Ergebnisse sind nutzbar, um vorhandene Datenbestände zu überprüfen und zu ergänzen. Erste Anwendungen zeigen, dass in Bezug auf Stress deutliche Diskrepanzen zwischen Swains Daten und der Quantifizierung mit Hilfe der Betriebserfahrung deutscher Kernkraftwerke bestehen: Der Wert aus der Betriebserfahrung liegt um mehr als das Doppelte über demjenigen, den Swain anführt (siehe /PRE 13/, Tabelle 3, Nr. 17). Weitere Auswertungen müssen zeigen, wie sich Stress unterschiedlicher Höhe auf die Zuverlässigkeit unterschiedlicher Handlungen auswirkt.

Quantifizierungen sollten darüber hinaus die systematischen, aber auch fehlerbehafteten Anpassungen des Handlungsablaufs an die Stresssituation und des Ressourceneinsatzes auf Seiten der Person unter Stress zu berücksichtigen.

#### *Vorschlag für die Aktualisierung*

Die Quantifizierung sollte den Beitrag berücksichtigen, den die Anpassung des Handlungsablaufs und der Ressourceneinsatz einer Person unter Stress zur Zuverlässigkeit des Handelns leisten. Die in Abschnitt 4.3 des vorliegenden Berichts dargestellte Methode ist dazu als ein erster Schritt zu verstehen.



## **6 Praxisgerechte Anleitung zur Analyse und Bewertung des Faktors Stress in einer probabilistischen Sicherheitsanalyse und Erprobung der Methode**

Das vorliegende Kapitel präsentiert zunächst eine praxisgerechte Anleitung zur Analyse und Bewertung des Faktors Stress in einer probabilistischen Sicherheitsanalyse und anschließend ein Fallbeispiel, um die Methode zu erproben.

### **6.1 Praxisgerechte Anleitung**

Grundlage der praxisgerechten Anleitung sind die Tabellen aus Kapitel 4 mit den Zusammenfassungen der Informationen, die der Methodenanwender für die Analyse und Bewertung benötigt. Die Präsentation der Anleitung erfolgt ebenfalls in tabellarischer Form (siehe Tab. 6.1).

**Tab. 6.1** Tabellarische Darstellung der praxisgerechten Anleitung zur Analyse und Bewertung des Faktors Stress

<b>Analyse</b>	
<b>Voraussetzungen</b>	
<b>Stress</b>	<p>Arbeitsbegriff:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stress ist die emotionale und kognitive Reaktion des Betroffenen auf Situationen, in denen er handeln muss, die er als bedrohlich oder zumindest als Quelle für Widerwillen erlebt und an die er sein Handeln nach Überwindung einer eventuellen Phase der Panik oder Konfusion auf bestmögliche Weise anpasst, um, so gut es geht, seine Aufgaben zu erfüllen, seine Ziele zu erreichen und die Situation, in der er sich befindet, zu meistern.</li> <li>– Die emotionale Reaktion kann von der zumindest anfänglichen, im Extremfall aber auch fortdauernden Panik oder Konfusion mit der möglichen Folge kopflosen Handelns bis zu negativen Gefühlen und Gedanken reichen. Man denke z. B. an das Hadern mit dem „bösen Schicksal“, Opfer der Situation zu sein. Diese negative emotionale Reaktion kann die sachgerechte Auseinandersetzung mit der Situation mehr oder minder lange verzögern (im Extremfall auch vereiteln) und ist daher vom Betroffenen soweit zurückzudrängen, dass er systematisch denken und handeln kann.</li> <li>– Im kognitiven Bereich führt Stress in dem Rahmen, den die noch nicht eingedämmten, negativen Emotionen lassen, dazu, Mittel und Wege zu suchen, um den Anforderungen der Stresssituation gewachsen zu sein und diese Situation zu bewältigen. Stress motiviert also, Wissen, Können und Ressourcen aufzubieten, um Stresssituationen und Aufgaben in der Stresssituation zu meistern.</li> </ul> <p>Kernmerkmale:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eventuelle Phase der Konfusion (Panik- und Schreckreaktion, desorganisiertes Handeln)</li> <li>• Bestmögliche, aber fehlerträchtige Anpassung des Handelns an die Situation durch Aufbietung von Wissen, Können und Ressourcen, um die Situation zu meistern.</li> </ul>
<b>Handlungsablauf</b>	Der erwartete Ablauf des wissensbasierten Handelns wurde in einer Analgenbegehung ermittelt. Die vorliegende Anleitung unterstützt die Analyse und Bewertung des Beitrags, den Stress zu Auftreten, Erkennen und Beheben denkbarer

<b>Analyse</b>		
	<p>Fehler im Handlungsablauf leistet.</p> <p>Der erwartete Handlungsablauf gliedert sich in zwei Phasen: den Problemlöseversuch nach Überwindung einer eventuellen Phase der Konfusion) und die anschließende Ausführung der eventuell gefundenen Vorgehensweise.</p> <p>Zum Problemlöseversuch werden auch die Qualitätssicherung des gefundenen Vorgehens und die Entscheidung für die Umsetzung des Vorgehens gerechnet.</p> <p>Zur Phase der Ausführung gehören die Einweisung des ausführenden Personals, Vorbereitungen wie z. B. die Beschaffung erforderlicher Werkzeuge und das Aufsuchen des Arbeitsortes.</p>	
<b>Stresshöhe</b>		
Stresshöhe bei wissensbasiertem Handeln	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hoch, mindestens so lange, bis eine aus Sicht der Handelnden aussichtsreiche Vorgehensweise zur Überführung des Ist-Zustands in den sicherheitstechnisch erforderlichen Soll-Zustand gefunden ist</li> <li>• erhöht, nur wenn die Anlagenbegehung für dieses Niveau klare Belege erbracht hat</li> <li>• geringere Stressniveaus sind auszuschließen</li> <li>• Änderungen der Stresshöhe sind möglich und zu berücksichtigen</li> </ul>	
<b>Mögliche Phasen der Konfusion</b>		
<p>Unter hohem Stress können negative Emotionen zu Konfusion führen und rationales Denken und Handeln auf Dauer vereiteln.</p> <p>Sofern die Anlagenbegehung keine eindeutigen und tragfähigen Ergebnisse erbringt, dass nach Eintritt des Ist-Zustands, der wissens-</p>	Wahrscheinlichkeit, auf Dauer in einem Zustand der Konfusion zu bleiben	0,5

<b>Analyse</b>		
basiertes Handeln erfordert, nur erhöhter Stress zu erwarten ist, geht der Methodenanwender vorsichtshalber davon aus, dass hoher Stress vorliegt.  Die Möglichkeiten für schädliche Eingriffe sind zu analysieren.	Fehlerfaktor	10
	Sonstiges	Scheitert die Bewältigung negativer Emotionen, unterbleibt die Erfüllung der wissensbasierten Aufgabe mit Sicherheit.  Der Zeitbedarf für die Überwindung einer möglichen Phase der Konfusion ist zu bestimmen.
<b>Schädliche Eingriffe während einer möglichen Phase der Konfusion</b>		
Möglichkeit, dass ein schädlicher Eingriff eine Verschlechterung des Ist-Zustands der Anlage bewirkt.  Kennzeichen schädlicher Eingriffe: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Eingriff ist beim gegebenen Ist-Zustand schnell, ohne lange Vorbereitungen ausführbar.</li> <li>• Die bestimmungsgemäße Funktion des Eingriffs besteht darin, einen sicheren Zustand herzustellen oder zur Herstellung eines sicheren Zustandes beizutragen.</li> <li>• Der Eingriff entfaltet beim gegebenen Ist-Zustand eine schädli-</li> </ul>	Wahrscheinlichkeit, einen möglichen schädlichen Eingriff in einer Phase der Konfusion auszuführen	1,0
	Fehlerfaktor	-

<b>Analyse</b>			
<p>che Wirkung. Das ist in Zusammenarbeit mit einschlägigen Experten zu überprüfen und zu bestätigen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Wissen um die bestimmungsgemäße Funktion des Eingriffs ist fest im Gedächtnis der Handelnden verankert und ohne langes Nachdenken präsent.</li> <li>• Es versagen alle Vorkehrungen zur Verhinderung des Eingriffs beim gegebenen Ist-Zustand (z. B. Kontrolle des Handelnden und seines Handelns durch evtl. anwesende Personen)</li> </ul>	Sonstiges	<p>Unter nur erhöhtem Stress finden keine durch Konfusion bedingten schädlichen Eingriffe statt.</p> <p>Anschließende Problemlösungsversuche haben vom Ist-Zustand der Anlage auszugehen, der durch den schädlichen Eingriff verursacht worden ist</p>	
<b>Einleitung des Problemlöseversuchs</b>			
Unterlassung des Problemlöseversuchs		ausgeschlossen, solange keine Rahmenbedingungen bestehen, die den Problemlöseversuch von vorne herein vereiteln (z. B. Zerstörung der Informationsquellen, Unzugänglichkeit der Orte, wo die wissensbasierten Handlungen auszuführen sind)	
<b>Problemlöseversuch</b>			
Analyse der Erfolgsaussichten des Problemlöseversuchs (Tabelle 4-5)	Möglicher Fehler		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gute Erfolgsaussichten</li> </ul>	Das Personal findet das richtige Vorgehen nicht rechtzeitig	Fehlerwahrscheinlichkeit	Tab. 4.7
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mäßige Erfolgsaussichten</li> </ul>	Das gefundene Vorgehen sieht einen schädlichen Eingriff vor.	Fehlerwahrscheinlichkeit	Tab. 4.10

Analyse			
	Nur falls kein Vorgehen gefunden wurde, das einen schädlichen Eingriff vorsieht: Das Personal findet eine sonstige falsche Vorgehensweise.	Fehlerwahrscheinlichkeit	Expertenurteil
	Nur falls kein Vorgehen gefunden wurde, das einen schädlichen Eingriff vorsieht, oder auf andere Weise falsch ist: Das Personal findet die richtige Vorgehensweise nicht rechtzeitig.	Fehlerwahrscheinlichkeit	Tab. 4.7
• Keine Erfolgsaussichten	Das gefundene Vorgehen sieht einen schädlichen Eingriff vor.	Fehlerwahrscheinlichkeit	Tab. 4.7
	Nur falls kein Vorgehen gefunden wurde, das einen schädlichen Eingriff vorsieht: Das Personal findet eine sonstiger falsche Vorgehensweise.	Fehlerwahrscheinlichkeit	Expertenurteil
	Nur falls kein Vorgehen gefunden wurde, das einen schädlichen Eingriff vorsieht, oder auf andere Weise falsch ist: Das Personal findet die richtige Vorgehensweise sicher nicht rechtzeitig	Fehlerwahrscheinlichkeit	1,0 (Tab. 4.7)
		Sonstiges	Die Stresshöhe ist neu zu bewerten: Das gefundene Vorgehen kann die Hoffnung geben, die Situation zu meistern. Statt hohem Stress liegt evtl. nur noch erhöhter Stress vor.

Analyse		
Ausführung eines gefundenen Vorgehens		
Stresshöhe	erhöht (solange keine Konfusion vorliegt), weil der Ausführende über ein aus seiner Sicht erfolgversprechendes Vorgehen verfügt	
Konfusion	falls die Handlung in einer bedrohlichen Situation ansteht und Misslingen des Handelns gravierende persönliche Folgen nach sich zöge Unterlassung aller anstehenden Handlungen ist sicher.	
Schädliche Eingriffe in einer möglichen Phase der Konfusion: Analyse entsprechend Tabelle 4-3	Bewertung entsprechend Tabelle 4-3	
zufällige Fehler unter erhöhtem oder hohem Stress	Nutzung <ul style="list-style-type: none"> <li>etablierter Bewertungsmethoden für regel- und fertigkeitbasierte Handlungen (/SWA 83/): „moderately high stress“ bei Swain entspricht „erhöhtem Stress“ in der vorliegenden Methode, „extremely high stress (threat stress)“ entspricht „hohem Stress“</li> <li>der Ergebnisse der statistischen Auswertung der Betriebserfahrung (/PRE 13/)</li> <li>von Expertenschätzungen für Handlungen, die beide Quellen nicht erfassen.</li> </ul>	
Möglichkeit, dass der Ausführende eine Handlung überspringt, eine Handlung statt der vorgesehenen Handlung ausführt oder von der vorgesehenen Reihenfolge der Handlungen abweicht, um den Handlungsablauf zu straffen und die Chance zur erfolgreichen Bearbeitung der Aufgabe aus seiner Sicht zu erhöhen	Wahrscheinlichkeit	0,5
	Fehlerfaktor	10

## Analyse

	Sonstiges	<p>Der Zeitbedarf für die Ausführung der gefundenen Vorgehensweise ist zu ermitteln.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Beginn der Ausführungszeit: Zeitpunkt, zudem die Einweisung des ersten Ausführenden beginnt.</li><li>• Ende: der Ausführungszeit: Ende der letzten Handlung im erwarteten Handlungsablauf</li></ul>
--	-----------	--

## 6.2 Erprobung an einem Fallbeispiel

Zur Erprobung der Methodenentwicklung war entsprechend der Zielsetzung ein wissenschaftlicher Eingriff vorgesehen, der in einer probabilistischen Sicherheitsanalyse zu analysieren und zu bewerten ist (siehe Kapitel 2).

Die vorliegende Methode weist den Emotionen eine wichtige Rolle zu. Zu den Emotionen fehlen in den Sicherheitsanalysen aber die erforderlichen, detaillierten Informationen. Für die Fallstudie gibt es folglich nur die beiden Optionen, ein generisches Beispiel zu konstruieren oder einen Eingriff aus einer Sicherheitsanalyse um hypothetische Annahmen über die emotionalen Aspekte und ihren Beitrag zur Aufgabenerfüllung zu erweitern. Die Fallstudie nutzt die erste Option, weil es in der Fallstudie vor allem darauf ankommt, die Funktionsweise der Methode zu illustrieren, und weil der Eindruck vermieden werden sollte, der ausgewählte Eingriff sei bisher in der Sicherheitsanalyse nicht ausreichend untersucht worden, was den möglichen Beitrag der Emotionen zur Zuverlässigkeit betrifft.

Der konstruierte Fall geht davon aus, dass der Eingriff zur erfolgreichen Bearbeitung der wissenschaftlichen Aufgabe darin besteht, außerhalb der Warte ein Ventil V zu betätigen, das eine unklare Beschriftung aufweist und zu einer Gruppe gleich aussehender Ventile X, Y und Z gehört. Das Personal ist mit dem Eingriff aus anderen Aufgaben gut vertraut, die Ausführung erfolgt somit regelbasiert. Nach Swain ist ein Verwechslungsfehler der Ventile mit einem Wert von 0,08 und einem Fehlerfaktor von 3 zu quantifizieren (siehe dazu /SWA 83/, Tabelle 14-1 (4)). Die Aufgabe vor Ort kann schrittweise ausgeführt werden: Ventil V auswählen, dann Ventil V betätigen, dann in die Warte zurückkehren und Ausführung der Betätigung melden.

Man gehe ferner davon aus, dass dem Methodenanwender aus der Anlagenbegehung folgende Informationen vorliegen:

- Der Eingriff muss spätestens 45 Minuten nach Erreichen des Ist-Zustands erfolgen. Es dauert 10 Minuten, den Ausführenden einzuweisen, den Ort mit dem Ventil V von der Warte aus zu erreichen und den Eingriff auszuführen.
- Es gibt keine Anzeige der Ventilstellung auf der Warte und es dauert mehrere Minuten, um in der Warte am geänderten Verhalten der Anlage zu erkennen, dass die Ventilstellung geändert worden ist. Von der Warte aus ist es bei dieser Aufgabe

unmöglich, Fehler vor Ort rechtzeitig zu erkennen und die Behebung des Fehlers zu veranlassen.

- Das Personal in der Warte hat eine anfängliche Phase der Konfusion nach 5 Minuten überwunden. Schädliche Eingriffe von der Warte aus sind auszuschließen.
- Die Erfolgsaussichten des Problemlösens sind gut. Der hohe Stress hat keinen der wesentlichen Schritte des Problemlöseversuchs beeinträchtigt. Es stehen also maximal 30 Minuten für die erfolgreiche Lösung des Problems zur Verfügung. Diese halbe Stunde ergibt sich daraus, dass von 45 Minuten für die Erfüllung der wissensbasierten Aufgabe 10 Minuten für die Ausführung des Vorgehens und 5 Minuten Zeitbedarf für die Meisterung der anfänglichen Konfusion abgehen. Aus Tab. 4.7 des vorliegenden Berichts ergibt sich somit eine Fehlerwahrscheinlichkeit von 0,1 (mit einem Fehlerfaktor von 10). nicht rechtzeitig herauszufinden, dass der Eingriff am Ventil V erforderlich ist, um den sicherheitstechnisch erforderlichen Soll-Zustand zu erreichen.
- Der Ausführende vor Ort ist erfahren und handelt unter erhöhtem Stress. Aus Swains Tabelle 18-1 (4) (siehe /SWA 83/, S. 18-5) folgt damit für die Wahrscheinlichkeit, Ventil X statt Ventil V zu betätigen, ein Wert von 0,16 (Fehlerfaktor 3).
- Die Problemlöser halten es für keine sicherheitstechnisch zentrale Handlung, dem erfahrenen Ausführenden eine Person an die Seite zu stellen, um die Ausführung des Eingriffs zu überwachen. Es kann also einen „Kontrolleur“ geben oder nicht. Laut Tab. 6.1 des vorliegenden Berichts wird in der Hälfte der Fälle kein Kontrolleur entsandt (Fehlerfaktor 10).
- Wegen der Wichtigkeit des Eingriffs handelt ein eventuell beigestellter „Kontrolleur“ unabhängig vom Ausführenden. Er begeht den Verwechslungsfehler also mit der gleichen Wahrscheinlichkeit wie der Ausführende.

Tab. 6.2 fasst Erfolgs- und Fehlerpfade zusammen. Die Quantifizierung erfolgt wie bei Swain unter Zugrundelegung einer Log-Normalverteilung und Medianen als Schätzwerten für die Zuverlässigkeit.

Wesentliche Beiträge zum Gesamtergebnis leisten also vor allem die nicht überwundene Konfusion, die jeden Problemlöseversuch vereitelt, sowie das Scheitern, das richtige Vorgehen zur Erreichung des sicherheitstechnisch erforderlichen Vorgehens rechtzeitig zu finden, sowie die Möglichkeit, dass ein zufälliger Verwechslungsfehler

mangels Kontrolle durch eine dafür abgestellte Person unentdeckt bleibt. Man erhält als Gesamtergebnis, dass der wissenschaftliche Eingriff in 60 % der Fälle unterbleibt. Das Ergebnis ist mit sehr hoher Unsicherheit behaftet.

**Tab. 6.2** Erfolgs- und Fehlerpfade des fiktiven Beispiels (0,5/10) usw. steht für: Fehlerwahrscheinlichkeit 0,5, Fehlerfaktor 10

Anfängliche Phase der Konfusion überwunden?						
Ja (0,5/10)					Nein (0,5/10)	
Problemlöser finden heraus, welcher Eingriff sicherheitstechnisch erforderlich ist (Problemlöseversuch unter guten Erfolgsaussichten)						
Ja (0,9/10)				Nein (0,1/10)		
Problemlöser stellt dem Ausführenden eine Person für die Kontrolle der Ausführung zur Seite						
Ja (0,5/10)		Nein (0,5/10)				
Ausführender betätigt das richtige Ventil		Ausführender betätigt das richtige Ventil				
Ja (0,984/3)	Nein (0,016/3)		Ja (0,984/3)	Nein (0,016/3)		
	Kontrolleur behebt Fehler					
	Ja (0,984/3)	Nein (0,016/3)				
Erfolg	Erfolg	Scheitern≈0	Erfolg	Scheitern (0,05/62)	Scheitern (0,05/26)	Scheitern (0,5/10)

## 7 Zusammenfassung und Ausblick

Die vorgelegten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten hatten insgesamt vier Ziele: Es war eine Methode für die Analyse und Bewertung des Beitrags zu entwickeln, den Stress zur Zuverlässigkeit wissensbasierter Handlungen leistet. Die Arbeiten hatten außerdem zu zeigen, in welchen Punkten die Methode, die Swain vor über dreißig Jahre für die Analyse und Bewertung des Faktors Stress bei regelbasierten Handlungen vorgelegt hat, aktualisiert werden muss, um mit dem heutigen fachwissenschaftlichen Erkenntnisstand in Einklang zu stehen. Die weiteren beiden Ziele bestanden darin, eine praxisgerechte Anleitung zu erstellen, die den Anwender bei der Analyse und Bewertung des Faktors Stress mit der neu entwickelten Methode unterstützt, und die Methode auf ein Fallbeispiel anzuwenden, das eine probabilistische Sicherheitsanalyse zu berücksichtigen hat.

Diese vier Ziele sind insoweit erreicht worden, als dass sowohl die angestrebte Methode wie Vorschläge zur Aktualisierung der Methode von Swain für die Analyse und Bewertung des Faktors Stress als auch eine praktische Anleitung zur Analyse und Bewertung des Faktors Stress in einer probabilistischen Sicherheitsanalyse erarbeitet worden sind. Gegenstand der Anwendung auf ein Fallbeispiel war eine fiktive wissensbasierte Aufgabe, weil die neu entwickelte Methode Informationen benötigt, die in den der GRS vorliegenden probabilistischen Sicherheitsanalysen zumindest nicht in dem erforderlichen Detail dokumentiert sind. Am fiktiven Fallbeispiel konnte die Vorgehensweise des Methodenanwenders aber ebenso gut wie an einem realen Fall vorgestellt und veranschaulicht werden. Es verbleibt jedoch die Aufgabe, die Methode im Rahmen einer realen probabilistischen Sicherheitsanalyse anzuwenden und zu erproben.

Der heutige fachwissenschaftliche Stressbegriff stellt zwei Aspekte in den Vordergrund:

- Zum einen stellen theoretische und empirische Untersuchungen der Stressforschung die wichtige Rolle der Emotionen heraus. Stress wird als Reaktion auf bedrohliche oder zumindest Widerwillen auslösende Situationen verstanden, in denen auch eine erfahrene und trainierte Person in Panik geraten kann oder zumindest negative Gefühle und störende Gedanken zurückdrängen muss, um sachgerecht denken und handeln zu können. Diese emotionalen und emotionsbezogenen Reaktionen können effektives Handeln vereiteln, beeinträchtigen oder zumindest verzögern.

- Zum anderen wird Stress als Reaktion der Anpassung des Betroffenen an die bedrohliche oder Widerwillen erregende Situation verstanden. Diese Reaktion besteht darin, Wissen, Können und Ressourcen zu mobilisieren, um die Stresssituation zu meistern. Das kann zu systematischen, auch fehlerträchtigen Veränderungen der Handlungsabläufe führen, mit denen die Personen in der Situation ihre Aufgaben erfüllen. Untersuchungen an Piloten und Fluglotsen zeigen z. B. dass sie mit wachsendem Stress zunehmend Handlungen überspringen oder hintanstellen, die nicht mit ihrer Hauptaufgabe der sicheren Flugzeugführung zusammenhängen. Piloten und Fluglotsen konzentrieren sich mit anderen Worten unter Stress mehr und mehr auf sicherheitstechnisch wichtige Informationen und Handlungen. Die Zuverlässigkeit der Aufgabenerfüllung hängt also umso stärker von der Zuverlässigkeit dieser Informationen und Handlungen ab, je mehr z. B. Kontrollen redundanter Anzeigen und/oder Aktionen u. a. im Bereich der Kommunikation zwischen Piloten bzw. Fluglotsen und Cockpit entfallen, die nicht zum „harten Kern“ der sicherheitstechnisch zentralen Aufgabenteile gehören.

Beide Aspekte haben für die Zuverlässigkeit des Handelns zentrale Bedeutung. Die hier vorgelegte Methode bezieht beide Aspekte ein: Sie unterstützt die Analyse und Bewertung des Faktors Stress, der als fehlerträchtige, emotionale und kognitive Auseinandersetzung mit einer Situation verstanden wird, in der misslingendes wissensbasiertes Handeln für den Handelnden gravierende Konsequenzen nach sich zöge. Gegenstände der Analyse und Bewertung mit dieser Methode sind:

- Stresshöhe,
- möglicher Phasen der Konfusion,
- denkbare schädliche, also der Sicherheit abträgliche, Eingriffe in möglichen Phasen der Konfusion.
- Erfolg bzw. Misserfolg eines Problemlöseversuchs unter Stress.
- Einleitung und Ausführung einer im Problemlöseprozess gefundenen Vorgehensweise unter Berücksichtigung der Effekte, die Stress als Anpassungsleistung entfalten kann und die zu Vergrößerungen des Vorgehens bzw. zur Überspringung bzw. Hintanstellung sicherheitstechnisch weniger wichtiger Handlungen führen können.

Zur Analyse und Bewertung des Problemlöseprozesses und denkbarer schädlicher Eingriffe stehen aus früheren Forschungs- und Entwicklungsvorhaben (RS 1180 bzw.

RS1112) bereits Methoden bereit, die den Faktor Stress als Anpassungsleistung allerdings noch nicht berücksichtigen. Sie wurden so weiterentwickelt, dass Stresseffekte berücksichtigt werden. Mögliche Phasen der Konfusion betreffend dienten Swains Analyse- und Bewertungsschritte für die Unterlassung vorgesehener und eintrainierter regelbasierter Prozeduren in einer bedrohlichen Situation als Orientierungshilfe.

Die Sichtung des empirischen Erkenntnisstandes im Rahmen der aktuellen Arbeiten hat gezeigt, dass für viele Stresseffekte keine für die Methode nutzbaren quantitativen Daten vorliegen. Das liegt auch daran, dass es aus ethischen Gründen nicht möglich ist, Menschen zu Versuchszwecken Situationen auszusetzen, in denen sie körperlich, seelisch, wirtschaftlich oder sozial Schaden nehmen können. Die vorgelegte Analyse- und Bewertungsmethode nutzt daher für die Quantifizierung erste Expertenschätzungen, die mit anderen Experten diskutiert, abgesichert oder revidiert werden müssen.

Die Entwicklungsarbeiten haben aber gezeigt, dass ein großer Bedarf an empirischen und theoretischen Untersuchungen besteht, wie Emotionen, Anpassungsleistungen an die Situation, Stress und Handlungszuverlässigkeit zusammenhängen. Dieser Untersuchungsbedarf ist ausführlich in Abschnitt 4.3.11 dargestellt.

Ein Ziel des Vorhabens bestand darin, Swains über dreißig Jahre alte Methode für die Analyse und Bewertung des Betrags zu aktualisieren, den Stress zur Zuverlässigkeit wissensbasierten Handelns leistet. Die Ergebnisse zeigen, dass Swains Stressbegriff in wichtigen Punkten noch aktuell ist, aber auch weiterentwickelt werden muss, um mit dem heutigen Fachwissen in Einklang zu stehen:

- Swain versteht Stress als Anspannung, die von einem Zustand minimaler Wachheit bis zu einem Gefühl der Bedrohung reicht. Der moderne Stressbegriff wird enger als Reaktion auf Situationen verstanden, die emotional negativ besetzt sind, weil sie den Betroffenen zumindest anfangs überfordern und Handlungsmisserfolge mit persönlich negativen Konsequenzen einhergehen. Swains Begriff bedarf also einer Eingrenzung auf solche Situationen.
- Zwar hat Swain die stressbedingte Anpassung des Handelns an die Situation, z. B. durch Zurückstellung bestimmter Handlungen oder Inkaufnahme von Ungenauigkeiten, deutlich herausgestellt, in seiner Analyse- und Bewertungsmethode aber nicht berücksichtigt. Er erfasst Stress nur als systematische Veränderung der Basisfehlerwahrscheinlichkeit zufälliger Auslassungs- und Verwechslungsfehler. Swains Analyse- und Bewertungsmethodik ist also weiterzuentwickeln, um auch

stressbedingte, systematische Änderungen der Handlungsabläufe und die Auswirkungen dieser Änderungen auf die Zuverlässigkeit der Aufgabenerfüllung angemessen zu erfassen.

Darüber hinaus sollte auch Swains Datenbestand überprüft und erweitert werden. Dazu steht eine von der GRS entwickelte Methode bereit, die unter strengen Auflagen eine statistisch korrekte Schätzung von Fehlerwahrscheinlichkeiten und von Ausprägungen leistungsbestimmender Faktoren wie insbesondere Stress unterstützt. Erste Anwendungen dieser Methode zeigen, dass im Bereich Stress erheblich Diskrepanzen zwischen den Schätzwerten auf der Grundlage deutscher Betriebserfahrungen und denjenigen von Swain bestehen. Diese Auswertungen sollten fortgesetzt werden.

Die Arbeiten haben zu konkreten Vorschlägen geführt, wie Swains Ansatz für die Analyse und Bewertung des Faktors im Bereich des wissensbasierten Handelns auf den neuesten fachwissenschaftlichen Stand zu bringen ist. Der Arbeitspunkt ist also erfolgreich abgeschlossen worden.

Als Grundlage der Methodenentwicklung wurde im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderten Forschungs- und Entwicklungsvorhabens RS1198 ein Modell der kognitiven und emotionalen Steuerung („Regulation“) des Handelns erarbeitet. Dieses Modell könnte ausgebaut werden, um die Regulation menschlichen Handelns in einer dynamischen probabilistischen Sicherheitsanalyse mit dem Ziel einzubeziehen, die Wechselwirkung zwischen Mensch und Technik genauer als bisher zu simulieren und für die Sicherheitsanalyse nutzbar zu machen.

## Literaturverzeichnis

- /APA 07/ American Psychological Association (APA): APA Dictionary of Psychology, Washington, DC, 2007.
- /BEL 83/ Bell, B. J., A. D, Swain: A Procedure for Conducting a Human Reliability Analysis for Nuclear Power Plants, U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC), Washington, DC, 1983.
- /CAC 00/ Cacciabue, C. P.: Gestione dell'errore umano in sistema ad alta automazione, in: Mantovani, G. (Ed.): Ergonomia, il Mulino, S. 81-122, Bologna, 2000.
- /CAC 04/ Cacciabue, C. P.: Human error risk management for engineering systems: methodology for design, safety assessment, accident investigation and training, Reliability Engineering & System Safety. 83, S. 229-240, 2004.
- /CON 11/ Contrada, R. J., A. Baum (Eds.): The Handbook of Stress Science, Springer, New York, 2011.
- /COO 96/ Cooper, S. E., et al.: A Technique for Human Error Analysis (ATHEANA), U.S. Nuclear regulatory Commission (NRC), Washington, DC, 1996.
- /DIN 87/ Deutsches Institut für Normung (DIN): Psychische Belastung und Beanspruchung, Deutsche Industrienorm DIN 33405, Februar 1987.
- /DOE 87/ Dörner, D.: Problemlösen als Informationsverarbeitung, 3. Aufl., Kohlhammer, Stuttgart: 1987.
- /DOE 91/ Dörner, D., E. Pfeiffer: Strategisches Denken, Stress und Intelligenz, Forschungsgruppe Kognitive Anthropologie, Memorandum 11, Max-Planck-Gesellschaft, Berlin, 1911.
- /DOR 94/ Dorsch, F., et al.: Dorsch Psychologisches Wörterbuch, Huber, Bern, 1994.

- /DRI 91/ Driskell, J. E., E. Salas: Group Decision Making Under Stress, Journal of Applied Psychology 76, S. 573-578, 1991.
- /DUN 26/ Duncker, K.: A Qualitative (Theoretical and Experimental) Study of Productive Thinking (Solving of Comprehensible Problems), Journal of Genetic Psychology, Vol. 33, S. 642-708, 1926.
- /DUN 35/ Duncker, K.: Zur Psychologie des produktiven Denkens, J. Springer, Berlin, 1935.
- /EPP 07/ Eppel, H.: Stress als Risiko und Chance, Kohlhammer, Stuttgart, 2007.
- /FAK 05/ Facharbeitskreis (FAK) Probabilistische Sicherheitsanalyse für Kernkraftwerke: Methoden zur probabilistischen Sicherheitsanalyse für Kernkraftwerke, Stand: August 2005, BfS-SCHR-37/05, Salzgitter, Oktober 2005.
- /GIL 02/ Gilovich, Th., et al (Eds.): Heuristics and Biases, Cambridge University Press, Cambridge, MA, 2002.
- /FAS 03/ Faßmann, W., W. Preischl: Bewertung von Personalhandlungen unter Unfallbedingungen – Methode zur Untersuchung und Bewertung schädlicher Eingriffe des Operators, Technischer Fachbericht, GRS-A-3157, Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Garching, Oktober 2003
- /FAS 10/ Faßmann, W., W. Preischl: Quantitative Bewertung wissensbasierter Handlungen in einer probabilistischen Sicherheitsanalyse, Technischer Fachbericht, GRS-A-3561, Köln, 2010.
- /FOR 04/ Forester, J., et al.: Expert elicitation approach for performing ATHEANA quantifications, Reliability Engineering & System Safety. 83, S. 207-220, 2004.
- /FOR 07/ Forester, J., et al.: ATHEANA User's Guide, NUREG-1880, U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC) Office of Nuclear Regulatory Research, Washington, DC, 2007,  
<http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML0721/ML072130359.pdf>.

- /HAC 99/ Hacker, W.: Regulation und Struktur von Arbeitstätigkeiten, in: Hoyos, C., D. Graf Frey (Hrsg.): Arbeits- und Organisationspsychologie, Weinheim: Beltz, 1999, S. 385-397.
- /HAC 05/ Hacker, W.: Allgemeine Arbeitspsychologie, 2. Aufl., Huber, Bern, 2005.
- /HAC 14/ Hacker, W.: Allgemeine Arbeitspsychologie, 3. Vollständig überarbeitete Auflage, Hogrefe, Göttingen, 2014.
- /HAM 00/ Hammond, K. R.: Judgments under Stress, Oxford University Press, New York, Oxford, 2000.
- /HAN 89/ Hancock, P. A., J. S. Warm: A Dynamic Model of Stress and Sustained Attention, Human Factors 31, S. 519-537, 1989.
- /HAN 08/ Hancock, P. A., J. L. Szalma (Eds.): Performance under Stress, Ashgate, Aldershot, 2008.
- /HAR 03/ Harris, W. C., P. A. Hancock: Field Assessment of Cognitive Performance Under Stress, Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society, 47<sup>th</sup> Annual Meeting, S. 1953-1957, 2003.
- /HAR 05/ Harris, W. C.: Information Processing Changes Following Extended Stress, Military Psychology 77, S. 115-128, 2005.
- /HAR 08/ Harris, W. C., et al.: Changes in Soldier's Information Processing Capabilities under Stress, in: /HAN 08/, S. 101-115.
- /HOC 86/ Hockey, G.: Changes of Operator Efficiency as a Function of Environmental Stress, Fatigue, and Circadian Rhythms, in: Boff, K. R., et al. (Eds.): Handbook of Perception and Human Performance, Vol. II, Chapter 44, Wiley, New York, 1986.
- /HOL 98/ Hollnagel, E.: Cognitive Reliability and Error Analysis Method – CREAM, Elsevier Science, Oxford, 1998.
- /KAH 99/ Kahneman, D., et al. (Eds.): Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases, Cambridge University Press, Cambridge, MA, 1999.

- /KAH 02/ Kahneman, D., A. Tversky (Eds.): Choices, Values, and Frames, Russell Sage Foundation, New York, 2002.
- /KAH 11/ Kahneman, D.: Thinking Fast and Slow, Penguin, London, 2011.
- /KAR 12/ Karwowski, W.: The Discipline of Human Factors and Engineering, in: Salvendy, G. (Ed.): The Handbook of Human Factors and Ergonomics, 4. Aufl., S. 1-37, Wiley, New York, 2012.
- /KAV 05/ Kavanagh, J.: Stress and Performance – A Review of the Literature and Its Applicability in the Military, RAND Corporation, Santa Monica, CA, 2005.
- /KUH 10/ Kuhl, J.: Lehrbuch der Persönlichkeitspsychologie – Motivation, Emotion und Selbststeuerung, Hogrefe, Göttingen, 2010.
- /LAZ 81/ Lazarus, R. S., R. Launter: Stressbezogene Transaktionen zwischen Person und Umwelt, in: Nitsch, J. R. (Hrsg.): Stress, S. 213-259, Huber, Bern, 1981.
- /LAZ 06/ Lazarus. R. S., Stress and Emotion, Springer, New York, 2006.
- /LEB 98/ Le Bot, P., et al. : MERMOS: un projet d'EDF pour la mise à jour de la méthodologie EPFH (Evaluation Probabiliste de la Fiabilité Humaine), Revue Générale Nucléaire 1998 (1), S. 87-93, 1998.
- /LEB 04/ Le Bot, P.: Human reliability data, human error and accident models - illustration through the Three Mile Island accident analysis, Reliability Engineering & System Safety 83, S. 153-167, 2004.
- /MAT 00/ Matthews, G., et al: Human Performance - Cognition, Stress, and Individual Differences, Psychology Press, Hove, 2000.
- /MEI 85/ Meister, D.: Behavioral Analysis and Measurement Methods, Wiley, New York, 1985.
- /MUE 02/ Müssler, J, W. Prinz, (Hrsg.): Allgemeine Psychologie, Spektrum, Heidelberg, 2002.

- /POH 04/ Pohl, R. F. (Ed.); Cognitive Illusions, Taylor and Francis Group, Hove, 2004.
- /POL 93/ Polus, S.: The Psychology of Judgement and Decision Making, McGraw Hill Inc., New York, 1993.
- /PRE 13/ Preischl, W., M. Hellmich: Human Error Probabilities from Operational Experience of German Nuclear Power Plants, Reliability Engineering and System Safety 109, S. 150-159, 2013.
- /QUI 09/ Quirin, M., J. Kuhl: Theorie der Persönlichkeits-System-Interaktionen (PSI), in: Brandstätter, V., J. H. Otto (Hrsg.): Handbuch der Allgemeinen Psychologie - Motivation und Emotion, Hogrefe, S. 163-173, Göttingen, 2009.
- /RAS 83/ Rasmussen, J.: Skills, Rules, and Knowledge; Signals, Signs, and Symbols, and Other Distinctions in Human Performance Models, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, SMC-13, S. 257-266, 1983.
- /RIC 98/ Richter, P., W. Hacker: Belastung und Beanspruchung, Asanger, Heidelberg, 1998.
- /SCH 00/ Schwarzer, R.: Stress, Angst und Handlungsregulation, 4. Auflage, Kohlhammer, Stuttgart, 2000.
- /SCH 06/ Schaub, H.: Störungen und Fehler beim Denken und Problemlösen, in: /FUN 06/, S. 448-482, 2006.
- /SCH 10/ Schmitz, B. (Hrsg.): Handbuch Statistik, Methoden und Evaluation, Hogrefe, Göttingen, 2010.
- /SMI 11/ Smith, C. A., L. D. Kirby: The Role of Appraisal and Emotion in Coping and Adaptation, in: Contrada, R. J., A. Baum (Eds.): The Handbook of Stress Science, Springer, New York, 2011.
- /STA 04/ Staal, M.: Stress, Cognition, and Human Performance: A Literature Review and Conceptual Framework, Moffett Field, California: Ames Research Center, 2004.

- /STA 14/ Staal, M. et al.: Cognitive Performance and Resilience to Stress, psych.colorado.edu/~lbourne/CR.doc, (ohne Jahresangabe) letzter Zugriff am 15.05.2014
- /STA 03/ Städtler, T.: Lexikon der Psychologie, Krönder, Stuttgart:, 2003.
- /STA 10/ Stanovich, K. E.: Decision Making and Rationality in the Modern World, Oxford University Press, Oxford, 2010.
- /STO 94/ Stokes, A, K. Kite: Flight Stress, Avebury Aviation, Aldershot, 1994.
- /SWA 83/ Swain, A. D., H. E. Guttman: Handbook of Human-Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications, NUREG/CR-1278, U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC), Washington, DC, August 1983.
- /ULI 11/ Ulich, E.: Arbeitspsychologie, 7. Auflage, vdf und Schaeffer-Poeschel Verlag, Zürich, Stuttgart, 2011.
- /VIE 10/ Viechtbauer, W.: Meta-Analyse, in: Holling, H., B. Schmitz (Hrsg.): Handbuch Statistik, Methoden und Evaluation, Hogrefe, S. 743-756, Göttingen, 2010.
- /VOL 83/ Volbert, R., M. Steller (Hrsg.): Rechtspsychologie, Hogrefe, Göttingen, 2008.
- /WAT 11/ Watts, D. J.: Everything Is Obvious, Atlantic Books, London, 2011.
- /WES 10/ Westmeyer, H.: Wissenschaftstheorie, in: Holling, H., B. Schmitz (Hrsg.): Handbuch Statistik, Methoden und Evaluation, Hogrefe, S. 87-98, Göttingen, 2010.

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 4.1	Nutzung regelbasierter Kenntnisse zur Überführung eines Ist-Zustands in den Soll- oder Ziel-Zustand über ein Zwischenziel.....	87
Abb. 4.2	Ansatz der Analyse.....	102
Abb. 4.3	Stresshöhe zu Beginn der wissensbasierten Aufgabe .....	107
Abb. 4.4	Folgen negativer Emotionen und ihrer eventuellen Dämpfung für das weitere Handeln.....	114
Abb. 4.5	Zuverlässigkeit des Problemlösens unter guten Erfolgsaussichten in Abhängigkeit von der Zeit .....	128
Abb. 4.6	Erfolgsaussichten und weitere Entwicklung des Problemlösens .....	144
Abb. 4.7	Ergebnis des Problemlöseversuchs unter guten Erfolgsaussichten .....	145
Abb. 4.8	Ergebnis des Problemlöseversuchs unter mäßigen Erfolgsaussichten .....	146
Abb. 4.9	Ergebnis des Problemlöseversuchs ohne Erfolgsaussichten .....	147



## Tabellenverzeichnis

Tab. 4.1	Stresshöhe bei wissensbasiertem Handeln.....	106
Tab. 4.2	Übersicht über die Analyse und Bewertung der (Nicht-)Überwindung einer möglichen Phase der Konfusion.....	110
Tab. 4.3	Möglichkeit schädlicher Eingriffe während einer eventuellen Phase der Konfusion .....	113
Tab. 4.4	Einleitung des Problemlöseversuchs .....	115
Tab. 4.5	Zusammenstellung der Merkmale erfolgreichen Problemlösens .....	123
Tab. 4.6	Stufen der zusammenfassenden qualitativen Wertung der Analyseergebnisse zu den Erfolgsaussichten des Problemlöseprozesses.....	126
Tab. 4.7	Quantitative Bewertung der Zuverlässigkeit des Problemlösens in Abhängigkeit von den Erfolgsaussichten .....	127
Tab. 4.8	Schrittprogramm für die Quantifizierung der Wahrscheinlichkeit für erfolgreiche Problemlöseversuche, wenn gute bzw. mäßige Erfolgsaussichten bestehen, die richtige Vorgehensweise zu finden.....	129
Tab. 4.9	Übersicht über kognitive Fehler .....	135
Tab. 4.10	Quantifizierung der Wahrscheinlichkeit schädlicher Eingriffe .....	138
Tab. 4.11	Überblick über die Analyse und die Bewertung des Problemlöseversuchs .....	142
Tab. 4.12	Einleitung eines gefundenen richtigen oder falschen Vorgehens oder eines schädlichen Eingriffs .....	148
Tab. 4.13	Übersicht über die Analyse und Bewertung der Ausführung eines gefundenen Vorgehens.....	158
Tab. 6.1	Tabellarische Darstellung der praxisgerechten Anleitung zur Analyse und Bewertung des Faktors Stress .....	174
Tab. 6.2	Erfolgs- und Fehlerpfade des fiktiven Beispiels (0,5/10) usw. steht für: Fehlerwahrscheinlichkeit 0,5, Fehlerfaktor 10 .....	184

**Gesellschaft für Anlagen-  
und Reaktorsicherheit  
(GRS) gGmbH**

Schwertnergasse 1  
**50667 Köln**

Telefon +49 221 2068-0

Telefax +49 221 2068-888

Forschungszentrum

**85748 Garching b. München**

Telefon +49 89 32004-0

Telefax +49 89 32004-300

Kurfürstendamm 200

**10719 Berlin**

Telefon +49 30 88589-0

Telefax +49 30 88589-111

Theodor-Heuss-Straße 4

**38122 Braunschweig**

Telefon +49 531 8012-0

Telefax +49 531 8012-200

[www.grs.de](http://www.grs.de)

**ISBN 978-3-944161-12-9**