

TECHNISCHE UNIVERSITÄT  
CHEMNITZ

Professur für Allgemeine Psychologie und Arbeitspsychologie

## **Diplomarbeit**

als Teil der Diplomprüfung für Psychologen

**Diagnostisches Schließen bei Widersprüchen  
Experimentelle Untersuchung und  
Fuzzy Pattern Modellierung**

**Franziska Bocklisch**

geboren am 14.06.1982 in Karl-Marx-Stadt

28. August 2006

## ***Danksagung***

---

Die vorliegende Arbeit entstand am Lehrstuhl für Allgemeine Psychologie und Arbeitspsychologie der Technischen Universität Chemnitz und steht in der Forschungslinie von Herrn Professor Krems.

Für die Betreuung und Unterstützung sowie alle Anregungen möchte ich mich bei den Mitarbeitern des Lehrstuhls, insbesondere bei Herrn Dr. Baumann, ganz herzlich bedanken.

Weiterhin gilt mein Dank den Versuchspersonen, die an der Experimental-aufgabe teilnahmen.

Für die Bereitstellung der Auswertungssoftware und die Unterstützung bei der Nutzung der Fuzzy Pattern Klassifikation gilt mein besonderer Dank Herrn Professor Bocklisch (Lehrstuhl für Systemtheorie der Technischen Universität Chemnitz).

## ***Inhaltsverzeichnis***

<b>1 Zusammenfassung</b>	<b>7</b>
<b>2 Einleitung</b>	<b>8</b>
<b>3 Theorie</b>	<b>10</b>
3.1. Theoretische Einführung	10
3.2. Theorie abduktiven Schließens (TAR)	12
3.3. Scientific Discovery as Dual Search (SDDS)	13
3.4. Construction-Integration Theorie beim diagnostischen Schließen	13
3.5. Eigene experimentelle Untersuchung und Hypothesen	14
3.6. Fuzzy Pattern Klassifikation	16
<b>4 Methode</b>	<b>19</b>
4.1. Versuchspersonen	19
4.2. Material	19
4.2.1. Geräte	19
4.2.2. Versuchsmaterial	19
4.2.3. Aufbau der Versuchsdurchgänge	22
4.3. Ablauf	25
4.4. Design	26
4.4.1. Unabhängige Variablen	26
4.4.1.1. Widersprüche	26
4.4.1.2. Normaldurchgänge	26
4.4.2. Abhängige Variablen	26
<b>5 Ergebnisse</b>	<b>27</b>
5.1. Datenmaterial	27
5.2. Inferenzstatistische Auswertung	29
5.2.1. Analyse der Einzeldurchgänge	29
5.2.2. Auswertung einzelner Versuchspersonen	32
5.2.3. Auswertung einzelner Chemikalien	33

5.3. Fuzzy Pattern Auswertung	35
5.3.1. Zugehörigkeitsverläufe	36
5.3.2. Trennschärfen	40
5.3.3. Modellierung der Widerspruchsdurchgänge	41
<b>6 Diskussion</b>	<b>47</b>
6.1. Evaluation der Experimentalaufgabe	47
6.2. Hypothesenwechsel bei Widersprüchen	48
6.3. Auswertungsmethodik	49
6.4. Ausblick	51
<b>7 Literatur</b>	<b>52</b>
<b>8 Anhänge</b>	<b>56</b>

## **Abbildungsverzeichnis**

<i>Abbildung 3.1.</i>	Bildschirmabzug EDIT	17
<i>Abbildung 4.1.</i>	Ratingskala zur Plausibilitätseinschätzung von Hypothesen	24
<i>Abbildung 5.1.</i>	Verteilung der Anzahl richtiger Lösungen (alle Versuchsdurchgänge: 39)	30
<i>Abbildung 5.2.</i>	Verteilung der Anzahl richtiger Lösungen (normale Versuchsdurchgänge: 32)	30
<i>Abbildung 5.3.</i>	Verteilung der Anzahl richtiger Lösungen (Widerspruchsdurchgänge: 4)	31
<i>Abbildung 5.4.</i>	Dendrogramm	33
<i>Abbildung 5.5.</i>	Richtige Lösungen differenziert nach Chemikalien: Normale Versuchsdurchgänge	33
<i>Abbildung 5.6.</i>	Vergleich richtiger Lösungen zwischen Normal- und Widerspruchsdurchgängen differenziert nach Chemikalien	34
<i>Abbildung 5.7.</i>	Mittlere Zugehörigkeitsverläufe der Normal- und Widerspruchsdurchgänge im Vergleich	36
<i>Abbildung 5.8.</i>	Zugehörigkeitsverläufe der einzelnen Normal- und Widerspruchsdurchgänge im Vergleich	37
<i>Abbildung 5.9.</i>	Mittlere Zugehörigkeitsverläufe der Normal- und Widerspruchsdurchgänge im Vergleich	38
<i>Abbildung 5.10.</i>	Zugehörigkeitsverläufe der einzelnen Normal- und Widerspruchsdurchgänge im Vergleich	39
<i>Abbildung 5.11</i>	Zugehörigkeitswerte Widerspruchsdurchgang 33	42
<i>Abbildung 5.12</i>	Zugehörigkeitswerte Widerspruchsdurchgang 34	45

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 4.1: „Ärztliches Vorwissen“: Stoffgruppen-, Chemikalien-, Symptom- kombinationen	20
Tabelle 4.2 : Ähnlichkeitsgrad der Chemikalien bezüglich der Anzahl gleicher Symptome	21
Tabelle 4.3: Anzahl der Chemikalien als Lösung	23
Tabelle 5.1: Richtige Lösungen der Versuchsdurchgänge	29
Tabelle 5.2: Lösungshäufigkeiten der Normalen- und Widerspruchsdurchgänge der Versuchspersonen [%] in Intervallen	31
Tabelle 5.3: Lösungshäufigkeiten bei unterschiedlichen Widerspruchstypen	32
Tabelle 5.4: Erstellung des Idealratingverlaufs am Beispiel von Versuchsdurchgang 1	35
Tabelle 5.5: Trennschärfen zwischen den mittleren Zugehörigkeitswerten der normalen und widersprüchlichen Versuchsdurchgänge	40
Tabelle 5.6: Idealratingverlauf des Widerspruchsdurchgangs 33	41
Tabelle 5.7: Idealratingverlauf des Widerspruchsdurchgangs 34	44

## **1 Zusammenfassung**

Die vorliegende Diplomarbeit befasst sich mit dem diagnostischen Schließen bei Widersprüchen. Diagnostisches Schließen wird in Anlehnung an Johnson und Krems (2001) als sequentieller Verstehensprozess aufgefasst, bei dem ein Situationsmodell aufgebaut wird, das die Problemlösung enthält. Es wurde eine Experimentalaufgabe aus dem Bereich der medizinischen Diagnostik konstruiert, bei der sequentiell Krankheits-symptome präsentiert wurden. Die studentischen Versuchspersonen sollten auf mögliche Ursachen schließen und eine Diagnose stellen. Erfasst wurden die Häufigkeit richtiger Lösungen sowie Ratingwerte einer Plausibilitätseinschätzung über den gesamten Schlussfolgerungsprozess hinweg.

Neben widerspruchsfreien Versuchsdurchgängen wurden zwei Arten von Widersprüchen erzeugt. Zum einen Widersprüche, in denen ein Wechsel zwischen verschiedenen Klassen von Hypothesen notwendig ist, und zum anderen Widersprüche, bei denen zwischen Einzelhypothesen der gleichen Hypothesenklasse gewechselt werden soll. Erwartet wurde, dass Widersprüche schwerer zu lösen sein sollten als widerspruchsfreie Durchgänge und dass sich der Prozess des Schließens je nach Widerspruchsart unterschiedlich gestaltet. Im Vergleich der Durchgänge ließen sich die Hypothesen bestätigen. Bezüglich der beiden Widerspruchsarten wurde davon ausgegangen, dass ein Wechsel zwischen Hypothesenklassen schwieriger sein sollte, als wenn Einzelhypothesen innerhalb der gleichen Klasse geändert werden müssen. Dies konnte in der experimentellen Untersuchung nicht bestätigt werden, sondern hat sich eher gegenteilig gezeigt. Mit Hilfe des Verfahrens der Fuzzy Pattern Klassifikation, das insbesondere die Unsicherheit und Unschärfe von Daten berücksichtigt, wurden die Ratings ausgewertet. Die Modellierung des Schlussfolgerungsprozesses speziell für die Fälle von Widersprüchen verdeutlicht die Ergebnisse.

## **2 Einleitung**

Der Mensch ist ein Geheimnis.  
Bist du dein Leben lang bemüht,  
es zu enträtseln, dann sage nie,  
daß du es vergeudet hast.

Fjodor M. Dostojewski

Diagnostisches Schließen oder Abduktion bezeichnen das Suchen und Finden von Erklärungen bezüglich der Ursachen für bestimmte Beobachtungen. Ein Beispiel hierfür ist die Diagnose, die ein Arzt stellt, um die beobachteten Symptome seines Patienten zu erklären. Im Schlussfolgerungsprozess müssen ständig neue Beobachtungen und Informationen aufgenommen und verarbeitet werden, um zur richtigen Diagnose zu kommen. Was passiert aber, wenn sich die Informationen widersprechen? Wie wird dann eine Erklärung gefunden?

Verschiedene Theorien beleuchten abduktives Schließen und medizinisches Problemlösen von unterschiedlichen Blickwinkeln aus (Elstein und Schwarz, 2002). Für die Theorie abduktiven Schließens (Johnson & Krems, 2001) ist die Beschreibung des Aufbaus eines mentalen Situationsmodells und der Ablauf des Prozesses zentral. Die SDDS Theorie (Klahr & Dunbar, 1988) hingegen differenziert vor allem bezüglich der Repräsentationsschemata von Problemen und Erklärungshypothesen und das medizinische Problemlösen (Arocha & Patel, 1995; Patel & Groen, 1986; Patel, Achocha & Kaufman, 1999) befasst sich stark anwendungsorientiert u. a. mit Unterschieden beim Diagnostizieren zwischen Experten und Novizen.

Auch die Rolle von grundlegenden Mechanismen wie dem Gedächtnis (Baumann, 2001) ist zu berücksichtigen und der Umgang mit Anomalien bzw. widersprüchlichen Informationen (Keinath, 1997 und 2003) wurde erforscht.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Beschreibung und Erklärung von abduktiven Prozessen, wenn Widersprüche zwischen den Beobachtungen auftreten.

Da das Schlussfolgern in diesem Fall mit großer Unsicherheit behaftet ist, wurde die Fuzzy Pattern Klassifikation als Auswertungsmethodik gewählt. Sie berücksichtigt die Merkmale „Unsicherheit“ und „Prozesshaftigkeit“ besonders (Peschel, 1978; Bocklisch, 1987) .

Theoretische Erkenntnisse der Abduktionsforschung sollen mit dem anwendungsorientierten Feld des medizinischen Problemlösens und mit einer adäquaten methodischen Auswertung verbunden werden.

Um diese Integration zu ermöglichen, wurde eine abduktive Experimentalaufgabe erarbeitet, deren inhaltliche Komponente mit dem medizinisch-diagnostischen Bereich verbunden ist und bei der der prozesshafte Schlussfolgerungsmechanismus durch direkte Einschätzung (Rating der Plausibilität verschiedener Hypothesen) der Versuchsteilnehmer erfasst werden kann.

Ziel dieser Arbeit ist es, einen Beitrag zur Beantwortung folgender Fragen zu leisten, die sich als Konsequenz der beabsichtigten Integration stellen:

- Welchen Einfluss haben sich widersprechende Daten auf die eingeschätzte Plausibilität von Hypothesen?
- Wie werden unterschiedliche Arten von Hypothesenwechseln vollzogen?
- Wie kann eine Abbildung des kognitiven Schlussfolgerungsprozesses bei Widersprüchen mit Hilfe der Fuzzy Pattern Klassifikation beschrieben werden?

### 3 Theorie

#### 3.1. Theoretische Einführung

Das logische schlussfolgernde Denken ist eine zentrale kognitive Fähigkeit des Menschen. Die Untersuchung der formalen Logik der menschlichen Rationalität geht bereits auf Aristoteles zurück, der Deduktion und Induktion als Varianten des logischen Denkens formulierte.

Deduktives Vorgehen bedeutet, dass aus Prämissen (einer allgemeinen Regel und einem bestimmten Fall) Schlussfolgerungen (Resultate) abgeleitet werden. Die Deduktion geht vom Allgemeinen aus und schließt auf das Spezielle, während die Induktion von einem speziellen Fall und einem Resultat auf eine allgemeine Regel schließt. Induktive Schlüsse sind unsicherheitsbehaftet, deduktives Ableiten ist wahrheitssichernd.

Charles S. Peirce erweiterte diese formalen Schlusskategorien um einen dritten Schlussmodus, die Abduktion. Sie bezeichnet die Schlussfolgerung von einem Resultat und einer Regel auf einen bestimmten Fall und das Ergebnis ist wie bei der Induktion unsicherheitsbehaftet (Kunzmann et al., 2002).

Folgendes Beispiel stellt Abduktion exemplarisch dar:

**Resultat:** „Diese Bohnen sind weiß.“

**Regel:** „Alle Bohnen aus diesem Sack sind weiß.“

→ **Fall:** „Diese Bohnen sind aus diesem Sack.“

Weitere Beispiele der verschiedenen Schlussfolgerungsarten finden sich bei Peng & Reggia (1990).

Welche Bedeutung hat die Abduktion? Als Schlussfolgerungsmechanismus mit dem Ziel, für eine vorliegende Beobachtung (Resultat) eine Erklärung (Fall) zu finden, kommt die Abduktion in vielen alltäglichen Situationen vor. Im Besonderen ist sie Grundlage für alle Formen der Diagnostik. Ob bei der Fehlersuche des Kfz-Mechanikers am Auto oder bei der Diagnose einer Krankheit durch den Arzt, es werden letztlich durch Generieren und Integrieren von Hypothesen (Regeln) Erklärungen für Beobachtungen gesucht. Auch der Prozess wissenschaftlichen Entdeckens kann als abduktiver Schluss verstanden werden (Josephson, 1998).

Wesentliche Merkmale sind, dass Abduktionsprobleme häufig komplex sind (Multikausalität), dass der Schlussmodus unsicherheitsbehaftet ist (Alternativerklärungen können

nie „sicher“ ausgeschlossen werden) und dass es sich um einen sequentiellen Prozess handelt (die Interpretation der Beobachtungen kann sich im Prozessverlauf ändern).

Die gegenwärtige wissenschaftliche Forschung im Bereich der multikausalen Abduktion beschäftigt sich u. a. mit der Bildung von Erklärungsmodellen.

Johnson und Krems (2001) formulierten eine Theorie abduktiven Schließens (TAR), die in Anlehnung an die Theorie mentaler Modelle für deduktive Schlüsse (Johnson-Laird, 1983), Abduktion als sequentiellen Integrationsprozess von Daten in ein Situationsmodell betrachtet. Ein alternatives Modell, die SDDS-Theorie (Scientific Discovery as Dual Search) stammt von Klahr und Dunbar (1988) und versteht Abduktion als Problemlöseprozess bei dem in zwei Problemräumen (Hypothesen- und Experimentalraum) nach der Erklärung gesucht wird. Weitere Forschung beschäftigt sich mit Einflussfaktoren wie z.B. der Funktion des Gedächtnisses beim abduktiven Schließen (Baumann, 2001) oder dem Umgang mit anomalen Daten (Keinath, 1997 und 2003; Keinath & Krems, 1998); Chinn & Brewer, 1998). Einen Überblick zu klassischen Arbeiten der Anomalieforschung findet sich ebenso bei Keinath (2003). Enge Zusammenhänge bestehen auch zum Gebiet des Hypothesentestens, dem Wasons Experiment zur 2-4-6 Aufgabe zugrunde liegt (Wason 1960 und 1968). Er entdeckte das Phänomen der Bestätigungstendenz, welches zeigt, dass trotz widersprechender Daten häufig an ursprünglichen Hypothesen festgehalten wird (Mynatt, Doherty & Tweney, 1977).

Die anwendungsbezogene Forschung im Bereich des medizinischen Problemlösens bedient sich zur Beschreibung von diagnostischen Schlüssen z.B. der Construction-Integration Theorie von Arocha und Patel (1995), deren Ursprünge aus dem „Textverstehen“ stammen (Kintsch, 1988). Ebenfalls zum Gegenstandsbereich der medizinischen Kognitionsforschung gehören vergleichende Analysen von Experten und Novizen u. a. bezüglich Unterschieden in der vorhandenen Wissensstruktur oder der Richtung von Inferenzschlüssen (Elstein und Schwarz, 2002; Patel, Arocha und Kaufmann, 1999). Zur Messung von Hypothesenaktivierung wurden bisher hauptsächlich indirekte Methoden wie Reaktionszeitmessungen (Baumann, 2001) oder nicht prozessbezogene Verfahren, z.B. Erfassung von Erinnerungsleistungen (Patel et al., 1986), herangezogen.

Bezüglich der methodischen Auswertung von Experimentaldaten stützen sich die meisten Forscher auf Verfahren, die in der Psychologie bereits etabliert sind. Nur wenige

psychologische Studien werden bisher mit der Fuzzy Pattern Klassifikation ausgewertet, einem Analyse- und Modellbildungsverfahren, das in den technischen Wissenschaften schon länger Anwendung findet. Eine Einführung hierzu geben Koch, Kuhn & Wernstedt (1996). Einen Überblick zur praktischen Anwendung von Fuzzy Methoden gibt Zimmermann (1999).

Vorteil dieser Methodik ist die Berücksichtigung von Unsicherheiten und Rauschen sowohl im empirisch erfassten Datenmaterial als auch in den durch die Auswertung gebildeten generalisierten Wissensstrukturen (Klassen). Sie erscheint gerade zur Auswertung psychologischer Phänomene und im Speziellen auch zur Abbildung unsicherheitsbehafteter abduktiver Schlussfolgerungsprozesse sehr geeignet zu sein. Nachfolgend werden die theoretischen Ausgangspunkte vertieft dargestellt.

### **3.2. Theorie abduktiven Schließens (TAR)**

Die Theorie abduktiven Schließens wurde von Johnson und Krems (1995, 2001) formuliert. Sie fasst Abduktion als einen Verstehensprozess auf, bei dem ein Situationsmodell für vorliegende Beobachtungen aufgebaut wird. Dieses Modell ist eine mentale Repräsentation in der die Struktur der zu bewältigenden Aufgabe ebenso wie aktuelle Situationsparameter repräsentiert sind. Es stellt die derzeit plausibelste Erklärung für die Beobachtungen dar und ist damit zentraler Bezugspunkt im Problemlöseprozess. Neue Informationen werden im Schlussfolgerungsprozess vor dem Hintergrund des bereits bestehenden aktuellen Situationsmodells erklärt und in dieses integriert.

Beim Auftreten von Anomalien (Beobachtungen, die im Widerspruch zum bisherigen Situationsmodell stehen), werden neue Erklärungen gesucht bzw. die Erklärungen für vorangegangene Symptome verändert. Der Verlauf der Generierung einer Erklärung beginnt mit dem Sammeln von Daten, die anschließend verarbeitet und verstanden werden. Ergebnis ist eine Erklärungshypothese (bzw. mehrere Hypothesen), die dann bezüglich der Passung zum bisherigen Situationsmodell überprüft wird. Wenn die Erklärungshypothese passt, wird sie ins Modell integriert. Wenn keine Übereinstimmung vorliegt, wird versucht, den Widerspruch zu lösen. Der Prozess ist beendet, wenn eine zufriedenstellende Erklärung für das abduktive Problem gefunden wurde. Eine genauere Darstellung von TAR und die vergleichende Einordnung bzgl. anderer Theorien findet sich bei Baumann (2001).

### 3.3. Scientific Discovery as Dual Search (SDDS)

Eine Theorie, die abduktives Schließen ebenfalls als Problemlösen auffasst, ist die SDDS Theorie von Klahr und Dunbar (1988). Die Lösung des Problems wird durch eine gezielte Suche in zwei Problemräumen gefunden. Der Hypothesenraum beinhaltet hierbei alle möglichen Erklärungen, die während des Suchprozesses entstanden sind. Der Experimentalraum besteht aus der Menge durchführbarer Experimente, die zur Gewinnung neuer Informationen und Hypothesen führen.

Zur Bezeichnung der Repräsentationsstruktur und des Zustands des Hypothesenraums dienen die Begriffe Frame (Hypothese), Slot (Dimensionen, auf denen die Hypothese variiert) und Value (konkrete Ausprägung des Slots). Ein Frame umfasst mehrere Slots, die ihrerseits unterschiedliche Values aufweisen.

Folgendes Beispiel erläutert ein derartig hierarchisch geordnetes Repräsentationschema:

**Frame:** Haus  
↳ **Slot 1:** Dachform  
    ↳ **Value:** Spitzdach  
↳ **Slot 2:** Dachgröße  
    ↳ **Value:** 100 Quadratmeter  
↳ **Slot 3 :** ...

Wenn Hypothesen geändert werden, findet ein Wechsel zwischen Slots innerhalb des gleichen Frames leichter statt als zwischen verschiedenen Frames, so Klahr und Dunbar (1988). Verschiedene Kontrollprozesse steuern die Suche in den Problemräumen. Neue Hypothesen können nur auf Grundlage von sich bereits im Gedächtnis befindenden Informationen gebildet werden. Wie diese Gedächtnis- und Verarbeitungsprozesse ablaufen, ist in dieser Theorie nicht beschrieben. Auch detaillierte Aussagen über die Lösung von Widersprüchen können aus SDDS nicht abgeleitet werden. Hierzu gibt die Construction-Integration Theorie genaueren Aufschluss.

### 3.4. Construction-Integration Theorie beim medizinischen Problemlösen

Arocha und Patel (1995) wendeten die Construction-Integration Theorie von Kintsch (1988), die ursprünglich aus dem Bereich Textverstehen stammt, auf medizinische Diagnoseprozesse an. In dieser Theorie werden im Verstehens- und Schlussfolgerungsprozess zwei zyklisch wiederkehrende Teilprozesse unterschieden: der Construction-

und der Integration-Prozess. Im regelbasierten Construction-Prozess werden aufgrund der gegebenen Informationen relevante und irrelevante mentale Konzepte sowie Assoziationen dazu im Langzeitgedächtnis aktiviert. Darauf aufbauend wird im Integration-Prozess die Aktivierung relevanter Konzepte verstärkt und Irrelevantes wird gehemmt. Als Ergebnis entsteht eine kohärente mentale Repräsentation der aktuellen Problemsituation, die die Lösung der Aufgabe beinhaltet.

Bei einer medizinischen Diagnose würden die Symptome des Patienten als Informationsgrundlage dienen und in der Construction-Phase z.B. Assoziationen zu allgemeinem und spezifischem medizinischen Wissen, wie Krankheitsklassen, aktivieren. Zum Aufbau des konkreten Situationsmodells in der Integration-Phase würden irrelevante Krankheiten ausgeschlossen und nur noch solche betrachtet, in denen das beobachtete Symptommuster vorkommt und die zum bisherigen Situationsmodell passen.

### **3.5. Eigene experimentelle Untersuchung und Hypothesen**

In Anlehnung an TAR wird in dieser Arbeit davon ausgegangen, dass es sich beim diagnostischen Schließen um einen komplexen Prozess handelt, der auf dem Aufbau eines Situationsmodells beruht. Dieses kognitive Modell enthält Wissen über den Problembereich und neue Informationen werden sukzessiv integriert. Im Schlussfolgerungsprozess dient die Bildung und Prüfung von Erklärungshypothesen für die aktuelle Problemsituation durch Vergleich der Passung alter und neuer Informationen der anschließenden Lösungsfindung. Sofern keine widersprüchlichen Informationen vorliegen, wird auf Grundlage des Situationsmodells die Problemlösung abgeleitet, indem zugunsten der besten Erklärung entschieden wird.

Wenn das Auftreten von Widersprüchen zwischen Situationsmodell und neuen Informationen festgestellt wird, müssen alte Erklärungshypothesen verworfen oder modifiziert werden bzw. neue gebildet werden. Diese unterliegen nachfolgend wieder einem Bewertungsprozess dessen Ergebnis das Auffinden der besten Erklärung ist. Widersprüche können somit durch den Wechsel von Erklärungshypothesen im Prozess bewältigt werden, sofern alle wesentlichen Informationen zugänglich sind und eine Lösung des Problems theoretisch möglich ist.

In dieser Arbeit soll insbesondere das Schlussfolgern bei Widersprüchen in einem Experiment untersucht werden. Keinath (1997, 2003) nutzte zur Untersuchung von Anomalieresolutionen bei abduktiven Schlüssen die Black-Box-Aufgabe (Johnson, Krems & Amra, 1994; Krems & Johnson, 1995), bei der es sich um eine Abduktionsauf-

gabe mit visueller Reizgrundlage handelt (Spielbrettmatrix, Atome und Einschussstrahlen). In Anlehnung an die Black-Box-Aufgabe wurde eine sprachlich repräsentierte Experimentalaufgabe konstruiert, die ein komplexes abduktives Problem aus dem Bereich der medizinischen Diagnostik darstellt und damit stärker in Richtung praktischer diagnostischer Schlüsse orientiert ist. Als Wissensgrundlage (des zu bildenden Situationsmodells) dient eine Tabelle mit Symptom-Erklärungs-Kombinationen, die hierarchische Schemata im Sinne von Frames, Slots und Values nach SDDS darstellt (siehe hierzu Kapitel 4 Methode, Tabelle 4.1). Neue Informationen werden den Versuchspersonen sequentiell in Form von Symptomen präsentiert, was die Betrachtung des Schlussfolgerungsprozesses ermöglicht. In vier von 39 Versuchsdurchgängen werden widersprüchliche Symptome gezeigt. Der Eintrittszeitpunkt des Widerspruchs liegt beim dritten Symptom, das den bisherigen zwei Symptomen widerspricht. Mit Hilfe der Verarbeitung des vierten und letzten Symptoms ist durch einen Wechsel der Erklärungshypothese die Bewältigung des Widerspruchs und die Angabe einer korrekten Lösung möglich. Zwei der vier Widerspruchsdurchgänge erfordern einen Wechsel zwischen einzelnen Erklärungshypothesen innerhalb einer einzigen übergeordneten Hypothesenklasse. Die anderen beiden Widerspruchsdurchgänge können nur durch den Wechsel zwischen den zwei übergeordneten Hypothesenklassen gelöst werden. Die Erfassung der Plausibilität von Hypothesen soll durch direktes Rating der Versuchspersonen anhand einer 7stufigen Ratingskala (siehe Kapitel 4 Methode, Abbildung 4.1) erfolgen. Alle möglichen Erklärungshypothesen werden nach jedem Symptom geratet, so dass vollständige Ratingverläufe über den Schlussfolgerungsprozess für jeden Versuchsdurchgang entstehen.

Für das vorliegende Experiment werden folgende theoretische Annahmen getroffen:

1. Insgesamt sollten Widersprüche schwerer zu lösen sein als widerspruchsfreie, „normale“ Versuchsdurchgänge. Unterschiede im Plausibilitätsrating werden erst ab dem dritten Symptom (= Eintritt des Widerspruchs) vermutet, da die Durchgänge sich qualitativ erst hier unterscheiden. Außerdem sollten sich in der Häufigkeit richtiger Lösungen der Versuchsdurchgänge dahingehend Unterschiede erkennen lassen, dass die Lösungshäufigkeit bei Normaldurchgängen größer ist als bei Widerspruchsdurchgängen.
2. Der diagnostische Schlussfolgerungsprozess, insbesondere der Eintritt und Umgang mit Widersprüchen, sollte sich in den Werten des Plausibilitätsratings zeigen (siehe Kapitel 4 Methode).

3. Bezüglich des Umgangs mit sich widersprechenden Symptomen wird analog zu SDDS davon ausgegangen, dass ein Wechsel der Hypothese leichter fällt, wenn die übergeordnete Hypothesengruppe gleich bleibt und nur die Einzelhypothese geändert werden muss, als wenn ein Wechsel zwischen unterschiedlichen übergeordneten Hypothesengruppen notwendig ist.

Für die Datenauswertung und die Erstellung eines Modells des Schlussfolgerungsprozesses bei Widersprüchen soll die Fuzzy Pattern Klassifikation genutzt werden.

### **3.6. Fuzzy Pattern Klassifikation**

Fuzzy Auswertungsverfahren werden im naturwissenschaftlichen Bereich etwa bei der Lösung technischer Aufgabenstellungen schon seit den 60er Jahren angewendet (Zadeh, 1965), sind hingegen in der Psychologie noch nicht verbreitet. Einen Überblick über verschiedene praktische Anwendungsgebiete gibt Zimmermann (1999).

Die Fuzzy Pattern Klassifikation ist ein Auswertungs- und Modellbildungsverfahren, das insbesondere die Unvollständigkeit (z.B. eingeschränkte Stichprobe), Unsicherheit (u. a. unklare Variablenbeziehungen) und Unschärfe (z.B. Messungenauigkeit) von Daten berücksichtigt. Als nichtstatistisches Verfahren beruht es auf dem Beschreibungsmaß der Zugehörigkeit (im Sinne der Erfüllung eines Kriteriums) und nicht der Wahrscheinlichkeit mit der Messwerte eine Erwartung erfüllen. Die Zugehörigkeit ist der graduelle Wahrheitswert (zwischen Null und Eins), mit der eine Beobachtung zu einer bestimmten Klasse von Ereignissen gehört. Sie ist somit unabhängig von der beobachteten Häufigkeit. Daher eignet sich das Auswertungsverfahren nicht nur für große Datenstichproben sondern insbesondere auch zur Auswertung von wenigen Messwerten. Die Bestimmung der Zugehörigkeit kann durch einen Experten getroffen werden, der den Wahrheitswert einer Beobachtung einschätzt, oder aus Datenstatistiken ermittelt werden, die Angaben über die Unschärfe der Einzeldaten (z.B. in Form von Varianzbereichen) enthalten. Eine Klasse wird mittels einer Zugehörigkeitsfunktion mathematisch beschrieben. In dieser Arbeit wurde eine Zugehörigkeitsfunktion vom Typ Potentialfunktion verwendet (Aizerman, 1972). In Abbildung 3.1 ist ein Bildschirmabzug des Programms EDIT dargestellt. Der rote Pfeil markiert die graphische Darstellung der gewählten Potentialfunktionen.

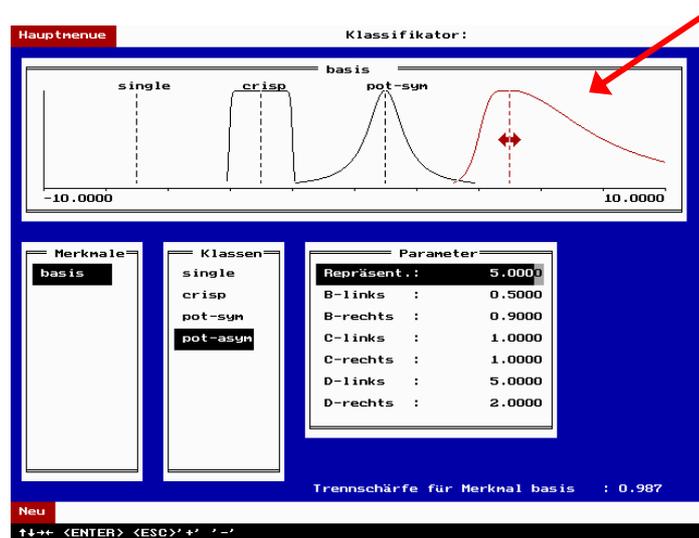


Abbildung 3.1. Bildschirmabzug EDIT

Weitere wichtige Begriffe und deren Entsprechung im vorliegenden Experiment sind nachfolgend überblicksartig zusammengefasst:

- **Objekt:** Bezeichnung des Untersuchungsgegenstands  
Die Objekte in diesem Experiment sind die Versuchspersonen (jeweils gebunden an einen Ratingzeitpunkt), deren Datenwerte im Rahmen der Auswertung gemittelt und somit zu einer mittleren Versuchsperson zusammengefasst wurden.
- **Merkmal:** Eigenschaft von Objekten bzw. Messgröße  
Als abhängige Variable und Messgröße wurden die Plausibilitätsratingwerte, die die Versuchspersonen für die Hypothesen angaben, gemessen. Die Ratings für die sechs unterschiedlichen Hypothesen (Chemikalien) stellen somit sechs Merkmale dar.
- **Klasse:** Menge, die bzgl. der Merkmale relativ ähnliche Objekte umfasst  
Durch die Erfassung des Schlussfolgerungsprozesses in Form einer sequentiellen Ratingabfrage entstehen separate Ratingzeitpunkte, die bezüglich der Merkmale als einzelne Klassen aufgefasst werden. Die Klassen 1 bis 4 entsprechen den Ratingzeitpunkten nach Präsentation der 1. bis 4. Information an die Versuchspersonen.
- **Klassifikator:** Menge von unterschiedlichen Klassen

Zur Auswertung und Modellierung werden verschiedene Softwareprogramme der Fuzzy-Toolbox genutzt (Hrsg. Bocklich, 1999 und 2004 a und b), die u. a. zur Berechnung von Zugehörigkeitswerten dienen.

In der vorliegenden Arbeit wurden die Klassen per Expertendefinition im Sinne eines Idealratingverlaufs für alle einzelnen Versuchsdurchgänge, unterschiedlichen Erklärungshypothesen und Ratingzeitschritte vorgegeben. Die entstandenen Klassifikatoren (einer für jeden Versuchsdurchgang) bilden die Vergleichsgrundlage zu den empirisch erhobenen Ratingdaten und ermöglichen Aussagen, inwieweit die Versuchspersonen in ihrem Rating das erwartete Verhalten bzgl. des korrekten Ideallösungsprozesses zeigen.

## **4 Methode**

### **4.1. Versuchspersonen**

An dem Experiment nahmen insgesamt 21 Personen teil. Bei 14 Versuchspersonen, davon waren 10 weiblichen Geschlechts und vier männlich, liegen vollständig auswertbare Datensätze vor. Der Altersdurchschnitt lag bei rund 23 Jahren, die jüngste Teilnehmerin war 19 Jahre und der älteste 30 Jahre alt.

Bei den Versuchsteilnehmern handelte es sich um Studentinnen und Studenten der Technischen Universität Chemnitz, die per Einschreibung in einen Aushang gewonnen wurden. Größtenteils studierten die Versuchspersonen Psychologie (Diplomstudiengang) im Grundstudium.

### **4.2. Material**

#### **4.2.1. Geräte**

Die Darbietung der Reize auf einem 17 ″ Monitor wurde über einen PC gesteuert.

Außerdem wurde eine handelsübliche Tastatur verwendet, auf der einige Tasten farblich gekennzeichnet waren: Die Buchstaben B, T, W, Q, M, G (Namen der Chemikalien) sowie die Zahlen 1 bis 7 (Werte der Ratingskala), die Leerzeichen- und die Enter-Taste. Als Software zur Erstellung und Durchführung der Versuche wurde das Programm E-Prime (Version 1.1) benutzt (Schneider et al. 2002a und 2002b).

#### **4.2.2. Versuchsmaterial**

Das Experiment war in folgende Coverstory eingebettet: die Versuchspersonen sollten sich vorstellen, dass sie Arzt in einem Chemieunternehmen sind und ein Angestellter zu ihnen kommt, der Krankheitssymptome zeigt, die auf einen Chemieunfall zurückzuführen sind. Die Aufgabe ist, zu diagnostizieren, mit welcher Chemikalie der Patient in Kontakt war.

Das „ärztliche Vorwissen“ der Versuchspersonen bestand aus konstruierten Informationen über fiktive Stoffgruppen, Chemikalien, verursachte Symptome und deren Zusammenhänge, die in einer Tabelle aufbereitet dargestellt wurden (siehe Tabelle 4.1).

Diese musste vor Beginn der Experimentalphase auswendig gelernt werden.

Tabelle 4.1: „Ärztliches Vorwissen“: Stoffgruppen-, Chemikalien-, Symptomkombinationen

Stoffgruppe	Chemikalie	Hauptsymptome
Landin	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Atemnot</li> <li>▪ Husten</li> <li>▪ Kopfschmerzen</li> <li>▪ Augenreizung</li> </ul>
Landin	T	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Atemnot</li> <li>▪ Husten</li> <li>▪ Kopfschmerzen</li> <li>▪ Juckreiz</li> </ul>
Landin	W	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Husten</li> <li>▪ Augenreizung</li> <li>▪ Juckreiz</li> </ul>
Amid	Q	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hautrötung</li> <li>▪ Hautverätzung</li> <li>▪ Augenreizung</li> <li>▪ Juckreiz</li> </ul>
Amid	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hautrötung</li> <li>▪ Hautverätzung</li> <li>▪ Kopfschmerzen</li> <li>▪ Juckreiz</li> </ul>
Amid	G	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hautverätzung</li> <li>▪ Augenreizung</li> <li>▪ Kopfschmerzen</li> </ul>

Es gab zwei verschiedene Stoffgruppen (Landine und Amide) zu denen jeweils drei mit Buchstaben benannte Chemikalien (B, T, W und Q, M, G) gehörten. Es wurden bei der Bezeichnung der Chemikalien der Einfachheit halber Konsonanten gewählt, deren Silbenlänge identisch ist, die sich ansonsten aber nicht ähneln und auch in keinem Ordnungsprinzip (z.B. alphabetische Reihenfolge) zueinander stehen.

Den einzelnen Chemikalien waren jeweils drei Symptome (bei W und G) oder vier (bei B, T, Q und M) von insgesamt sieben möglichen Krankheitsanzeichen (Atemnot, Husten, Kopfschmerzen, Augenreizung, Juckreiz, Hautrötung, Hautverätzung) zugeordnet. Die unterschiedliche Symptomanzahl bildete die Grundlage zur Erzeugung von widersprüchlichen Versuchsdurchgängen.

Weiterhin können die Symptome nach ihrer Spezifität unterschieden werden. Atemnot und Husten sowie Hautrötung und Hautverätzung sind als spezifische Symptome zu verstehen, weil sie jeweils eindeutig für die Stoffgruppe Landin bzw. Amid sprachen. Demgegenüber sind Kopfschmerzen, Augenreizung und Juckreiz unspezifisch, weil sie

bei Chemikalien aus beiden Stoffgruppen vorhanden waren und somit nicht eindeutig auf eine der beiden Gruppen verweisen (siehe Tabelle 4.1).

Bezüglich der Zuordnung der Krankheitssymptome zu den Chemikalien bestehen innerhalb und zwischen den beiden Stoffgruppen Ähnlichkeiten. Bei den Landinen sind den Chemikalien B und T drei gleiche Symptome (die spezifischen Anzeichen Atemnot, Husten und das unspezifische Symptom Kopfschmerzen) zugeordnet. Sie unterscheiden sich nur in einem unspezifischen Krankheitsanzeichen: bei B kommt Augenreizung und bei T Juckreiz vor.

In der Amid-Gruppe war das Zuordnungsprinzip identisch, Q und M sind in zwei spezifischen (Hautrötung und Hautverätzung) und in einem unspezifischen Symptom (Juckreiz) gleich sowie in einem unspezifischen Symptom verschieden: bei Q ist Augenreizung und bei M sind Kopfschmerzen vorhanden.

Die Chemikalien W (Landin) und G (Amid) waren jeweils durch ein spezifisches Symptom (Husten bzw. Hautverätzung) und zwei unspezifische Symptome (bei W: Augenreizung, Juckreiz und bei G: Augenreizung, Kopfschmerzen) charakterisiert.

Der Ähnlichkeitsgrad aller einzelnen Chemikalien zueinander, gemessen an der Anzahl gleicher Symptome, ist in Tabelle 4.2 nochmals verdeutlicht. Die Zahlen stellen die Anzahl gleicher Symptome dar.

Tabelle 4.2 : *Ähnlichkeitsgrad der Chemikalien bezüglich der Anzahl gleicher Symptome*

<b>Chemikalie</b>	<b>B</b>	<b>T</b>	<b>W</b>	<b>Q</b>	<b>M</b>	<b>G</b>
<b>B</b>	4					
<b>T</b>	3	4				
<b>W</b>	2	2	3			
<b>Q</b>	1	1	2	4		
<b>M</b>	1	2	1	3	4	
<b>G</b>	2	1	1	2	2	3

Die Zahlen kennzeichnen die Anzahl gemeinsamer Symptome, d.h. „1“ bedeutet, dass die beiden Chemikalien ein Symptom gemeinsam haben und sich somit relativ unähn-

lich sind und „3“ markiert den höchstmöglichen Ähnlichkeitsgrad zweier verschiedener Chemikalien.

Desweiteren wurde der Ausprägungsgrad der Symptome variiert. Die präsentierten Krankheitsanzeichen konnten schwach oder stark ausgeprägt sein.

Wenn ein Symptom stark ausgeprägt ist, spricht es mit Sicherheit für die jeweilige Chemikalie als wenn es schwach vorhanden ist, weil der Patient dann höchstwahrscheinlich mit einer größeren Menge der Chemikalie in Kontakt war.

Außerdem werden starke Symptome immer von der jeweiligen Chemikalie verursacht, wohingegen schwache Symptome durch geringe Mengen der betreffenden Chemikalie aber auch durch vom Chemieunfall unabhängige Ereignisse, z.B. Sonnenbrand, verursacht werden können.

Der Ausprägungsgrad bildete eine weitere Grundlage zur Generierung von widersprüchlichen Versuchsdurchgängen.

#### **4.2.3. Aufbau der Versuchsdurchgänge**

Die Experimentalphase bestand insgesamt aus 39 Durchgängen (siehe Anhang). Innerhalb eines einzelnen Versuchsdurchgangs der Experimentalphase wurden drei oder vier Symptome sequentiell präsentiert.

Ein Durchgang hatte beispielsweise folgende Struktur:

1. Symptom: „starke Atemnot“;
  2. Symptom: „starker Husten“;
  3. Symptom: „schwache Kopfschmerzen“;
  4. Symptom: „starke Augenreizung“;
- Diagnose der Lösungschemikalie: „B“.

32 der 39 Durchgänge waren „normale“ Versuchsdurchgänge, die bezüglich folgender Kriterien ausbalanciert waren:

##### 1. Schwierigkeitsgrad der Lösungsidentifikation

Der Schwierigkeitsgrad der Lösungsidentifikation gibt an, zu welchem Zeitpunkt des Diagnoseprozesses eine sichere Diagnoseentscheidung getroffen werden kann. Abstufungen des Schwierigkeitsgrades sind „leicht“, „mittel“ und „schwer“. „Schwer“ ist ein

Durchgang, wenn die Chemikalie erst nach Präsentation des letzten Symptoms identifiziert werden kann. „Mittel“ bedeutet, dass nach dem dritten Symptom und „leicht“, dass nach dem zweiten Symptom die Lösung sicher angegeben werden kann.

## 2. Häufigkeit der jeweiligen Chemikalien als Lösung

Es wurde versucht, alle Chemikalien gleich häufig als Lösung vorzugeben. Für die genaue Häufigkeitsverteilung siehe Tabelle 4.3.

Tabelle 4.3: *Anzahl der Chemikalien als Lösung*

Stoffgruppe	Chemikalie	Anzahl	Schwierigkeitsgrad		
			Lei	Mi	Sch
Landin	B	6	1	3	2
	T	6	-	4	2
	W	4	-	4	-
Amid	Q	6	1	3	2
	M	6	-	4	2
	G	4	-	4	-

## 3. Präsentationshäufigkeit des unterschiedlichen Ausprägungsgrades (schwache bzw. starke Symptome)

In der Hälfte der Versuchsdurchgänge wurde jeweils ein schwaches Symptom gezeigt, in der anderen Hälfte kamen nur starke Symptome vor.

## 4. Häufigkeiten der Symptome an einzelnen Prozessschritten

Die Symptome wurden möglichst in gleicher Häufigkeit auf die einzelnen zeitlichen Positionen des Diagnoseprozesses verteilt, d.h. alle Symptome kommen annähernd gleich häufig als 1., 2., 3. oder 4. Symptom vor.

Vier der Experimentaldurchgänge beinhalteten widersprüchliche Symptome (siehe Anhang). In zwei Fällen musste ein Hypothesenwechsel zwischen den Stoffgruppen durchgeführt werden, um zur richtigen Lösungschemikalie zu kommen. Die anderen Fälle erforderten einen Hypothesenwechsel innerhalb derselben Stoffgruppe.

Der Eintrittszeitpunkt des Widerspruchs war konstant bei Präsentation des dritten Symptoms. An zweiter Stelle wurde immer ein schwach ausgeprägtes Symptom

gezeigt. Alle Widerspruchsdurchgänge waren schwer zu lösen, d.h. es konnte erst nach dem vierten Symptom eine sichere Diagnose gestellt werden.

Neben den Widerspruchsdurchgängen wurden noch drei widersprüchliche Übungsdurchgänge (siehe Anhang) in das Experiment aufgenommen, deren Eintrittszeitpunkt bei Präsentation des letzten Symptoms lag. Die Lösung war schon vorher identifizierbar (Schwierigkeitsgrad mittel), so dass es nicht mehr zu einem Hypothesenwechsel kommen sollte. Allerdings konnte so sichergestellt werden, dass die Versuchsteilnehmer nicht nur ausschließlich in den Widerspruchsdurchgängen schwach ausgeprägte Symptome auf „externe“ Ereignisse zurückführen mussten, die nicht durch den Chemieunfall verursacht worden waren.

Die in Abbildung 4.1 dargestellte Skala wurde zur Einschätzung der Plausibilität von Hypothesen verwendet.

Bitte geben Sie an, wie plausibel Ihnen die jeweilige Chemikalie zum jetzigen Zeitpunkt als Ursache für die Symptome erscheint.							
sehr unplausibel			sehr plausibel				
1	2	3	4	5	6	7	
B :	_____						

Abbildung 4.1. Ratingskala zur Plausibilitätseinschätzung von Hypothesen

### 4.3. Ablauf

Zu Beginn der Versuchssitzung wurden einige Fragen zur Person erhoben (siehe Anhang). Weiterhin wurden die Versuchsteilnehmer gebeten, die Versuchsinstruktion (siehe Anhang) genau zu lesen und anschließend das Experiment zu starten. Nach Beendigung des Versuchs, der ca. zwei Stunden dauerte, gab es die Möglichkeit einer kurzen Rückmeldung über vermutetes und tatsächliches Ziel des Experiments.

Nach Lesen der Instruktion gliederte sich das Experiment folgendermaßen:

1. Lernen der Tabelle 4.1,
2. erste Übungsphase, in der alle Symptome gleichzeitig dargeboten wurden, und
3. zweite Übungsphase, in der eine sequentielle Symptompräsentation erfolgte.

Abgefragt wurden jeweils die Stoffgruppe und die Chemikalie, die die gezeigten Symptome verursacht hat.

In jeder Übungsphase mussten die Versuchspersonen mindestens 80 % richtige Diagnosen stellen. Wurde dieser Wert unterschritten, musste die Übungsphase wiederholt werden. So konnte sichergestellt werden, dass die Teilnehmer die wesentlichen Wissensgrundlagen für die sich anschließende Experimentalphase erworben hatten.

Die letzte Übungsphase wurde eröffnet durch das Kennen lernen und Ausprobieren der Ratingskala. Die bereits in Abbildung 4.1 dargestellte Skala wurde nachfolgend zur Einschätzung der Plausibilität von Hypothesen verwendet und stellte damit eine der abhängigen Variablen dar. Anschließend folgten die eigentlichen Versuchsdurchgänge. Bei diesen musste nach jedem Symptom die Plausibilität für alle sechs Chemikalien als Ratingwert angegeben werden, wobei die Reihenfolge der Abfrage der Chemikalien zufällig variiert wurde.

#### **4.4. Design**

Durch gesonderte Betrachtung der normalen und widersprüchlichen Versuchsdurchgänge ergeben sich zwei jeweils einfaktorielle within-subjects Designs.

Ein Vergleich der Ergebnisse von normalen und widersprüchlichen Durchgängen ermöglicht Aussagen über die Gemeinsamkeiten bzw. Unterschiede im Schlussfolgerungsprozess.

##### **4.4.1. Unabhängige Variablen**

###### **4.4.1.1. Widersprüche**

Das Auftreten widersprüchlicher Versuchsdurchgänge wurde als unabhängige Variable variiert. Folgende drei Ausprägungen waren vorhanden:

1. Widerspruch, der einen Hypothesenwechsel zwischen den beiden Stoffgruppen induziert
2. Widerspruch, der einen Hypothesenwechsel innerhalb der selben Stoffgruppe induziert
3. normaler Versuchsdurchgang ohne Widerspruch.

###### **4.4.1.2. Normaldurchgänge**

Innerhalb der normalen Versuchsdurchgänge wurde als unabhängige Variable der Zeitpunkt der Lösungseindeutigkeit, d.h. nach welchem Symptom die richtige Diagnose eindeutig angegeben werden konnte, variiert. Die drei Ausprägungen des Zeitpunktes waren nach Präsentation des zweiten, dritten, oder vierten Krankheitssymptoms. Die Variable hat einen engen inhaltlichen Zusammenhang mit dem Schwierigkeitsgrad der Versuchsdurchgänge (siehe 4.2.3.1.).

##### **4.4.2. Abhängige Variablen**

Sowohl in normalen als auch in widersprüchlichen Durchgängen wurden die Häufigkeit der richtigen Diagnose und auch die Einschätzung der Plausibilität der Hypothesen mit Hilfe der Ratingskala (siehe 4.1.) als abhängige Variablen erhoben. Die Plausibilitätseinschätzung erfolgte nach jedem präsentierten Symptom für alle Chemikalien (Erklärungshypothesen).

## 5 Ergebnisse

### 5.1. Datenmaterial

Die abhängigen Variablen „Lösungshäufigkeit“ und „Ratingwerte“ wurden computergestützt aufgezeichnet.

Bei der Sichtung der Ratingdaten zeigte sich eine kleinere Anzahl fehlender und unzulässiger Werte (ca. 20 von 9768 Werten), die dadurch entstanden sind, dass die Versuchspersonen die Leer- oder eine Zahlentaste versehentlich (mehrfach) gedrückt hatten. Wenn beispielsweise in einem aufeinander folgenden Rating eine Fehlstelle auftrat und unmittelbar danach eine „22“ angegeben war, wurde die Fehlstelle durch eine „2“ ausgeglichen und die unzulässige „22“ auf „2“ korrigiert.

War die Fehlstelle vorhanden ohne eine nachfolgende zweistellige Zahl, wurde diese mit dem Mittelwert aller anderen Versuchspersonen für den entsprechenden Durchgang und Ratingzeitpunkt ersetzt. Versuchspersonen, die die Ratingaufgabe nicht gewissenhaft bearbeitet hatten und beispielsweise bei allen Prozessschritten und Chemikalien die gleiche Plausibilität angaben, wurden nicht ausgewertet. Wenn mehr als eine Ratingangabe pro Plausibilitätsrating fehlte, fand der Versuchsteilnehmer ebenfalls keine weitere Berücksichtigung. Schlussendlich konnten von insgesamt 21 Versuchspersonen 11 Teilnehmer ausgewertet werden. Davon waren vier männlichen und sieben weiblichen Geschlechts.

Obwohl zehn Versuchspersonen nicht in die Auswertung eingehen konnten, entstand durch die kombinatorische Komplexität der Aufgabe und den vielfältigen Analysemöglichkeiten ein sehr umfangreicher Datenpool.

Die Anzahl auswertbarer Ratings beträgt:

$$\begin{aligned} & 11 \text{ (Versuchspersonen)} \\ & \times 6 \text{ (Chemikalien pro Durchgang und Ratingschritt)} \\ & \times 39 \text{ (Versuchsdurchgänge)} \\ & \times 3 \text{ bzw. } 4 \text{ Ratingzeitpunkte (8 Durchgänge mit 3 und 31 Durchgänge mit 4)} \\ & = \mathbf{9768} \text{ Ratings.} \end{aligned}$$

Das aufgezeichnete Datenmaterial eröffnet eine Vielzahl an Auswertungsperspektiven und Fragestellungen. Hierzu gehören beispielsweise:

- (1) die Analyse der *Einzeldurchgänge*. Gibt es Unterschiede zwischen normalen und widersprüchlichen Versuchsdurchgängen?
- (2) die Auswertung hinsichtlich der *Ratingzeitpunkte* (Rating 1 bis 3 bzw. 4). Ist ein „Aktivierungsmuster“ von Hypothesen im Prozessverlauf erkennbar?
- (3) die Betrachtung der einzelnen *Versuchspersonen* und deren unterschiedliches Ratingverhalten. Lassen sich verschiedene Typen von Versuchspersonen identifizieren?
- (4) die Aufarbeitung der Daten mit Fokus auf die einzelnen *Chemikalien*. Zeigen sich Unterschiede zwischen den Ratings der Chemikalien und Chemikaliengruppen?

Laut Zielstellung der Arbeit sollen normale und widersprüchliche Versuchsdurchgänge betrachtet und Aussagen über Gemeinsamkeiten und Unterschiede im Prozessverlauf abgeleitet werden. Weiterhin soll eine Modellierung des zeitlichen Ratingprozessverlaufs erfolgen (Perspektiven (1) und (2)).

Die Auswertung mit der Fuzzy Pattern Klassifikation eignet sich besonders aufgrund der kombinatorischen Komplexität der Experimentalaufgabe und ihrem Durchführungsaufwand. Die hohe Ausfallquote von Versuchspersonen spricht dafür, dass es sich um ein anspruchsvolles Experiment handelt. Potentiell können alle gewonnenen Informationen in ihrer Kombinationsvielfalt untersucht werden, so dass kein Datenverlust entsteht. Durch die unscharfe Beschreibung hat die geringe Menge der Versuchsdurchgänge und Personen keinen Einfluss auf die hohe Ergebnisqualität, die durch die Fuzzy Pattern Klassifikation gewährleistet wird. Die Auswertung wird daher schwerpunktmäßig mit der Fuzzy Pattern Klassifikation durchgeführt.

Soweit möglich werden die Einzeldurchgänge, einzelnen Versuchspersonen und Chemikalien zusätzlich durch eine Überblicksauswertung mit statistischen Verfahren behandelt.

## 5.2. Inferenzstatistische Auswertung

### 5.2.1. Analyse der Einzeldurchgänge

Mit einem Gesamtüberblick über die Lösungshäufigkeiten und Maße der zentralen Tendenz und der Streuung beginnend, gibt Tabelle 5.1 Auskunft über wesentliche beschreibende Kennwerte des empirischen Datenmaterials:

Tabelle 5.1. *Richtige Lösungen der Versuchsdurchgänge*

	<b>Alle Durchgänge (Anzahl: 39)</b>	<b>Normal- durchgänge (Anzahl: 32)</b>	<b>Widerspruchs- durchgänge (Anzahl: 4)</b>
<b>Minimum</b>	29	25	0
<b>Maximum</b>	39	32	4
<b>Modalwert</b>	29	32	2
<b>Median</b>	33	30	2
<b>Spannweite</b>	10	7	4

Von allen 39 Durchgängen, die sich aus 32 normalen Durchgängen, 4 Widerspruchsdurchgängen und 3 widersprüchlichen Übungsdurchgängen zusammensetzen, wurden von den Versuchsteilnehmern mindestens 29 und maximal alle gelöst. Der Modalwert hat einen Wert von 29. Der mittlere Wert der Häufigkeitsverteilung (Median) beträgt 33 und die Spannweite 10.

Bei den normalen Versuchsdurchgängen konnten zwischen 25 und 32 Durchgänge richtig gelöst werden, die Spannweite beträgt hier 7 und bei den Widerspruchsdurchgängen variiert die Anzahl richtiger Lösungen zwischen 0 und 4, die Spannweite ist ebenfalls 4.

Der Modalwert der normalen Versuchsdurchgänge beträgt 32 und ist damit höher als wenn alle Durchgänge (einschließlich der Widerspruchsdurchgänge und Übungswidersprüche) betrachtet werden, der Median ist allerdings im Vergleich kleiner.

Die durchschnittliche Lösungsquote der Normaldurchgänge beträgt rund 92 %, die der Widerspruchsdurchgänge ca. 48 %. Eine Tabelle mit Lösungsquoten der einzelnen Versuchsdurchgänge findet sich im Anhang.

Die widersprüchlichen Übungsdurchgänge (siehe hierzu 4.2.3. Aufbau der Versuchsdurchgänge) werden nicht detailliert ausgewertet.

Die Abbildungen 5.1 bis 5.3 verdeutlichen die Verteilung der Anzahl richtiger Lösungen bezüglich der Versuchsdurchgänge.

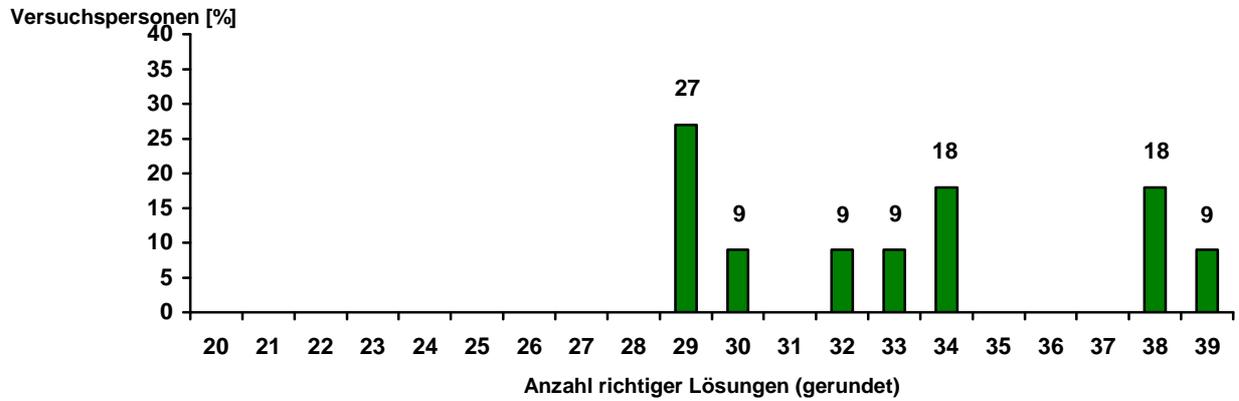


Abbildung 5.1: Verteilung der Anzahl richtiger Lösungen  
(alle Versuchsdurchgänge: 39)

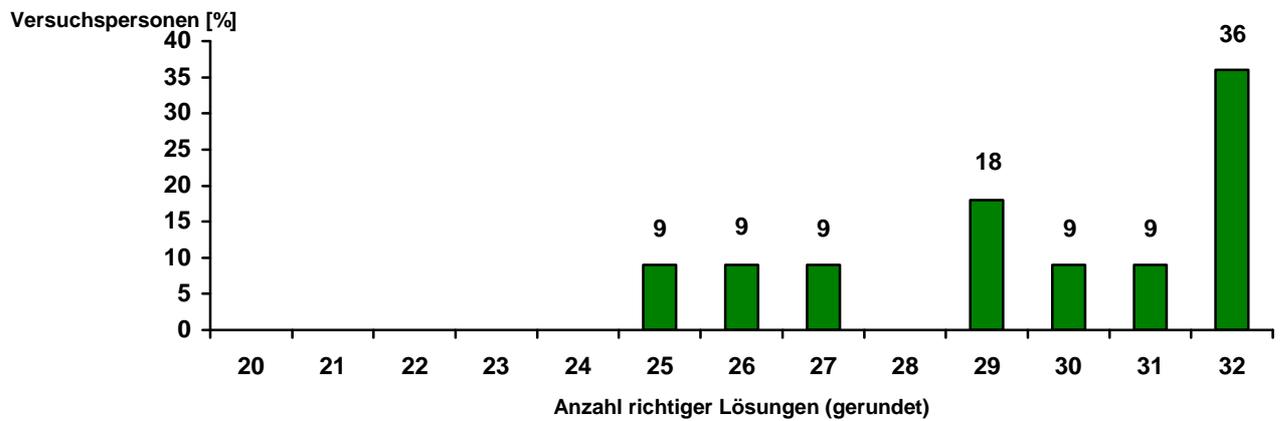


Abbildung 5.2: Verteilung der Anzahl richtiger Lösungen  
(normale Versuchsdurchgänge: 32)

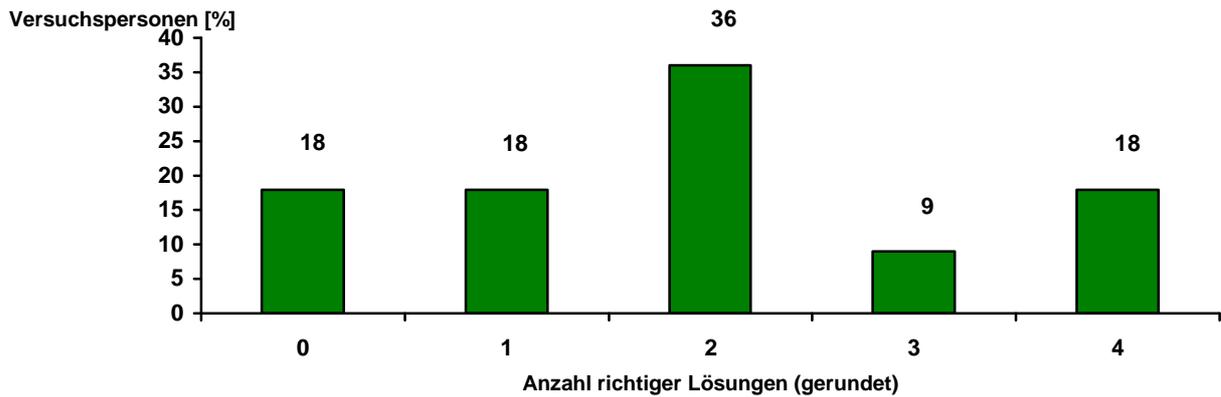


Abbildung 5.3: Verteilung der Anzahl richtiger Lösungen  
(Widerspruchsdurchgänge: 4)

Wenn man die Verteilungen anhand einer Prozentskala vergleicht, wird deutlich, dass die Spannweite der Widerspruchsdurchgänge 100% beträgt und damit etwa fünffach größer ist als die Spannweite der normalen Versuchsdurchgänge, die rund 22% (7 von 22 Durchgängen) beträgt. Die Häufigkeiten richtiger Lösungen streuen somit sehr unterschiedlich stark. Der Median der Widerspruchsdurchgänge ist mit einem Wert von 50% deutlich kleiner als der der normalen Durchgänge mit rund 94%.

Die normalen und widersprüchlichen Versuchsdurchgänge unterscheiden sich im Verhältnis der Anzahl richtiger Lösungen also auffällig. Teilt man die Lösungshäufigkeiten zum Vergleich in Intervalle (siehe Tabelle 5.2) wird deutlich, dass 100% der Versuchspersonen 75 bis 100% der Normaldurchgänge richtig lösen, bei den Widersprüchen liegen allerdings nur 18 % in diesem Bereich. Die höchsten Prozentsätze bei den Widersprüchen finden sich im Intervall 25 bis 50%.

Tabelle 5.2. Lösungshäufigkeiten der Normalen- und Widerspruchsdurchgänge der Versuchspersonen [%] in Intervallen

	Intervalle der Lösungshäufigkeit				
	0 %	0 - 25 %	25 - 50 %	50 - 75 %	75 - 100 %
<b>Widersprüche</b>	18	18	36	9	18
<b>Normaldurchgänge</b>	0	0	0	0	100

Betrachtet man beide Typen von Widerspruchsdurchgängen bezüglich ihrer Lösungshäufigkeit getrennt, sieht man, dass die Versuchspersonen die Widersprüche bei denen zwischen Chemikaliengruppe gewechselt werden muss deutlich höher ist als wenn der Wechsel innerhalb der gleichen Gruppe stattfinden soll (siehe Tabelle 5.3).

Tabelle 5.3. *Lösungshäufigkeiten bei unterschiedlichen Widerspruchstypen*

	<b>Wechsel zwischen Gruppen</b>	<b>Wechsel innerhalb der Gruppe</b>
<b>Widerspruch Nr. 33</b>	64 %	--
<b>Widerspruch Nr. 35</b>	64 %	--
<b>Widerspruch Nr. 34</b>	--	27 %
<b>Widerspruch Nr. 36</b>	--	36 %

### 5.2.2. Auswertung einzelner Versuchspersonen

Zur Ermittlung von unterschiedlichen Typen von Versuchspersonen hinsichtlich der Anzahl richtiger Lösungen wurde eine hierarchische Clusteranalyse über alle Versuchspersonen durchgeführt (Distanzmaß: Mittlere euklidische Distanz; Clusteralgorithmus: Average Linkage). Als Ergebnis konnten drei Cluster bestimmt werden, das Dendrogramm hierzu ist in Abbildung 5.4 dargestellt (vergleiche auch Abbildung 5.1).

In Cluster 1 sind drei Versuchspersonen (4, 11, 5) enthalten, die 38 bzw. 39 Versuchsdurchgänge richtig gelöst haben. Dieses Cluster beschreibt also Versuchspersonen, die sehr gute Ergebnisse erzielt haben.

Cluster 2 fasst vier Versuchspersonen (8, 10, 2, 7) zusammen, die 29 oder 30 Durchgänge richtig bearbeitet haben und damit im Vergleich zu Cluster 1 eher schlechte Ergebnisse erreichten. Ein drittes Cluster beschreibt mittelgute Versuchspersonen (1, 6, 3, 9), die 32 bis 34 richtige Lösungen hatten. Cluster 3 ist im Vergleich dem Cluster 2 ähnlicher als dem Cluster 1.

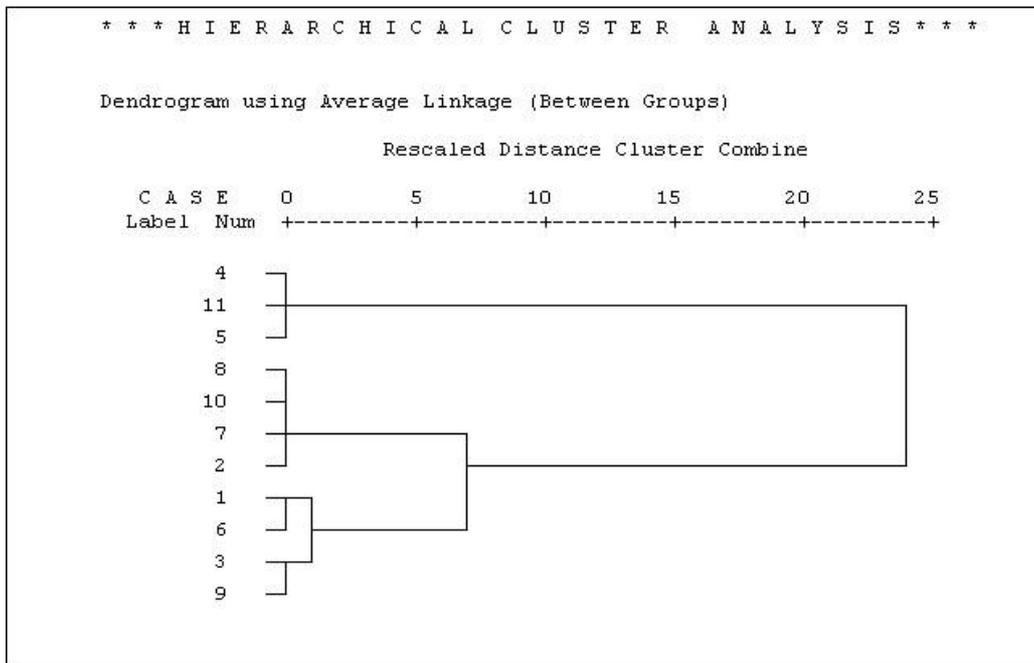


Abbildung 5.4. Dendrogramm

### 5.2.3. Auswertung einzelner Chemikalien

Abbildung 5.5 veranschaulicht die prozentuale Häufigkeit richtigen Lösungen der Versuchsdurchgänge differenziert nach den Chemikalien. Landin und Amid bezeichnen die beiden Chemikalienstoffgruppen. In der Abbildung sind nur normale, widerspruchsfreie Versuchsdurchgänge berücksichtigt.

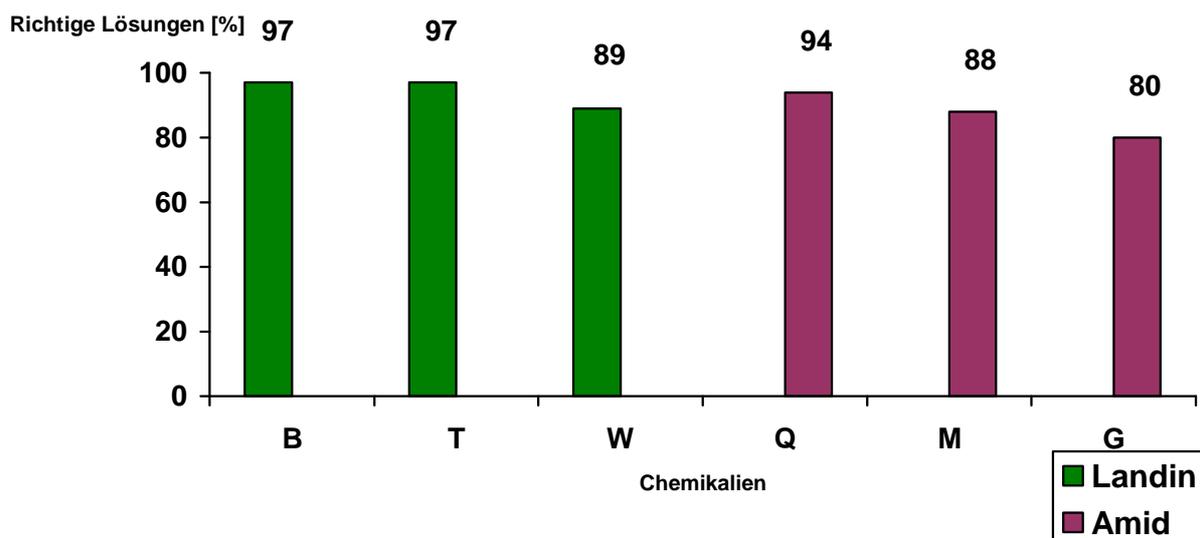


Abbildung 5.5. Richtige Lösungen differenziert nach Chemikalien:  
Normale Versuchsdurchgänge

Aus der Abbildung 5.5 wird deutlich, dass sich die Chemikalien hinsichtlich der Quote richtiger Lösungen im Wesentlichen kaum unterscheiden. Betrachtet man die über die Stoffgruppen aggregierte relative Häufigkeit richtiger Lösungen beträgt diese für Landin rund 95 % (SD = 0,05) und für Amid rund 88 % (SD = 0,13). Ein t-Test für abhängige Stichproben ergab kein signifikantes Ergebnis ( $t = -1,789$ ,  $df = 10$ ,  $p = 0,1$ ). Es gibt also keinen Unterschied zwischen den Chemikalienstoffgruppen.

Die Chemikalien G und W weichen im Vergleich zu den anderen beiden Chemikalien der jeweils gleichen Stoffgruppe geringfügig ab. Sie sind im Gegensatz zu den anderen Chemikalien nur durch drei Symptome charakterisiert.

Abbildung 5.6 zeigt einen Vergleich der prozentualen Häufigkeiten richtiger Lösungen zwischen den Normaldurchgängen und den Widerspruchsdurchgängen bezüglich der Chemikalien W und G.

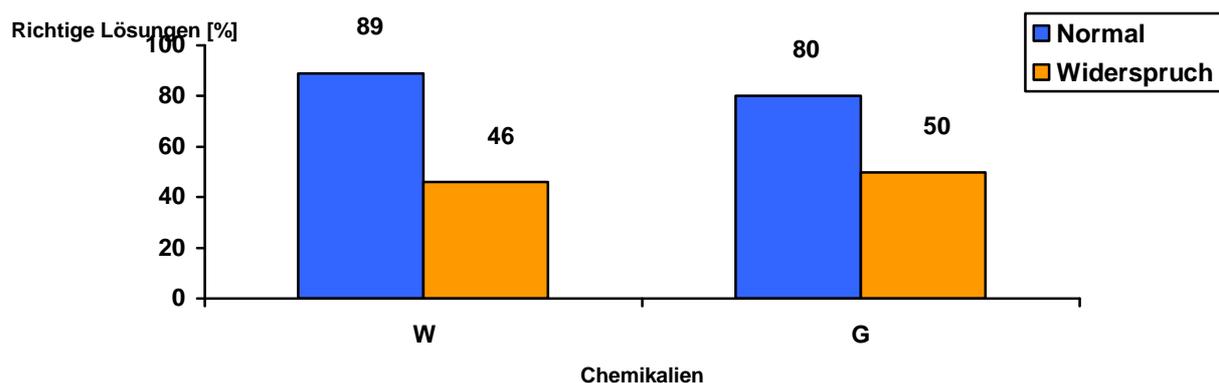


Abbildung 5.6. Vergleich richtiger Lösungen zwischen Normal- und Widerspruchsdurchgängen differenziert nach Chemikalien

Im Vergleich zeigen sich deutliche Unterschiede in der prozentualen Häufigkeit richtiger Lösungen zwischen Normal- und Widerspruchsdurchgängen jeweils bei Chemikalie W und G. Ähnlich wie bei den normalen Versuchsdurchgängen (vergleiche Abbildung 5.6) ist zwischen den Chemikalien W und G bei den Widerspruchsdurchgängen mit einer Lösungshäufigkeit von 46 bzw. 50 % kein wesentlicher Unterschied zu finden. Dies wird durch eine Varianzanalyse für die Faktoren „Chemikalie“ (Ausprägungen „W“ und „G“) und „Durchgangstyp“ („Normal-“ vs. „Widerspruchsdurchgang“) bestätigt, sie ergab nur für den „Durchgangstyp“ ein signifikantes Ergebnis ( $F(1,10) = 8,71$ ;  $p = 0,015$ ;  $h_p^2 =$

0,47), nicht aber „Chemikalie“ ( $F(1,10) = 0,31$ ;  $p = 0,59$ ;  $h_p^2 = 0,03$ ) oder die Interaktion ( $F(1,10) = 1,96$ ;  $p = 0,19$ ;  $h_p^2 = 0,16$ ).

### 5.3. Fuzzy Pattern Auswertung

Die Auswertung der Ratingdaten erfolgt mit der Fuzzy Pattern Klassifikation (vgl. auch 3.6.). Die Experimentalaufgabe ermöglicht es, für jeden Versuchsdurchgang, Ratingzeitpunkt und jede Erklärungshypothese (Chemikalie) einen idealen Ratingwert vorzugeben, der dann in einem Idealratingverlauf für jeden Versuchsdurchgang niedergelegt wurde. Die 7stufige Ratingskala dient hierbei als Grundlage der numerischen Beschreibung. Der Einfachheit und Deutlichkeit halber wurden nur die Endpunkte der Skala (1 = sehr unplausibel, 7 = sehr plausibel) zur numerischen Bewertung der Chemikalien in den Idealratingverläufen genutzt. Eine Beispieldarstellung der Bewertung findet sich in nachfolgender Tabelle (vergleiche auch 4.2.2. und 4.2.3.).

Tabelle 5.4: *Erstellung des Idealratingverlaufs am Beispiel von Versuchsdurchgang 1*

<b>Symptom</b>	<b>plausible Chemikalien (= Wert 7)</b>	<b>unplausible Chemikalien (= Wert 1)</b>
1. starke Hautverätzung	Q, M, G	B, T, W
2. starke Kopfschmerzen	M, G	B, T, W, Q
3. starke Augenreizung	G	B, T, W, Q, M

Diese numerischen Idealratingverläufe wurden zur Erstellung der Fuzzy Klassifikatoren genutzt. Die Klassifikatoren (einer für jeden Versuchsdurchgang) bilden die Vergleichsgrundlage zu den Ratingdaten und ermöglichen Aussagen, inwieweit die Versuchspersonen in ihrem Rating mit dem vorgegebenen Idealverlauf übereinstimmen.

Der Vergleich erfolgt durch die Berechnung von Zugehörigkeitswerten mit dem Softwareprogramm STATID (Hrsg. Bocklisch, 2004b). Die Zugehörigkeiten können Werte zwischen Null und Eins annehmen und sind inhaltlich als Übereinstimmungsmaß zu deuten. Der Zugehörigkeitswert Eins bei einem bestimmten Versuchsdurchgang, einem Ratingzeitpunkt und einer spezifischen Chemikalie bedeutet, dass die empirischen Ratingdaten vollständig mit dem vorgegebenen Idealrating übereinstimmen. Analog signalisiert der Zugehörigkeitswert Null die größtmögliche Verschiedenheit. Die kontinu-

ierliche Belegung der Zugehörigkeitsskala folgt aus der Nutzung der 7stufigen Ratingskala als abhängige Variable.

### 5.3.1. Zugehörigkeitsverläufe

Zur Beantwortung der Frage, welchen Einfluss sich widersprechende Informationen auf die eingeschätzte Plausibilität von Hypothesen haben, wurden Zugehörigkeitswerte für die vier Widerspruchsdurchgänge und vier normalen Versuchsdurchgänge berechnet. Diese Durchgänge sind bezüglich der Abfolge des Spezifitätsgrades der Symptome (spezifisch vs. unspezifisch) miteinander vergleichbar. Die errechneten Zugehörigkeitswerte sind in Form von zeitlichen Verläufen für die Chemikalie B in Abbildung 5.7 als Mittelwerte und in Abbildung 5.8 als Einzelverläufe der Durchgänge dargestellt.

Ein hoher Zugehörigkeitswert spricht für eine hohe Übereinstimmung der empirischen Ratingdaten mit dem definierten Idealratingverlauf. Laut Hypothesen dürften sich die Zugehörigkeitswerte bei den Zeitpunkten 1 und 2 zwischen den Normal- und Widerspruchsdurchgängen nicht unterscheiden. Bei den Zeitpunkten 3 und 4 hingegen sollte eine niedrigere Zugehörigkeit für die Widersprüche im Vergleich zu den Normaldurchgängen und damit auch eine deutlichere Abweichung vom Idealverlauf auftreten, da diese schwerer zu bearbeiten sein sollten.

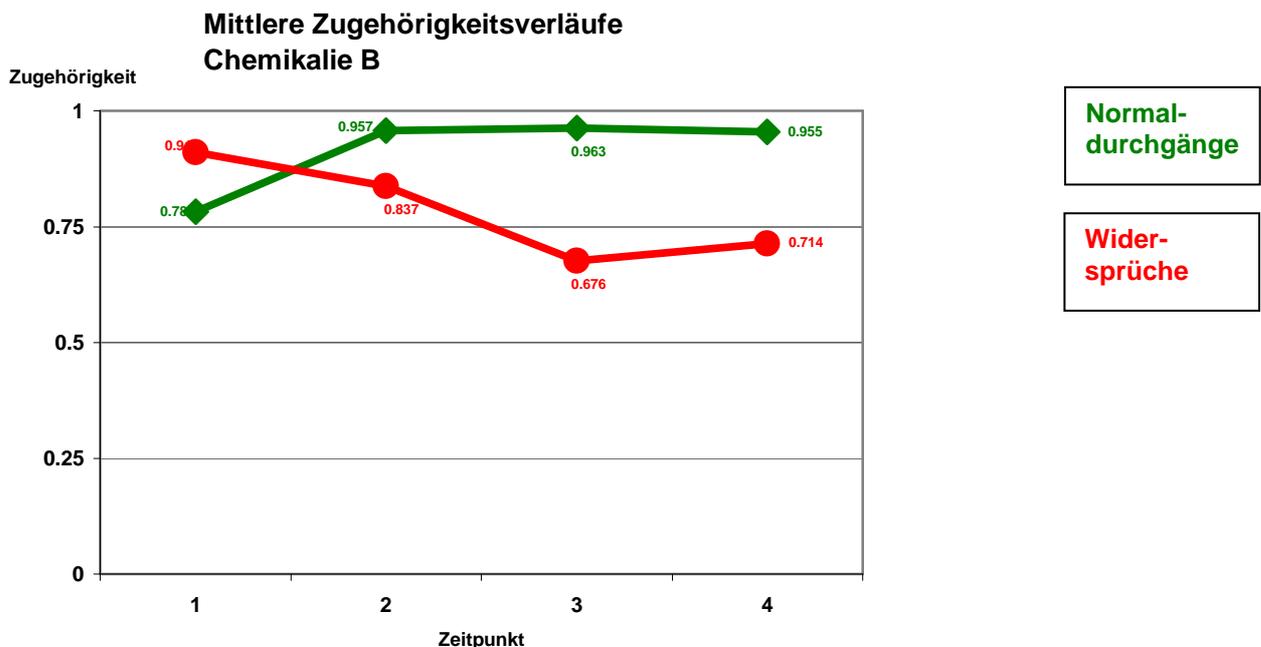


Abbildung 5.7. Mittlere Zugehörigkeitsverläufe der Normal- und Widerspruchsdurchgänge im Vergleich

In Abbildung 5.7 zeigen sich bei den ersten zwei Zeitpunkten (Symptomen) bei beiden Arten von Durchgängen hohe Zugehörigkeitswerte ( $ZG > 0.75$ ). Bei Zeitpunkt 3 (Eintritt des Widerspruchs bei Widerspruchsdurchgängen) sinkt die Zugehörigkeit bei den Widersprüchen deutlich, wohingegen der Wert der Normaldurchgänge weiterhin geringfügig ansteigt. Beim vierten Zeitpunkt verringert sich der Abstand zwischen den verschiedenen Durchgängen wieder leicht.

Betrachtet man die einzelnen Zugehörigkeitsverläufe der Durchgänge in Abbildung 5.8, so zeigt sich die abfallende Zugehörigkeit zwischen Zeitpunkten 2 und 3 bei drei von vier Widersprüchen.

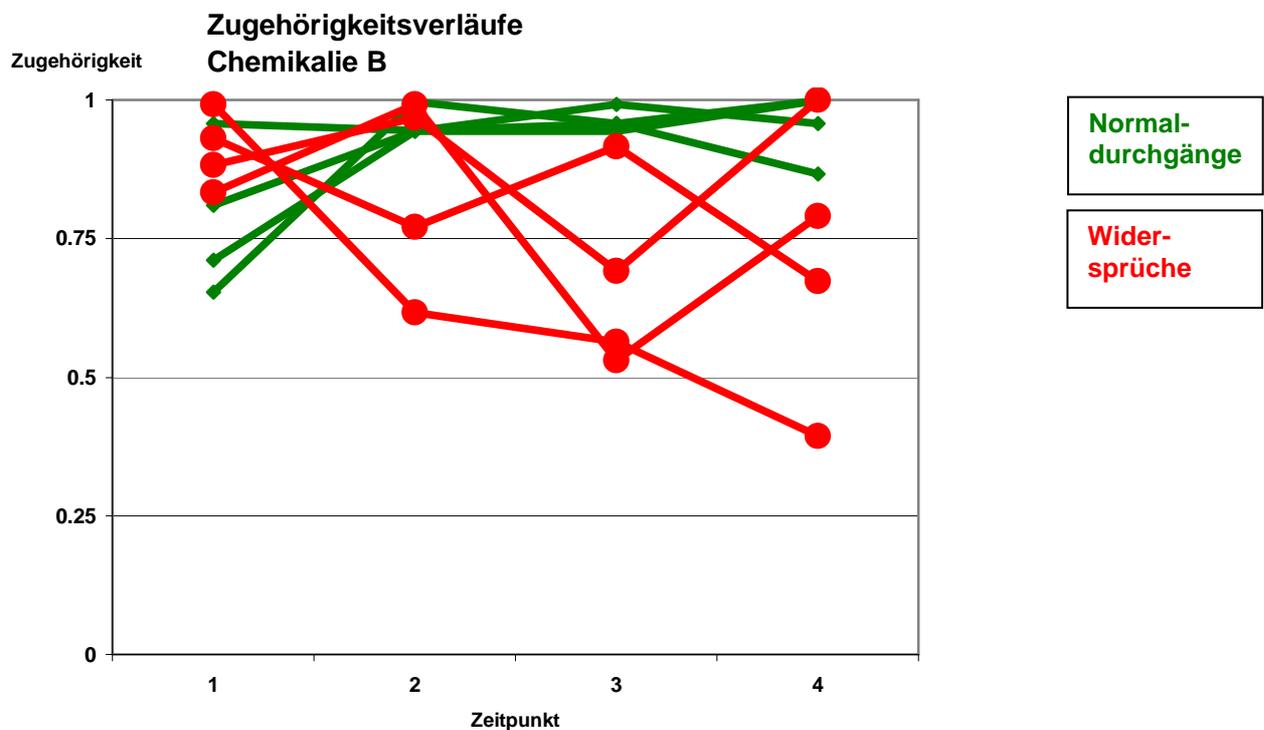


Abbildung 5.8. Zugehörigkeitsverläufe der einzelnen Normal- und Widerspruchsdurchgänge im Vergleich

Insgesamt betrachtet fällt auf, dass die Streuung der Widersprüche ab dem 2. Zeitpunkt deutlich zunimmt und im Vergleich zu den Normaldurchgängen viel größer ist. Auch das kann als Zeichen für einen höheren Schwierigkeitsgrad der widersprüchlichen Durchgänge gedeutet werden.

Ähnliche Zugehörigkeitsverläufe zeigen sich auch bei den Chemikalien Q und G. Abbildungen hierzu siehe Anhang A 4.

Bei den Chemikalien T, M und W kann dieses Zugehörigkeitsmuster nicht gefunden werden. In Abbildung 5.9 sind die mittleren Zugehörigkeitsverläufe der Chemikalie T dargestellt.

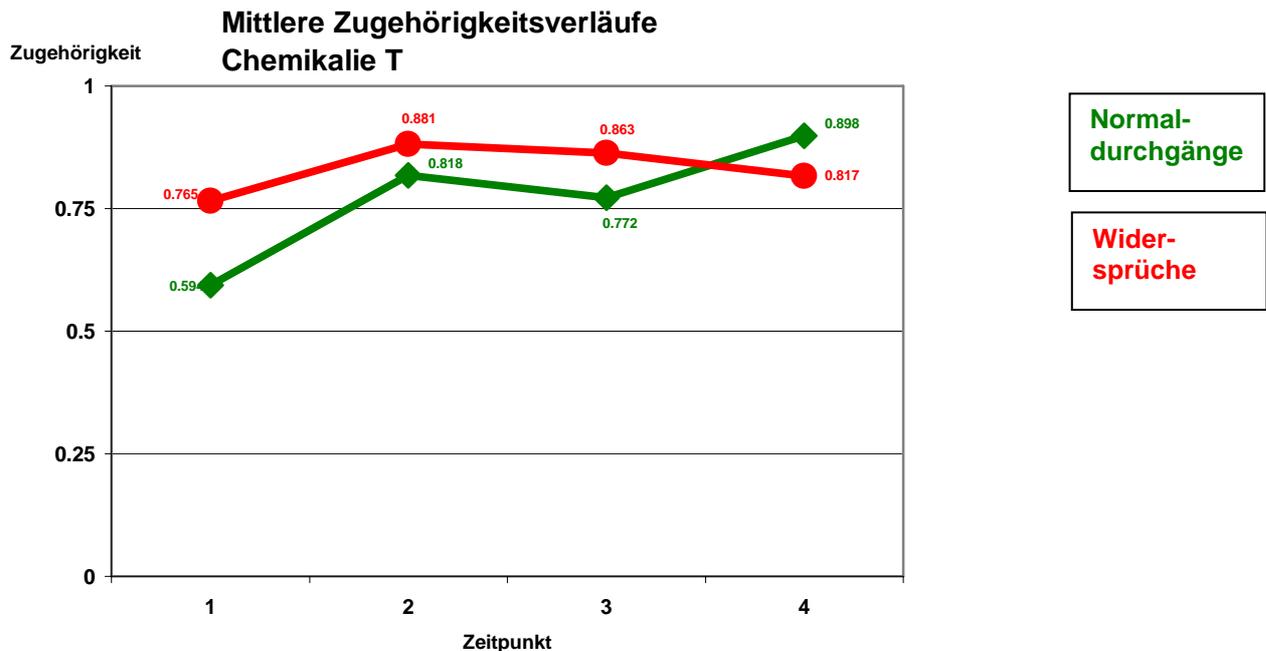


Abbildung 5.9. Mittlere Zugehörigkeitsverläufe der Normal- und Widerspruchsdurchgänge im Vergleich

Die Verläufe der Normal- und Widerspruchsdurchgänge unterscheiden sich vom 1. bis 3. Zeitpunkt wenig. Auffällig ist, dass die Widerspruchsdurchgänge leicht höhere Zugehörigkeiten aufweisen und damit wider Erwarten besser bearbeitet wurden als die Normaldurchgänge. Zum vierten Zeitpunkt ändert sich das, allerdings liegen die Werte für beide Durchgangsarten relativ nah beieinander.

Die in Abbildung 5.10 dargestellten Einzelverläufe lassen ebenfalls keinen eindeutigen und systematischen Unterschied zwischen Normaldurchgängen und Widersprüchen erkennen. Die Streuung der Normaldurchgänge ist bei Zeitpunkt 1 sehr groß und nimmt dann bis zum 4. Zeitpunkt ab. Demgegenüber streuen die Widerspruchsdurchgänge weniger, nur beim Zeitpunkt 4 sinkt die Zugehörigkeit eines Widerspruchsdurchgangs stark. Im Vergleich zur Chemikalie B (vgl. Abbildungen 5.8 und 5.9) sind die Zugehörigkeitswerte der normalen Durchgänge und damit die Übereinstimmung mit dem

vorgegebenen Idealratingverlauf bei Chemikalie T insgesamt geringer und bei den Widerspruchsdurchgängen höher.

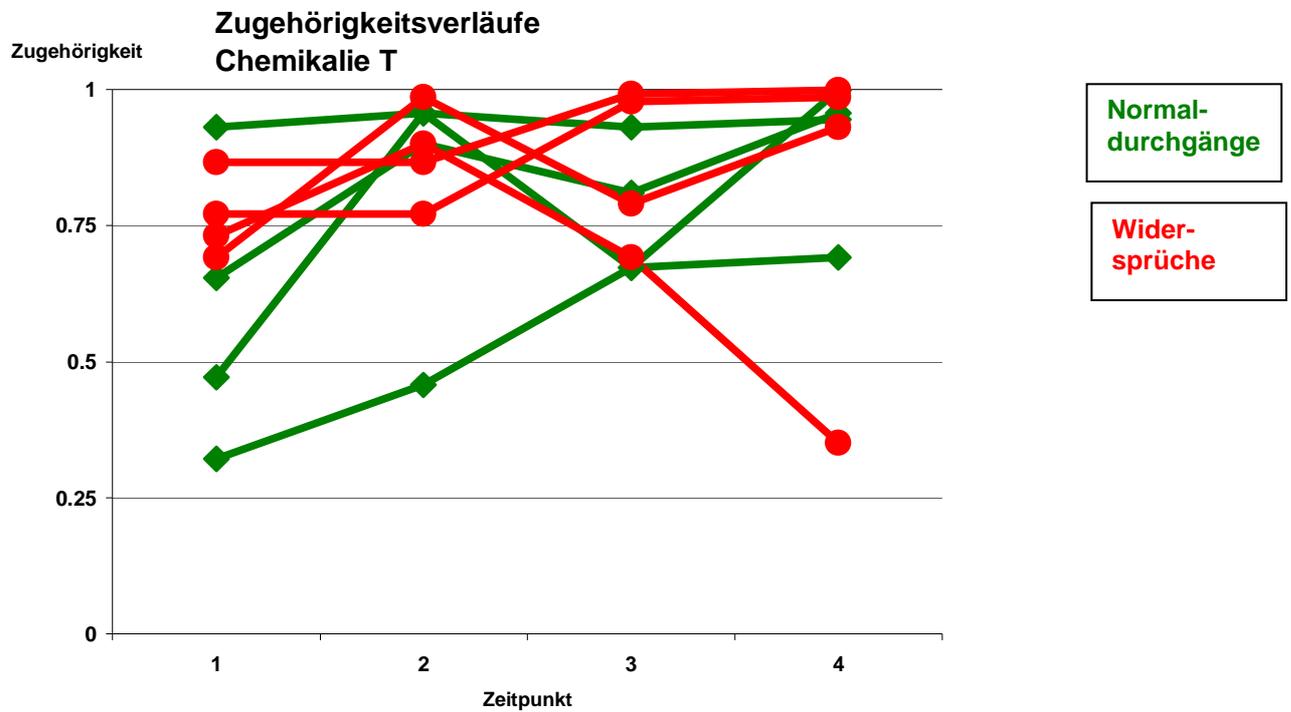


Abbildung 5.10. Zugehörigkeitsverläufe der einzelnen Normal- und Widerspruchs-  
durchgänge im Vergleich

Ähnliche Zugehörigkeitsverläufe zeigen sich auch bei den Chemikalien M und W. Abbildungen hierzu siehe Anhang A 4.

### 5.3.2. Trennschärfen

Zur Überprüfung, ob der Unterschied zwischen den mittleren Normaldurchgängen und Widersprüchen überzufällig groß ist, wurde die Trennschärfe berechnet.

Die Trennschärfe ist ein Maß der Unterschiedlichkeit von Zugehörigkeitsfunktionen, die im vorliegenden Fall die mittleren Normal- bzw. Widerspruchsdurchgänge beschreiben. Sie ist eine normierte Größe, die bei völliger Übereinstimmung der Funktionen den Wert Null annimmt und bei zunehmender Unterschiedlichkeit gegen den Wert Eins strebt. Bei einer Trennschärfe von 0.7 oder größer kann von einem signifikanten Unterschied gesprochen werden (vgl. Geißler, 1998).

Tabelle 5.5 zeigt die Trennschärfen zwischen den Zugehörigkeitsfunktionen der normalen und widersprüchlichen Versuchsdurchgänge. Die fett gedruckten Zahlen markieren Trennschärfen, die größer 0.7 sind und damit auf einen signifikanten Unterschied zwischen den Zugehörigkeitsfunktionen der mittleren Normal- und Widerspruchsdurchgänge hinweisen. Die fett und kursiv gedruckten Werte in der letzten Tabellenzeile verfehlen den Schwellwert der Signifikanz knapp, insgesamt lässt sich aber von Symptom 2 zu Symptom 3 und 4 ein deutlicher Anstieg der Trennschärfewerte beobachten.

Tabelle 5.5: *Trennschärfen zwischen den Zugehörigkeitsfunktionen der gemittelten normalen und widersprüchlichen Versuchsdurchgänge*

<b>Chemikalie</b>	<b>Symptom 1</b>	<b>Symptom 2</b>	<b>Symptom 3</b>	<b>Symptom 4</b>
<b>B</b>	0,567	0,533	<b>0,743</b>	<b>0,715</b>
<b>T</b>	0,658	0,366	0,474	0,432
<b>W</b>	0,417	0,548	0,394	<b>0,779</b>
<b>Q</b>	0,533	0,4	<b>0,791</b>	<b>0,713</b>
<b>M</b>	0,088	0,315	0,355	0,233
<b>G</b>	0,543	0,262	<b>0,577</b>	<b>0,687</b>

Idealerweise sollten die Trennschärfen aller Chemikalien bei den Symptomen 1 und 2 alle Null betragen (kein Unterschied zwischen Normal- und Widerspruchsdurchgängen) und bei den Symptomen 3 und 4 alle eins (maximaler Unterschied). Betrachtet man die Chemikalie B zeigt sich, dass sich die Unterschiede in den Zugehörigkeitsverläufen zwischen den Versuchsdurchgängen (siehe Abbildungen 5.7 und 5.8) ebenfalls deutlich in den Trennschärfen zeigen. Diese erhöht sich von 0,533 (kein signifikanter Unterschied) auf 0,743 (signifikanter Unterschied). Ebenso bei Chemikalie Q. Obwohl Chemikalie G die Schwellwerte der Trennschärfen für Signifikanz nicht überschreitet, findet sich eine

Verdopplung der Trennschärfe zwischen Symptom 2 und 3, so dass zumindest im Verlaufsmuster ein Unterschied zwischen Normal- und Widerspruchsdurchgängen besteht. Bei den Chemikalien T, M und W lassen sich weder signifikante Unterschiede noch Verlaufsmuster finden, die tendenziell auf Unterschiede zwischen normalen und widersprüchlichen Durchgängen hinweisen.

### 5.3.3. Modellierung der Widerspruchsdurchgänge

Zur Analyse des Ratingverhaltens der Versuchspersonen bei Widersprüchen werden die Zugehörigkeitswerte aller Chemikalien der einzelnen Widerspruchsdurchgänge in ihrem zeitlichen Aufeinanderfolgen betrachtet.

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Widerspruchsdurchgänge 33 und 34 vorgestellt. Die Symptomabfolge und die Idealvorgabe plausibler bzw. unplausibler Chemikalien je Zeitpunkt für Widerspruch 33 finden sich in Tabelle 5.6. Der Widerspruch tritt mit Präsentation des 3. Symptoms (starker Husten) ein, da dieses dem zweiten (schwache Hautverätzung) insofern widerspricht, weil Hautverätzung eindeutig auf die Chemikaliengruppe Amid hinweist und Husten eindeutig auf Landin (vgl. Tabelle 4.1. *Ärztliches Vorwissen*). Ein gemeinsames Auftreten der Symptome ist nur möglich, wenn die Versuchsperson bei Ihrem Schlussfolgerungsprozess den starken oder schwachen Ausprägungsgrad mitberücksichtigt. Sie muss sich dann daran erinnern, dass schwach ausgeprägte Symptome in Ausnahmefällen nichts mit dem Chemieunfall sondern mit einem anderen Ereignis zu tun haben können und daher im Problemlöseprozess ausgeblendet werden müssen. Um Widerspruch 33 korrekt zu lösen, sollten die Versuchspersonen von Q und M als plausible Hypothesen (siehe Tabelle 5.6 blau/fett gedruckt, sie gehören zur Stoffgruppe Amid) auf T und W (orange/fett gedruckt, sie gehören zur Stoffgruppe Landin) wechseln.

Tabelle 5.6: *Idealratingverlauf des Widerspruchsdurchgangs 33*

Symptom	plausible Chemikalien (= Wert 7)	unplausible Chemikalien (= Wert 1)
1. starker Juckreiz	T, W, Q, M	B, G
<b>2. schwache Hautverätzung</b>	<b>Q, M</b>	B, T, W, G
<b>3. starker Husten</b>	<b>T, W</b>	B, Q, M, G
4. starke Augenreizung	W	B, T, Q, M, G

Bei Widerspruch 33 muss also ein Wechsel zwischen zwei übergeordneten Hypothese-  
sengruppen (von Amid auf Landin) stattfinden.

In Abbildung 5.11 sind die Zugehörigkeitswerte von Widerspruchsdurchgang Nr. 33  
dargestellt. Die an der x-Achse abgetragenen Zeitpunkte entsprechen den Ratings der  
Versuchspersonen nach dem 1. bis 4. Symptom, an der y-Achse sind die berechneten  
Zugehörigkeitswerte als Maß der Übereinstimmung mit dem vorgegebenen Idealrating-  
verlauf abgetragen. Die farbigen Säulen entsprechen den sechs Chemikalien (siehe  
Legende), wobei es sich bei den schraffierten Säulen um zu diesem Zeitpunkt plausible  
Chemikalien handelt.

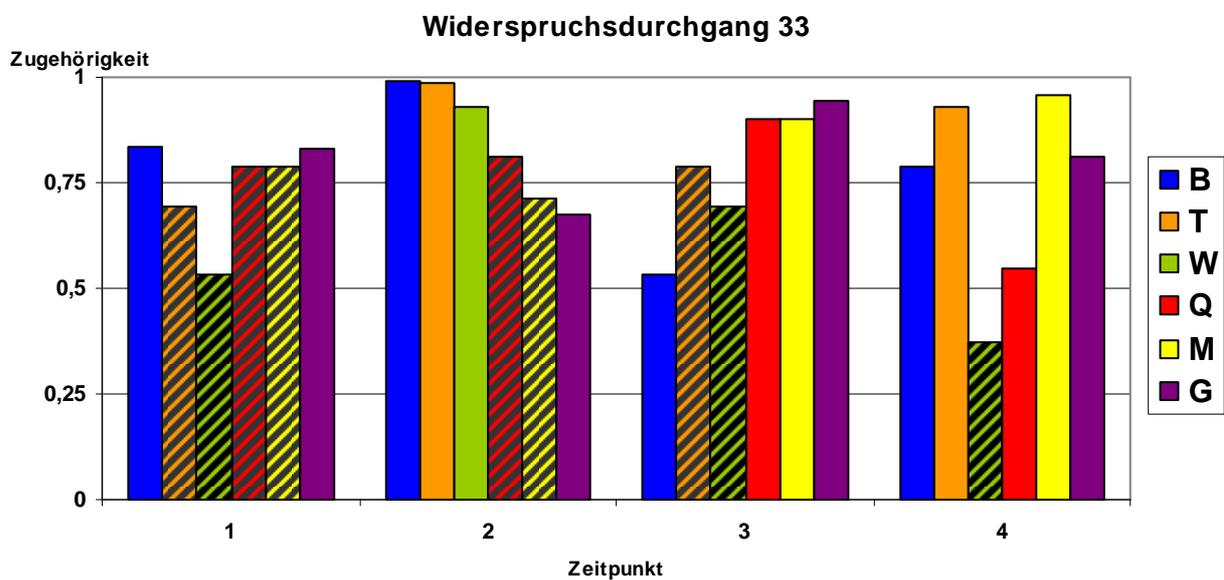


Abbildung 5.11. Zugehörigkeitswerte Widerspruchsdurchgang 33

Inhaltlich sind die Größen der Zugehörigkeitswerte (ZG) wie folgt zu interpretieren:

- hohe ZG:  $0.75 \leq ZG \leq 1$   
hohe Übereinstimmung der Ratingwerte mit dem Ideal
- mittlere ZG:  $0.5 \leq ZG < 0.75$   
mittlere Übereinstimmung von Rating- und Idealwerten
- niedrige ZG:  $0.25 \leq ZG < 0.5$   
wenig Übereinstimmung von Rating- und Idealwerten, Tendenz zur Unterschiedlichkeit
- minimale ZG:  $ZG < 0.25$   
keine Übereinstimmung

Insbesondere die Zugehörigkeiten zwischen 0.25 und 0.75 sind als Unsicherheit der Versuchspersonen bzgl. der Plausibilität der jeweiligen Chemikalie zu deuten. Idealerweise sollten also alle Zugehörigkeitswerte sehr hoch (rund 1) sein.

Aus Abbildung 5.11 ist zu entnehmen, dass beim ersten Zeitpunkt vier von sechs Chemikalien einen Zugehörigkeitswert über 0.75 haben. Die Versuchspersonen schätzen die Plausibilität von B, Q, M, G also richtig ein. T und W haben mittlere Zugehörigkeitswerte was auf eine leichte Unsicherheit bei der Einschätzung hindeutet, obwohl das erste Symptom bei diesen beiden Chemikalien vorkommt (vgl. Tabelle 4.1).

Beim zweiten Zeitpunkt ist ein Anstieg der Zugehörigkeiten für die Stoffgruppe Landin (Chemikalien B, T, W) zu beobachten. Das zweite Symptom („schwache Hautverätzung“, vgl. Tabelle 5.6) verweist auf die Stoffgruppe Amid, Landin wird als nicht zutreffende Stoffgruppe richtigerweise nicht weiter berücksichtigt. Man kann hier von einem „Ausschlusseffekt“ sprechen, bei dem nach Präsentation eines spezifischen Symptoms die Stoffgruppe, die nicht mehr in Frage kommt, vollständig ausgeschlossen wird. Bei Chemikalien M sowie G kommt es zu einem leichten Abfall der Zugehörigkeitswerte, wohingegen Q fast gleich bleibt. Es ist davon auszugehen, dass die Versuchspersonen Q als plausible Chemikalie richtig erkennen und raten. Bei M und G sind sie sich eher unsicher, wobei die Plausibilität von M leicht unterschätzt und von G leicht überschätzt wird.

Der Ausschlusseffekt findet sich auch zum dritten Zeitpunkt wieder, allerdings bei Amid (Q, M, G). Hintergrund ist der Eintritt des Widerspruchs (Tabelle 5.6). Am Absinken der Zugehörigkeiten für B, T, W (Landin-Stoffgruppe) bei gleichzeitiger Zunahme von Q, M, G (Amid-Stoffgruppe), kann von einem Wechsel der Hypothesenklasse gesprochen werden. Allerdings nur im Sinne des Ausschlusseffektes. Betrachtet man die Chemikalien, die beim zweiten und dritten Zeitpunkt für die Versuchspersonen plausibel sein sollten, finden sich mittlere Zugehörigkeitswerte, die unsicheres Rating ausdrücken. An den jeweils niedrigsten Werten (beim zweiten Zeitpunkt Chemikalie G und beim dritten Zeitpunkt Chemikalie B) ist abzulesen, dass diese Chemikalien als Lösung ausgeschlossen werden müssten, um einen hohen Zugehörigkeitswert zu erhalten, die Versuchspersonen das aber nicht klar tun.

Zeitpunkt vier verdeutlicht eine Klärung bzgl. der Chemikalien B, T, M, G deren Zugehörigkeiten über 0.75 liegen. Demgegenüber ist die Zugehörigkeit der Lösungschemikalie W sehr gering (ZG = 0.371), was darauf hindeutet, dass W nicht als Lösung erkannt wurde. Bei Q liegt die Zugehörigkeit knapp über 0.5, was dafür spricht, dass die Ver-

suchspersonen Q nicht ausschließen sondern statt W als Lösung annehmen. Eine Bestätigung dafür findet sich in den Lösungshäufigkeiten, da als häufigste Alternativlösung von den Versuchspersonen Q angegeben wird. Betrachtet man die Ausprägung der Zugehörigkeit von Q beim zweiten Zeitpunkt (vor Widerspruchseintritt) ist sie der höchste Wert der Amid-Gruppe. Das Benennen von Q als Alternativlösung am Ende kann als „Erinnerungseffekt“ verstanden werden. Bei Unsicherheit im vorangegangenen Rating „erinnern“ sich die Versuchspersonen an Chemikalien, die vor dem Widerspruch (zum zweiten Zeitpunkt) plausibel waren und wählen aus diesen die Enddiagnose aus (ähnlich auch bei Widerspruch 35 für Chemikalie B, siehe Anhang).

Mit einer Gesamtlösungsquote von 64% für diesen Widerspruchsdurchgang im Vergleich zu 100% richtigen Lösungen des widerspruchsfreien Normaldurchgangs 12 (gleiche Abfolge der Symptome im Bezug auf ihren Spezifitätsgrad, vgl. 4.2.2. *Versuchsmaterial*) gibt es deutlich weniger richtige Lösungen.

Bei Widerspruchsdurchgang 35 muss ebenfalls zwischen Stoffgruppen gewechselt werden (jedoch von Landin auf Amid), wobei sich ein ähnliches Verlaufsmuster sowie das Auftreten von Ausschlusseffekten findet (siehe Anhang).

Bei Widerspruchsdurchgang 34 muss innerhalb der Stoffgruppe Landin von der Chemikalie T auf W gewechselt werden, um den Widerspruch zu lösen. In Tabelle 5.7 findet sich der zugehörige Idealratingverlauf.

Tabelle 5.7: *Idealratingverlauf des Widerspruchsdurchgangs 34*

<b>Symptom</b>	<b>plausible Chemikalien (= Wert 7)</b>	<b>unplausible Chemikalien (= Wert 1)</b>
1. starker Juckreiz	T, W, Q, M	B, G
<b>2. schwache Atemnot</b>	<b>T</b>	B, W, Q, M, G
<b>3. starke Augenreizung</b>	<b>W, Q</b>	B, T, M, G
4. starker Husten	<b>W</b>	B, T, Q, M, G

Der Eintrittszeitpunkt des Widerspruchs liegt bei Präsentation des dritten Symptoms (starke Augenreizung), da dies nicht zusammen mit den beiden vorangegangenen Symptomen auftreten kann. Eine Kombination der Symptome Juckreiz, Atemnot und

Augenreizung kommt bei keiner der Chemikalien vor, so dass auch hier von der Versuchsperson der Ausnahmefall erkannt werden muss. Die Lösung des Problems besteht im Ausblenden des zweiten Symptoms (schwache Atemnot) im weiteren Problemlöseprozess. Die zum zweiten Zeitpunkt einzig plausible Chemikalie T (siehe Tabelle 5.7 fett/blau gedruckt) muss zugunsten der Chemikalien W und Q (fett/grün bzw. fett/orange gedruckt) aufgegeben werden. Da Juckreiz und Augenreizung keine stoffgruppenspezifischen Symptome sind, ist eine Festlegung auf eine bestimmte Stoffgruppe nicht möglich (nach Eintritt des Widerspruchs sind Chemikalien aus beiden Gruppen plausibel). Die Lösungskemikalie ist W, die ebenfalls wie T (einzig plausible Chemikalie vor Eintritt des Widerspruchs) der Stoffgruppe Landin angehört.

Betrachtet man die berechneten Zugehörigkeitsverläufe, dargestellt in Abbildung 5.12, findet sich bzgl. des ersten Zeitpunktes ein ähnliches Bild wie bei Widerspruch 33. Vier von sechs Chemikalien weisen eine hohe Übereinstimmung zwischen Rating der Versuchspersonen und Idealvorgabe auf (Zugehörigkeiten von B, W, M, G > 0.75).

Bei Zeitpunkt zwei steigen die Zugehörigkeiten für Q, M und G, was als Ausschluss-effekt zu verstehen ist und ebenfalls ein Anstieg bei T, idealerweise die einzig plausible Chemikalie zu diesem Zeitpunkt. An den mittleren Zugehörigkeiten von B und W ist allerdings abzulesen, dass die Versuchspersonen die Plausibilität der beiden Chemikalien höher einschätzen als dies sein sollte.

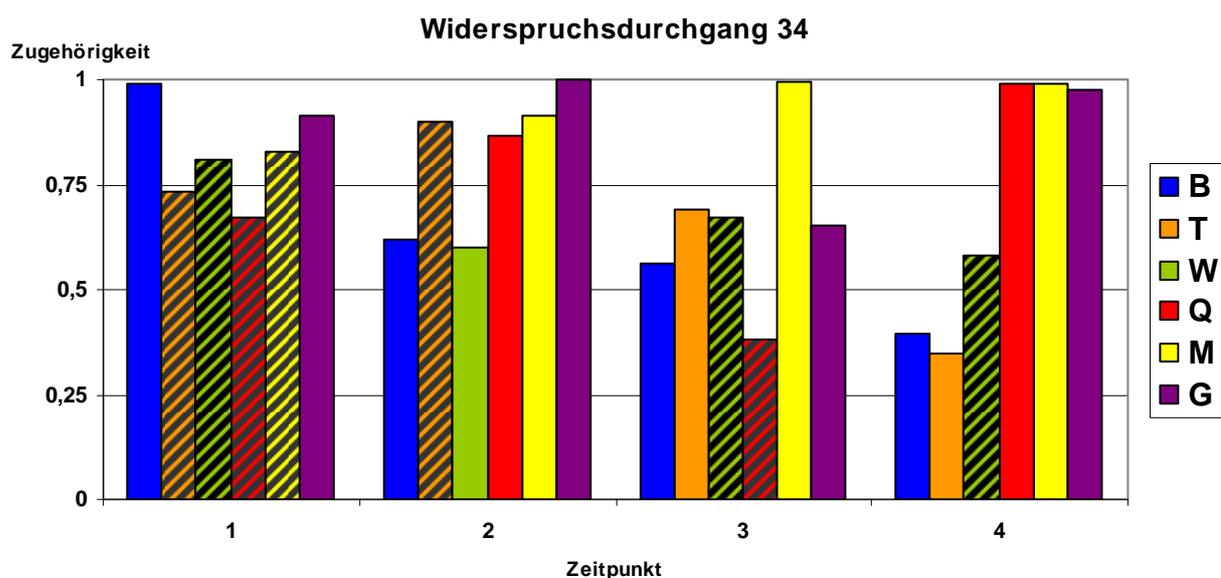


Abbildung 5.12. Zugehörigkeitswerte Widerspruchsdurchgang 34

Beim Eintritt des Widerspruchs beim dritten Zeitpunkt ist insgesamt ein starkes Absinken der Werte zu verzeichnen (Verunsicherung), insbesondere bei Chemikalie Q, die mit einer Zugehörigkeit von 0.382 nicht als eine plausible Lösungshypothese erkannt wird. Bei Chemikalie M ist eine leichte Zunahme der Zugehörigkeit zu sehen, was für ein richtiges Ausschließen spricht.

Zum vierten Zeitpunkt zeigt sich für die Amid-Gruppe richtigerweise ein Ausschluss effekt und die Zugehörigkeiten der Landine sind nochmals geringer geworden. W wird nur in 27% der Fälle als richtige Lösung von den Versuchspersonen angegeben, wohingegen B in 46% der Fälle und T in 27% als Lösungen auftauchen.

Beim widerspruchsfreien Vergleichsdurchgang 13 (gleiche Abfolgestructur der Symptome bzgl. des Spezifitätsgrades) lösen alle Versuchspersonen den Durchgang richtig. Beim Widerspruch Nr. 36 (siehe Anhang) findet sich ein ähnliches Verlaufsmuster. Vergleicht man die beiden untersuchten Typen von Widersprüchen (Wechsel innerhalb vs. Wechsel zwischen Stoffgruppen), werden die Widersprüche mit dem Wechsel zwischen Stoffgruppen (Nr. 33 und 35) sowohl bezüglich ihrer Lösungshäufigkeit als auch ihres Zugehörigkeitsverlaufs von den Probanden besser bearbeitet als beim Wechsel innerhalb der gleichen Stoffgruppe. Dieses Ergebnis widerspricht der Forschungshypothese (siehe 3.5.).

## 6 Diskussion

Das Los des Menschen  
scheint zu sein nicht Wahrheit,  
sondern Ringen nach Wahrheit,  
nicht Freiheit und Gerechtigkeit und Glückseligkeit,  
sondern Ringen danach.

Johann Gottlieb Seume

Die Interpretation und Diskussion der Ergebnisse soll für die Experimentalaufgabe, die Untersuchung des Schlussfolgerungsprozesses bei Widersprüchen und die Auswertungsmethodik geführt werden.

### 6.1. Evaluation der Experimentalaufgabe

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es gelang, mit „Chemieunfall“ diagnostisches Schlussfolgern zu untersuchen, und sich die Experimentalaufgabe in ihrer ersten Erprobung bewährt hat. Es handelt sich um eine komplexe Aufgabe, die noch weitreichendes Potential zur Untersuchung von abduktiven Prozessen in sich trägt und die durch Modifikation auch für andere spezifische Fragestellungen zugänglich gemacht werden kann. Das gesamte Spektrum von Analysemöglichkeiten und Blickwinkeln, die auf das Datenmaterial geworfen werden können, um zu neuen Erkenntnissen zu gelangen, konnte durch diese Arbeit klar verdeutlicht werden. Fortsetzende Laborexperimente sind ebenso denkbar wie Weiterentwicklungen beispielsweise Untersuchungen mit realen medizinischen Experten.

Zukünftig kann die Durchführung des Experiments weiter optimiert werden. Die Bearbeitung der Versuchsdurchgänge war relativ zeitaufwendig (Durchführungsdauer ca. zwei Stunden) und konzentrationsintensiv für die Versuchspersonen. Die vielen Versuchsdurchgänge und Wiederholungen der Symptome ermüdeten die Probanden, daher auch die hohe Ausfallquote. Teilweise ist diese aber auch auf Motivationsprobleme auf Seiten der Versuchspersonen zurückzuführen. Auf die Absicht am Experiment mitzuwirken und eine positive Einstellung sollten zukünftig stärker geachtet werden. Bei weiteren Untersuchungen sollten getrennte Sitzungen für das Lernen der Wissensgrundlage und das eigentliche Experiment eingeplant werden. Aus Rückmeldungen der Versuchspersonen ergab sich, dass Schwierigkeiten auftraten, sich alle präsentierten Symptome zu merken, um eine richtige Diagnose zu stellen. Die Bearbeitung des Plausibilitätsratings be-

anspruchte zusätzlich, ähnlich einer Zweitaufgabe. Dennoch konnten mit der Ratingskala sinnvolle Ergebnisse gewonnen werden, die Zusammenhänge zur Lösungsdiagnose erkennen lassen und auch wie beabsichtigt zwischen unterschiedlichen Arten von Versuchsdurchgängen (Normal- vs. Widerspruchsdurchgänge) differenzieren.

Betrachtet man zuerst die Häufigkeit richtiger Lösungen der Versuchsdurchgänge (siehe Tabelle 5.1) wird deutlich, dass die Gesamtlösungsquote zwischen 74 bis 100% liegt (29 bis 39 richtige Lösungen). Es ist also davon auszugehen, dass die Versuchspersonen in der Lage sind, die Aufgabe zu verstehen und zu einem Großteil richtig zu bearbeiten. Einige Versuchspersonen gaben an, dass Fehler vor allem durch Ermüdung und Unkonzentriertheit entstanden sind. Die Lösungsquote der Widersprüche ist mit durchschnittlich 48% viel geringer als die der widerspruchsfreien Normaldurchgänge mit rund 92%, was dafür spricht, dass die Widerspruchsdurchgänge wie beabsichtigt schwerer zu lösen sind (1. Hypothese siehe 3.5). Man vergleiche dazu auch die Lösungshäufigkeiten gegliedert in Intervalle in Tabelle 5.2. Die Ergebnisse der Ratingdatenauswertung unterstützen die Annahme der Unterschiedlichkeit von Normal- und Widerspruchsdurchgängen ab dem Widerspruchseintritt (drittes Symptom) für einen Teil der Chemikalien (siehe beispielsweise Abbildung 5.8). Wiederholungen des Experiments könnten Aufschluss darüber geben, ob diese Ergebnisse auch für die anderen Chemikalien gefunden werden können. Gegebenenfalls könnte eine weitere abhängige Variable, z.B. die Erfassung der Reaktionszeit bei Ratingeinschätzung und Diagnosestellung, hinzugezogen werden.

Insgesamt ist davon auszugehen, dass die Ratingskala die Plausibilität der Chemikalien und deren Veränderung im Schlussfolgerungsprozess abbildet. Die zweite Hypothese (siehe 3.5) konnte somit bestätigt werden. Die erste Hypothese über die Unterschiedlichkeit von Normal- und Widerspruchsdurchgängen konnte ebenfalls bestätigt werden, wobei die spezifischen Aussagen (Unterschied im Prozess ab dritten Symptom) nochmals experimentell unterlegt werden sollten.

## **6.2. Hypothesenwechsel bei Widersprüchen**

Durch die Ergebnisse in Tabelle 5.3, in denen die Lösungshäufigkeiten unterschiedlicher Widerspruchstypen dargestellt sind, zeigt sich, dass die Widersprüche, bei denen ein Wechsel zwischen übergeordneten Hypothesengruppen notwendig ist, häufiger richtig gelöst werden als die Widersprüche mit Wechsel innerhalb der gleichen Hypothesengruppe. Die Modellierung des Schlussfolgerungsprozesses (siehe 5.3.3.) legt eben-

falls nahe, dass ein Wechsel zwischen den Hypothesengruppen von den Versuchspersonen insofern vollzogen wird, dass die unplausibel gewordene Stoffgruppe richtigerweise ausgeschlossen wird. Es kann geschlussfolgert werden, dass die Bearbeitung des Widerspruchs zwischen übergeordneten Hypothesengruppen leichter fällt. Dies steht nicht im Einklang mit der Forschungsannahme drei (siehe 3.5), in der der umgekehrte Fall vermutet wurde. Offenbar ist anzunehmen, dass zur Bewältigung des Widerspruchs eher ein deutlicher Strategiewechsel (in die andere Stoffgruppe) bevorzugt wird. Eine weitere Ursache könnte u. a. in der kognitiven Repräsentation der Wissensstruktur liegen (vgl. Tabelle 4.1.), die hierarchisch in die Ebenen „Stoffgruppen“ und „Einzelchemikalien“ gegliedert ist. Die spezifischen Symptome führen eindeutig zu einer Chemikaliengruppe im Gegensatz zu unspezifischen Symptomen. Es ist anzunehmen, dass die Versuchspersonen die Wahl der richtigen Stoffgruppe als Heuristik nutzen, um den Schlussfolgerungsprozess zu vereinfachen und die Anzahl potentieller Lösungshypothesen zu reduzieren. Die Differenzierung zwischen Stoffgruppen fällt leichter als das Unterscheiden zwischen den Einzelchemikalien. Darauf deuten beispielsweise auch die Zugehörigkeiten bei Widerspruch 33 zum zweiten bzw. dritten Zeitpunkt hin (siehe Abbildung 5.11). Der Ausschlusseffekt führt jeweils zu hohen Zugehörigkeiten der unplausiblen Stoffgruppe, innerhalb der plausiblen Stoffgruppe herrscht allerdings unsicheres Rating (mittlere Zugehörigkeiten) vor, obwohl ein Ausschließen von unplausiblen Einzelchemikalien (z.B. G zum zweiten Zeitpunkt oder B zum dritten Zeitpunkt) theoretisch möglich wäre. Weiterhin ist festzustellen, dass der Wechsel zwischen Stoffgruppen von den Versuchspersonen besser vollzogen wird, dass insgesamt aber sowohl im letzten Rating (Zeitpunkt vier) als auch in den Lösungshäufigkeiten beide Widerspruchsarten im Vergleich zur theoretischen Ideallösung nicht zufriedenstellend gelöst werden. Hierfür besteht weiter Erklärungsbedarf, was ein Ansatzpunkt für zukünftige Arbeiten sein könnte.

### **6.3. Auswertungsmethodik**

Mit der Nutzung der Fuzzy Pattern Klassifikation für dieses psychologische Experiment wurde ein Stück Neuland betreten, da das Verfahren im psychologischen Bereich noch nicht verbreitet ist und somit nicht auf Vorarbeiten Bezug genommen werden konnte. Diese Arbeit bietet neben den konkreten Ergebnissen eine Auswertungsstrategie an, wie die Fuzzy Pattern Klassifikation in psychologischen Experimenten angewendet werden kann. Sie bietet sich auch für umfangreichere Experimente an und es kann zu-

künftig auf sie zurückgegriffen werden. Die Vorgehensweise erstreckte sich vom Einarbeiten in theoretische Grundlagen des Verfahrens über die Strukturierung der aufgezeichneten Ratingdaten in bestimmte Dateiformate (um sie in die entsprechenden Softwareprogramme einlesen zu können) bis hin zur Berechnung von Zugehörigkeiten und Trennschärfen sowie deren Interpretation. Im Bearbeitungsverlauf wurde deutlich, dass das Potential der Auswertungsmethodik sehr umfangreich ist. Sehr positiv ist zu bewerten, dass alle Dimensionen der erhobenen Ratingsdaten ohne Informationsverlust erhalten und ausgewertet werden konnten (siehe *Kapitel 5.1 Datenmaterial*). Darüber hinausgehend ist eine noch detailliertere Analyse sowie das Einbeziehen anderer abhängiger Variablen aufgrund der multivariaten Ausrichtung des Verfahrens möglich, so dass die Grenzen des Erkenntnisgewinns allenfalls in der Interpretation der komplexen Ergebnisse lägen, nicht aber in einer Beschränkung des Auswertungsverfahrens. Es ist daher empfehlenswert, die zu untersuchende Fragestellung soweit wie möglich theoretisch vorzustrukturieren, um gezielt auswerten und interpretieren zu können. Allerdings ist davon auszugehen, dass die gemachten Erfahrungen auch in Zukunft zur effektiven Anwendung beitragen.

Da die Ausfallquote der Versuchspersonen relativ hoch war, kam ein weiterer großer Vorteil der Fuzzy Pattern Klassifikation zum tragen, da die Berechnung von Zugehörigkeiten nicht auf der Basis von Häufigkeiten stattfindet (siehe *Kapitel 3.6. Fuzzy Pattern Klassifikation*) und die Unschärfe der Daten besonders berücksichtigt wird. Die Fuzzy Auswertung stellt die Güte der Ergebnisse also sicher, davon hätte bei einem statistischen Verfahren in diesem Fall nicht ausgegangen werden können.

Die Erfahrungen, die im Rahmen der vorliegenden Arbeit mit dem Auswertungsverfahren gemacht wurden, sprechen dafür, die Fuzzy Pattern Klassifikation zukünftig weiter im psychologischen Bereich anzuwenden. Im technischen Bereich wird sie bereits zur Beschreibung und Auswertung von Daten und zur Klassifikation, aber auch für Prognosen und Steuerungen von Systemen eingesetzt. Es könnte interessant sein zu prüfen, inwieweit diese Anwendungsmöglichkeiten im psychologischen Bereich genutzt werden können.

## 6.4. Ausblick

Die durch diese Arbeit ermittelten Ergebnisse können zu den Forschungsfragen Auskunft geben, lassen aber auch Teile unbeantwortet und werfen neue Fragen für zukünftige Arbeiten auf.

Von Interesse wäre, die Experimentalaufgabe weiter zu nutzen und mehr Versuchspersonendaten zu erheben, um die bisherigen Ergebnisse zu erhärten. Die Einführung zusätzlicher Prozessschritte (mehr als vier) in denen der diagnostische Schluss untersucht werden kann, bietet sich ebenso an, wie eine Variation des Eintrittszeitpunktes der Widersprüche. So könnte z.B. untersucht werden, ob Widersprüche, die frühzeitig eintreten, bis zum Prozessende gelöst werden können.

Die Messung der Ratingdaten könnte durch andere abhängige Variablen wie die Reaktionszeit oder die Erinnerungsleistung ergänzt werden und so ein differenzierteres Bild des Schlussfolgerns bei Widersprüchen aufzeigen.

Weiterhin empfiehlt sich eine Überarbeitung des computergestützten Experimentes, so dass beispielsweise Doppeleingaben bei den Ratings (z.B. Wert „22“ statt „2“) nicht mehr vorkommen können. Eine genauere Untersuchung der Experimentalaufgabe selbst u. a. im Hinblick auf die Empfindung und Wertung der einzelnen Symptome und Chemikalien sollte ebenfalls noch durchgeführt werden.

Auf Grundlage der in dieser Arbeit ermittelten empirischen Datenbasis kann mit Hilfe der Fuzzy Pattern Klassifikation der bestehende Klassifikator modifiziert, ein neuer erstellt werden oder es kann durch Implementation theoretischer Erkenntnisse ein anderer Idealklassifikator definiert werden. Diese Klassifikatoren würden als Vergleichsgrundlage für neue empirische Daten dienen und es könnte festgestellt werden, welcher die beste Beschreibung des realen Schlussfolgerungsprozesses darstellt.

Bisher wurden die Versuchspersonen pro Einzelversuchsdurchgang insgesamt betrachtet (durch Mittlung der Ratings), genauere Angaben über unterschiedliche Versuchspersonentypen oder Schlussfolgerungsstrategien könnten aus der Betrachtung der Zugehörigkeitsverläufe für jede einzelne Versuchsperson entnommen werden. Hier ist ein Anschluss an die medizinische Diagnoseforschung (z.B. Patel et al., 1994) mit Experten vs. Novizen denkbar.

Eine Untersuchung des Schlussfolgerns bei Widersprüchen mit realen medizinischen Experten als Versuchspersonen könnte ebenso stärker in die anwendungsorientierte Forschung führen, wie die Prognose von Entscheidungsverläufen mit der Fuzzy Pattern Klassifikation.

## 7 **Literatur**

- Aizerman, S. (1972). *Methode der Potentialfunktionen und ihre Anwendungen*. Moskau: Verlag Nauka.
- Arocha, J.F., Patel V.L. (1995). Construction-Integration Theory and Clinical Reasoning. In C.A. Weaver III & S. Mannes et al. (Hrsg.), *Discourse comprehension: Essays in honor of Walter Kintsch* (S. 359-381). Hillsdale, NJ, USA: Lawrence Erlbaum Associates.
- Baumann, M. (2001). *Die Funktion des Arbeitsgedächtnisses beim abduktiven Schließen: Experimente zur Verfügbarkeit der mentalen Repräsentation erklärter und nicht erklärter Beobachtungen*.  
Dissertation (<http://archiv.tu-chemnitz.de/pub/2001/0071/data/dissertation.pdf>).
- Bocklisch, S.F. (1987). *Prozeßanalyse mit unscharfen Verfahren*. VEB Verlag Technik Berlin.
- Bocklisch, S.F. (Hrsg.), (1999). *FX-System*. Technische Universität Chemnitz
- Bocklisch, S.F. (Hrsg.), (2004a). EDIT: Erstellen von Fuzzy Klassifikatoren. In *Handbuch zur Fuzzy Toolbox*. GWT-TUD mbH.
- Bocklisch, S.F. (Hrsg.), (2004b). STATID: Grafische Darstellung eines Klassifikators und statische Identifikation von Objekten. In *Handbuch zur Fuzzy Toolbox*. GWT-TUD mbH.
- Botschaften der Menschlichkeit* (1992). Publications Techniques Spécialisées, Bruxelles.
- Chinn C.A. & Brewer, W.F (1998). An Empirical Test of a Taxonomy of Responses to Anomalous Data in Science. *Journal of research in Science teaching*, 35(6), 623-654.

- Elstein, A., Schwarz, A. (2002). Clinical problem solving and diagnostic decision making: selective view of the cognitive literature. *British Medical Journal*, 324, 729-732.
- Geißler, K. (1998). *Entwurf eines Klassifikatornetzes*. Diplomarbeit Technische Universität Chemnitz, Lehrstuhl für Systemtheorie.
- Johnson, T.R., Krems, J.F., Amra, N.K. (1994). A computational model of human abductive skill and its acquisition. In A. Ram & K. Eiselt (Eds.), *Proceedings of the Sixteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society* (465-468). Hillsdale, N.J: Lawrence Erlbaum Associates.
- Johnson, T.R., Krems, J.F. (2001). Use of current explanations in multicausal abductive reasoning. *Cognitive Science*, 25, 903-939.
- Johnson-Laird, P.N. (1983). *Mental models*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Josephson, J.R. (1998). Abduction-Prediction Model of Scientific Inference Reflected in a Prototype System for Model-Based Diagnosis. In L. Magnani, N. Neressian & P. Thagard (Hrsg.), *Philosophica, Abduction and Scientific Discovery* [Special Issue], 61(1), 9-17
- Keinath, A. (1997). *Prozesse des Erkennens und Lösens von Anomalien bei abduktiven Schlüssen: Eine experimentelle Untersuchung aus der Kognitionspsychologie*. Diplomarbeit, Universität Regensburg.
- Keinath, A. & Krems, J.F. (1998). The Influence of Anomalous Data on Solving Human Abductive Tasks. In L. Magnani, N. Neressian & P. Thagard (Hrsg.), *Philosophica, Abduction and Scientific Discovery* [Special Issue], 61(1), 39-50
- Keinath, A. (2003). *Anomalieresolution bei abduktivem Schließen: Experimente zur Hypothesenbildung und Atrategieauswahl beim Problemlösen*. Dissertation (<http://archiv.tu-chemnitz.de/pub/2003/0125/data/Dissformat.pdf>).

- Kintsch, W. (1988). The role of knowledge in discourse comprehension: A construction-integration model. *Psychological Review*, 95 (2), 163-482.
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1-48.
- Koch, M., Kuhn, T., Wernstedt, J. (1996). *Fuzzy Control: Optimale Nachbildung und Entwurf optimaler Entscheidungen*. Oldenburg.
- Krems, J.F., Johnson, T. (1995). Integration of anomalous data in multicausal explanations. In J.D. Moore & J.F. Lehmann (Hrsg.), *Proceedings of the seventeenth annual conference of the cognitive science society* (S. 277-282). Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kunzmann, P., Burkard F.P., Wiedmann, F. (2002). *dtv-Atlas Philosophie*. Deutscher Taschenbuch Verlag.
- Mynatt, C.R., Doherty, M.E. & Tweney R.D. (1978). Consequences of Confirmation and Disconfirmation in a Simulated Research Environment. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 30, 395-406.
- Norman, G.R., Brooks, L.R., Allen, S.W. (1989). Recall by Expert Medical Practitioners and Novices as a Record of Processing Attention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 15/6, 1166-1174.
- Patel, V.L., Groen, G.J. (1986). Knowledge Based Solution Strategies in Medical Reasoning. *Cognitive Science*, 10, 91-116.
- Patel, V.L., Arocha, J.F., Kaufman, D.R. (1994). Diagnostic reasoning and medical expertise. *The Psychology of Learning and Motivation*, 31, 187-251.
- Patel, V.L., Arocha, J.F., Kaufman, D.R. (1999). Medical Cognition. In Durso, F.T. et al. (Hrsg.) *Handbook of Applied Cognition*. John Wiley & Sons Ltd.

Peschel, M. (1978). *Modellbildung für Signale und Systeme*. VEB Verlag Technik Berlin.

Schneider, W., Eschman, A. & Zuccolotto, A. (2002a). *E-Prime User`s Guide*. Pittsburgh: Psychology Tools Inc.

Schneider, W., Eschman, A. & Zuccolotto, A. (2002b). *E-Prime User`s Guide*. Pittsburgh: Psychology Tools Inc.

Wason, P.C. (1960). On the Failure to Eliminate Hypotheses in a Conceptual Task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 12, 129-140.

Wason, P.C. (1968). On the Failure to Eliminate Hypotheses in a Conceptual Task: A Second Look. In P.C. Wason & P.N. Johnson-Laird (Hrsg.), *Thinking and Reasoning*. Baltimore: Penguin Books.

Zadeh, L. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8, S. 338-353.

Zimmermann, H. (1999). *Practical applications of fuzzy technologies*. Kluwer Academic Publishers.

## **8    *Anhänge***

A 1: Versuchsinstruktion

A 2: Versuchsdurchgänge

A 3: Lösungsquoten der Versuchsdurchgänge

A 4: Ergebnisse: Zugehörigkeitsverläufe

A 5: Modellierung Widersprüche 35 und 36

## **A 1: Versuchsinstruktion**

### **Liebe Versuchsteilnehmerin, lieber Versuchsteilnehmer,**

vielen Dank, dass Sie sich bereit erklärt haben, an diesem Experiment teilzunehmen. Ziel dieses Experiments ist zu untersuchen, wie Menschen Diagnosen erstellen.

Stellen Sie sich vor, Sie sind Arzt in einem größeren Chemieunternehmen. Zu Ihnen kommt ein Angestellter dieses Unternehmens, der über verschiedene Krankheitssymptome klagt. Diese Symptome sind auf einen kleinen Chemieunfall zurückzuführen, bei dem diese Person mit einer Chemikalie in Berührung gekommen ist.

**Ihre Aufgabe ist es nun, anhand der geschilderten Symptome zu identifizieren, mit welcher Chemikalie diese Person in Berührung war.**

Nachfolgend erhalten Sie noch einige Informationen über Ihr ärztliches Vorwissen und über den allgemeinen Ablauf des Versuchs.

### **Ihr ärztliches Vorwissen**

Der Kontakt mit den Chemikalien kann beim Patient folgende Symptome verursachen: Atemnot, Husten, Kopfschmerzen, Augenreizung, Juckreiz, Hautrötung, Hautverätzung. Diese Symptome können unterschiedlich stark ausgeprägt sein, nämlich entweder in schwacher oder starker Form.

Die Chemikalien gehören entweder zur Stoffgruppe der Landine oder der Amide und sind der Einfachheit halber mit Buchstaben gekennzeichnet: B, T, W bzw. Q, M, G.

Landine sind meist gasförmig und wirken hauptsächlich auf die Atemorgane. Sie verursachen zum Beispiel Atemnot und Husten. Amide sind meist flüssig und wirken dadurch hauptsächlich auf die Haut. Sie verursachen zum Beispiel Hautrötung und Hautverätzung. Die Symptome Kopfschmerzen, Augenreizung und Juckreiz können durch beide Stoffgruppen verursacht werden.

Leider haben Sie keine Information darüber, mit welcher Stoffgruppe der Patient in Berührung gekommen ist. Es ist aber sehr wichtig, dass Sie nicht nur die Chemikalie, sondern auch die Stoffgruppe herausfinden, weil sich daraus die anschließende Therapieart ergibt.

Einen Überblick über die einzelnen Chemikalien, ihre Stoffgruppen und die durch sie verursachten Symptome gibt folgende Tabelle:

Stoffgruppe	Chemikalie	Hauptsymptome
Landin	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Atemnot</li> <li>▪ Husten</li> <li>▪ Kopfschmerzen</li> <li>▪ Augenreizung</li> </ul>
Landin	T	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Atemnot</li> <li>▪ Husten</li> <li>▪ Kopfschmerzen</li> <li>▪ Juckreiz</li> </ul>
Landin	W	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Husten</li> <li>▪ Augenreizung</li> <li>▪ Juckreiz</li> </ul>
Amid	Q	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hautrötung</li> <li>▪ Hautverätzung</li> <li>▪ Augenreizung</li> <li>▪ Juckreiz</li> </ul>
Amid	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hautrötung</li> <li>▪ Hautverätzung</li> <li>▪ Kopfschmerzen</li> <li>▪ Juckreiz</li> </ul>
Amid	G	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hautverätzung</li> <li>▪ Augenreizung</li> <li>▪ Kopfschmerzen</li> </ul>

Wie bereits erwähnt, können die Symptome in starker und schwacher Form auftreten. Wenn Symptome stark ausgeprägt sind, sind sie eindeutig auf den Kontakt mit der jeweiligen Chemikalie zurückzuführen. **Wenn Symptome schwach ausgeprägt sind, kann das verschiedene Ursachen haben.** Sie können entweder durch den Kontakt mit einer geringen Menge der betreffenden Chemikalie, oder aber durch vom Chemieunfall unabhängige Ereignisse ausgelöst worden sein.

Beispiel:

Ein Patient kann mit einer Chemikalie aus der Stoffgruppe der Landine in Kontakt gekommen sein (Landine wirken hauptsächlich auf die Atmungsorgane) und trotzdem eine schwache Hautrötung (eigentlich ein Hauptsymptom der Amid-Stoffgruppe) zeigen, weil er sich am Vortag versehentlich in der Sonne verbrannt hatte.

## Versuchsablauf am PC

### 1. Lernen der Tabelle

### 2. Übungsphase:

- a. Auf dem Bildschirm werden die Krankheitssymptome gleichzeitig präsentiert und Sie sollen am Ende angeben, welche Chemikalie diese Symptome verursacht hat.
- b. Auf dem Bildschirm werden die Krankheitssymptome nacheinander präsentiert und Sie sollen am Ende angeben, welche Chemikalie diese Symptome verursacht hat.

### 3. Experiment:

- a. Zu Beginn lernen Sie anhand von 4 Beispieldurchgängen eine Ratingskala kennen, die Sie in der Experimentalphase nutzen werden:

Bitte geben Sie an, wie plausibel die einzelnen Chemikalien als Lösung zum jetzigen Zeitpunkt für Sie sind!							
sehr unplausibel			sehr plausibel				
	1	2	3	4	5	6	7
B :	_____						

Sie sollen nun nach jedem angezeigten Symptom angeben, wie plausibel Ihnen jede der Chemikalien derzeit erscheint. Innerhalb eines Durchgangs werden 3 oder 4 Symptome gezeigt. Nach jedem Symptom werden Sie ein Rating abgeben. Am Ende eines Durchgangs (nach 3 bzw. 4 präsentierten Symptomen und 3 bzw. 4 Ratings) müssen Sie entscheiden, welche Chemikalie die Ursache für die gezeigten Symptome ist.

- b. Beginn des Experiments

Für unser Experiment ist es sehr wichtig, dass Sie die Ratings und die Diagnoseaufgabe so gut wie möglich bearbeiten! Nehmen Sie sich genügend Zeit, denn die Reaktionszeit spielt in diesem Experiment keine Rolle!

Wenn Sie jetzt keine weiteren Fragen mehr haben, können Sie mit dem Experiment beginnen. Im Anschluss sind wir gerne bereit, Ihre Fragen zum Hintergrund dieses Experiments zu beantworten.

**Nochmals vielen Dank für Ihre Mitarbeit!**

Dr. Martin Baumann, Franziska Bocklich

## A 2: Versuchsdurchgänge

### Normale Versuchsdurchgänge

#### Legende:

#### Abkürzungen

Stg	Stoffgruppe
La	Landin
Am	Amid
S1 – S4	Symptom 1 – 4
H	aktivierte Hypothese(n)
L	Lösungskemikalie
SKG	Schwierigkeitsgrad
Lei	Leicht
Mi	Mittel
Sch	Schwer
Ü2	Übungsphase 2
N	Normaldurchgang der Experimentalphase
DL	Design List (Durchgangs-Nummer)

DL	Stg	S 1	H	S 2	H	S 3	H	S 4	L	SKG	Auswahl
	La	At	BT	Hu	BT	Ks	BM	Ar	B	Sch	Ü2
9	La	At	BT	Ar	B	Hu	B	Ks	B	Lei	N
10	La	Hu	BTW	Ks	BT	At	BT	Ar	B	Sch	N
11	La	Hu	BTW	Ar	BW	At	B	Ks	B	Mi	N
	La	Ks	BMTG	Ar	BG	At	B	Hu	B	Mi	Ü2
12	La	Ks	BMTG	At	BT	Hu	BT	Ar	B	Sch	N
13	La	Ar	BWTG	Hu	BW	Ks	B	At	B	Mi	N
14	La	Ar	BWTG	Ks	BG	Hu	B	At	B	Mi	N

DL	Stg	S 1	H	S 2	H	S 3	H	S 4	L	SKG	Auswahl
15	La	At	BT	Hu	BT	Ju	T	Ks	T	Mi	N
16	La	At	BT	Ks	BT	Hu	BT	Ju	T	Sch	N
	La	Hu	BTW	Ks	BT	At	BT	Ju	T	Sch	Ü2
17	La	Hu	BTW	Ju	TW	Ks	T	At	T	Mi	N
18	La	Ks	BMTG	Ju	MT	At	T	Hu	T	Mi	N
19	La	Ks	BMTG	Hu	BT	At	BT	Ju	T	Sch	N
	La	Ju	MWQT	At	T	Hu	T	Ks	T	Lei	Ü2
20	La	Ju	MWQT	Ks	MT	At	T	Hu	T	Mi	N

DL	Stg	S 1	H	S 2	H	S 3	L	SKG	Auswahl
	La	Hu	BTW	Ar	BW	Ju	W	Mi	Ü2
5	La	Hu	BTW	Ju	TW	Ar	W	Mi	N
6	La	Ar	BWQG	Ju	WQ	Hu	W	Mi	N
	La	Ar	BWQG	Hu	BW	Ju	W	Mi	Ü2
7	La	Ju	MWQT	Ar	WQ	Hu	W	Mi	N
8	La	Ju	MWQT	Hu	TW	Ar	W	Mi	N

DL	Stg	S 1	H	S 2	H	S 3	H	S 4	L	SKG	Auswahl
	Am	Hrö	QM	Hätz	QM	Ju	QM	Ar	Q	Sch	Ü2
21	Am	Hrö	QM	Ar	Q	Hätz	Q	Ju	Q	Lei	N
22	Am	Hätz	QMG	Ju	QM	Hrö	QM	Ar	Q	Sch	N
23	Am	Hätz	QMG	Ar	QG	Hrö	Q	Ju	Q	Mi	N
	Am	Ju	QTMW	Ar	QW	Hrö	Q	Hätz	Q	Mi	Ü2
24	Am	Ju	QTMW	Hrö	QM	Hätz	QM	Ar	Q	Sch	N
25	Am	Ar	QGBW	Hätz	QG	Ju	Q	Hrö	Q	Mi	N
26	Am	Ar	QGBW	Ju	QW	Hätz	Q	Hrö	Q	Mi	N

DL	Stg	S 1	H	S 2	H	S 3	H	S 4	L	SKG	Auswahl
27	Am	Hrö	QM	Hätz	QM	Ju	M	Ks	M	Mi	N
28	Am	Hrö	QM	Ks	QM	Hätz	QM	Ju	M	Sch	N
	Am	Hätz	QMG	Ks	QM	Hrö	QM	Ju	M	Sch	Ü2
29	Am	Hätz	QMG	Ju	MG	Ks	M	Hrö	M	Mi	N
30	Am	Ks	TGBM	Ju	TM	Hrö	M	Hätz	M	Mi	N
31	Am	Ks	TGBM	Hätz	QM	Hrö	QM	Ju	M	Sch	N
	Am	Ju	QTMW	Hrö	M	Hätz	M	Ks	M	Lei	Ü2
32	Am	Ju	QTMW	Ks	TM	Hrö	M	Hätz	M	Mi	N

	Stg	S 1	H	S 2	H	S 3	L	SKG	Auswahl
	Am	Hätz	QMG	Ar	QG	Ks	G	Mi	Ü2
1	Am	Hätz	QMG	Ks	MG	Ar	G	Mi	N
2	Am	Ar	QGBW	Ks	GB	Hätz	G	Mi	N
	Am	Ar	QGBW	Hätz	QG	Ks	G	Mi	Ü2
3	Am	Ks	TGBM	Ar	GB	Hätz	G	Mi	N
4	Am	Ks	TGBM	Hätz	MG	Ar	G	Mi	N

# Anomalien

---

## Legende:

### Abkürzungen

Stg	Stoffgruppe der Lösungschemikalie
La	Landin
Am	Amid
S1 – S4	Symptom 1 – 4
H	aktivierte Hypothese(n)
L	Lösungschemikalie
DL	Design List (Durchgangs-Nummer)

### Schriftstärke der Symptome

Normal	Symptom in schwacher Ausprägung
Fett	Symptom in starker Ausprägung

### Farben

Gelb	Eintrittszeitpunkt der Anomalie
------	---------------------------------

DL	Typ	Stg	S 1	H	S 2	H	S 3	H	S 4	L
33	1	La	Ju	MWQT	Hätz	QM	Hu	TW	Ar	W
34	2	La	Ju	MWQT	At	T	Ar	WQ	Hu	W
35	1	Am	Ks	BMTG	Hu	BT	Hätz	MG	Ar	G
36	2	Am	Ks	BMTG	Hrö	M	Ar	GB	Hätz	G

## Übungsanomalien

---

DL	Typ	Stg	S 1	H	S 2	H	S 3	H	S 4	L
37	1	Am	Ar	BWQG	Ks	BG	Hätz	G	Hu	G
38	1	La	Ju	MWQT	Ar	WQ	Hu	W	Hätz	W
39	2	La	Ar	BWQG	Ju	WQ	Hu	W	At	W

### A 3: Lösungsquoten der Versuchsdurchgänge

#### Normale Versuchsdurchgänge (1-32)

Durchgang	Chemikalie	richtige Lösungen [%]
1	G	91
2	G	82
3	G	73
4	G	73
5	W	82
6	W	91
7	W	100
8	W	82
9	B	100
10	B	100
11	B	100
12	B	100
13	B	100
14	B	82
15	T	100
16	T	100
17	T	100
18	T	100
19	T	91
20	T	91
21	Q	91
22	Q	100
23	Q	100
24	Q	91
25	Q	91
26	Q	91
27	M	91
28	M	91
29	M	100
30	M	91
31	M	82
32	M	73

#### Widersprüche (33-36)

#### Übungswidersprüche (37-39)

Durchgang	Chemikalie	richtige Lösungen [%]
33	W	64
34	W	27
35	G	64
36	G	36
37	G	82
38	W	73
39	W	45

## A 4: Ergebnisse: Zugehörigkeitsverläufe

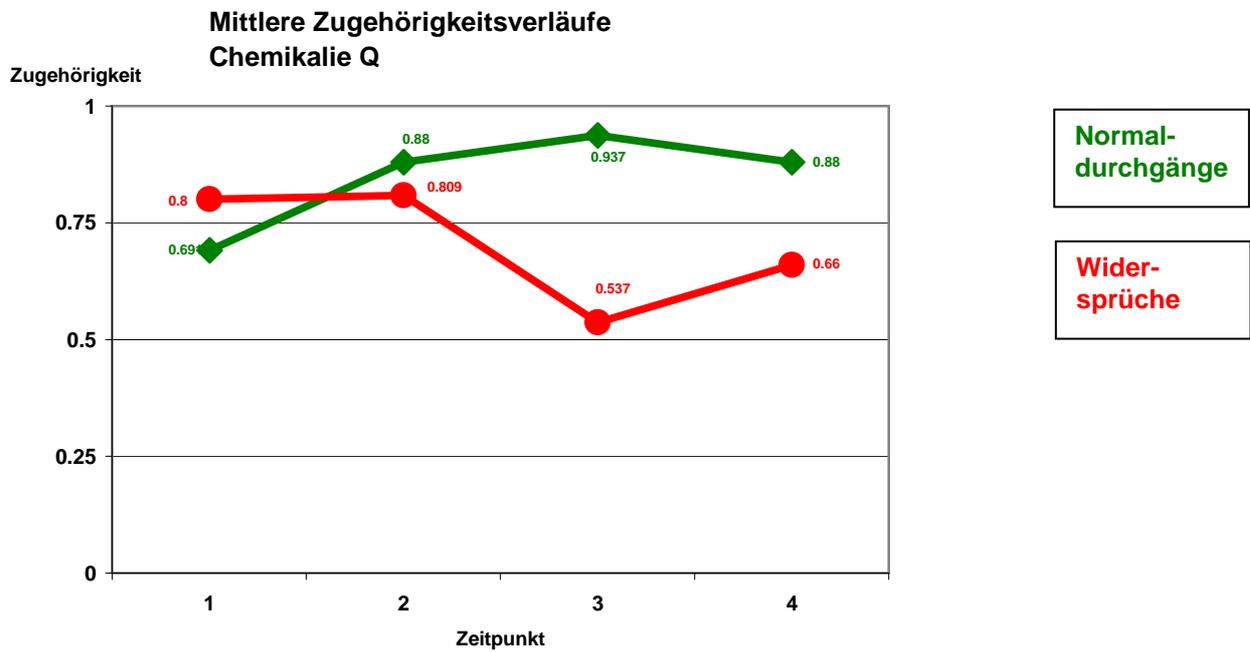


Abbildung A4.1. Mittlere Zugehörigkeitsverläufe der Normal- und Widerspruchsdurchgänge im Vergleich

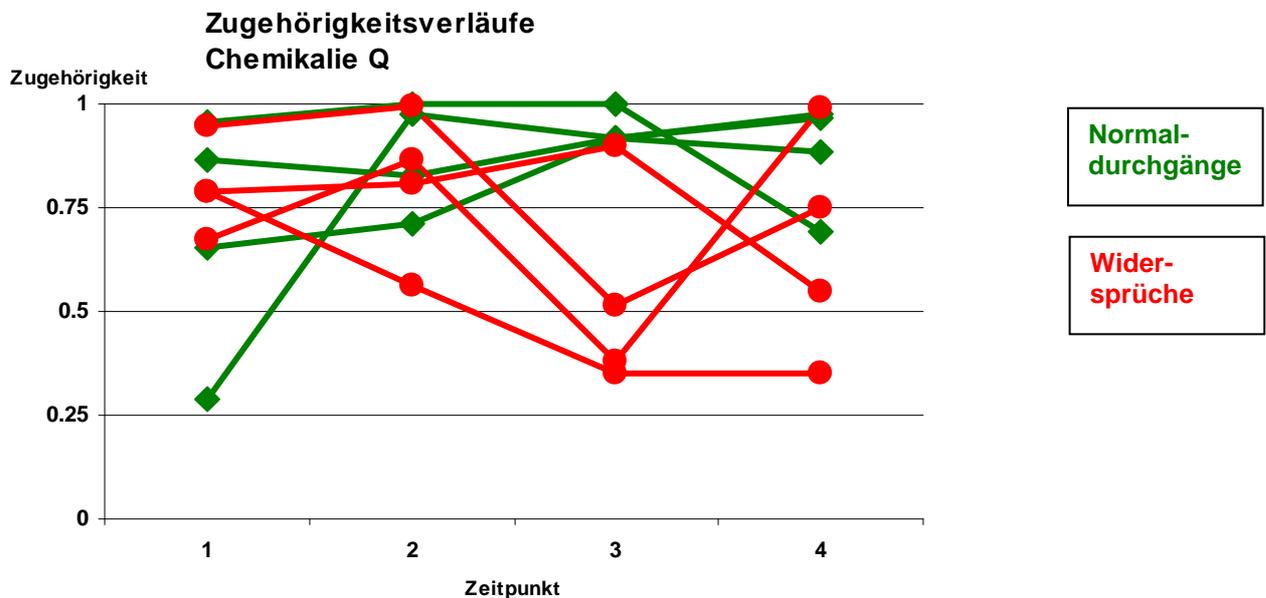


Abbildung A4.2. Zugehörigkeitsverläufe der einzelnen Normal- und Widerspruchsdurchgänge im Vergleich

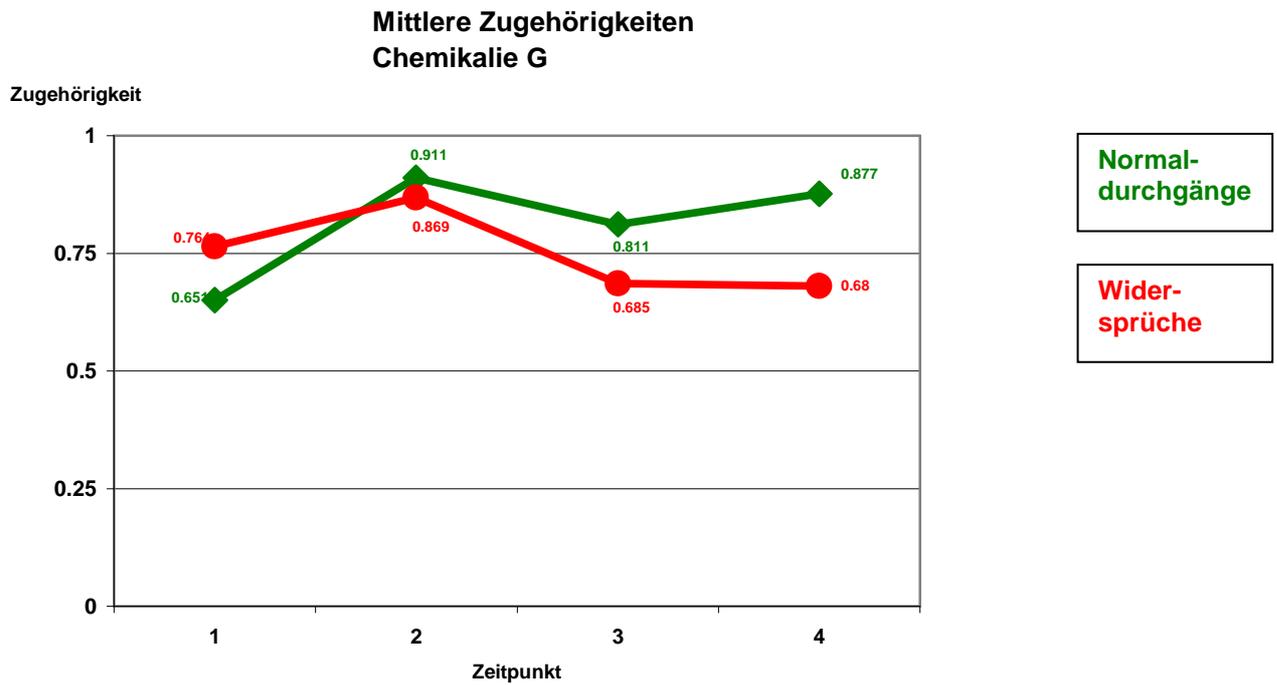


Abbildung A4.3. Mittlere Zugehörigkeitsverläufe der Normal- und Widerspruchsdurchgänge im Vergleich

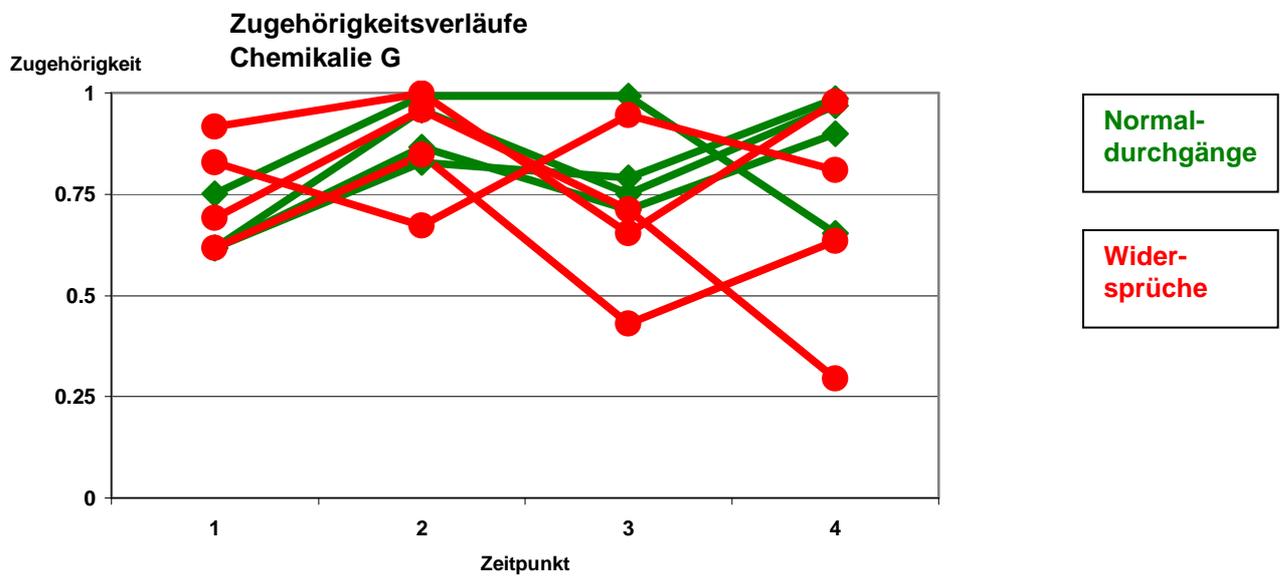


Abbildung A4.4. Zugehörigkeitsverläufe der einzelnen Normal- und Widerspruchsdurchgänge im Vergleich

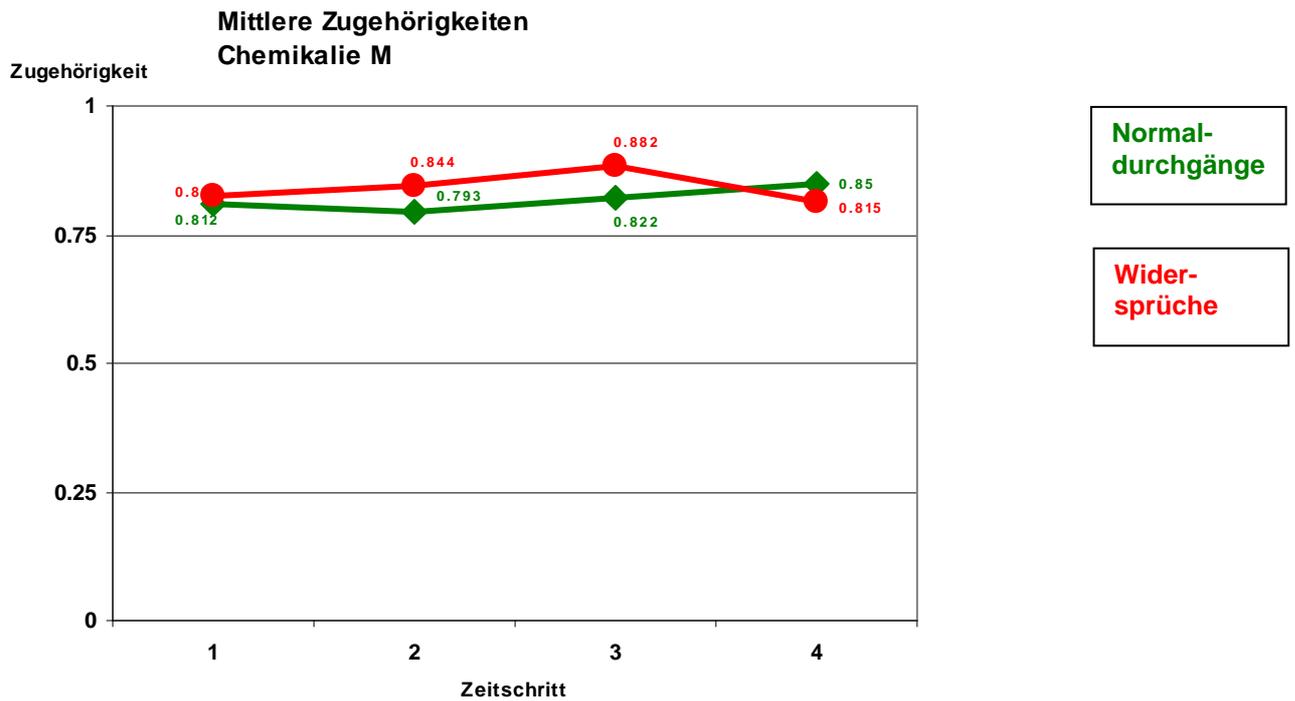


Abbildung A4.5. Mittlere Zugehörigkeitsverläufe der Normal- und Widerspruchsdurchgänge im Vergleich

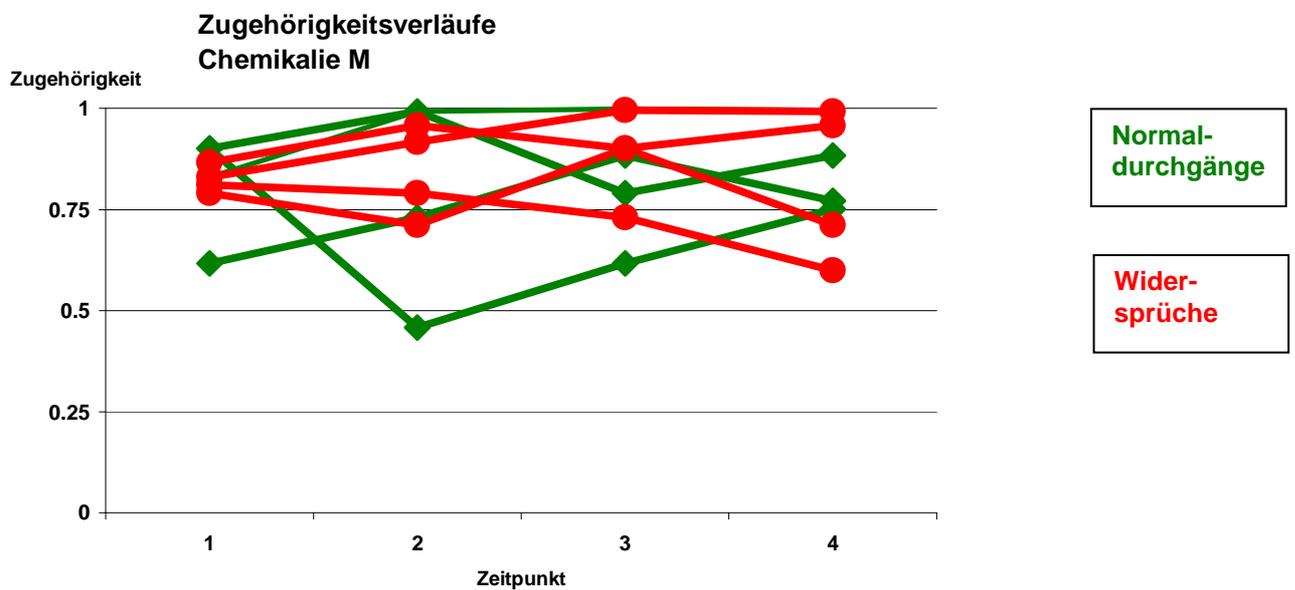


Abbildung A4.6. Zugehörigkeitsverläufe der einzelnen Normal- und Widerspruchsdurchgänge im Vergleich

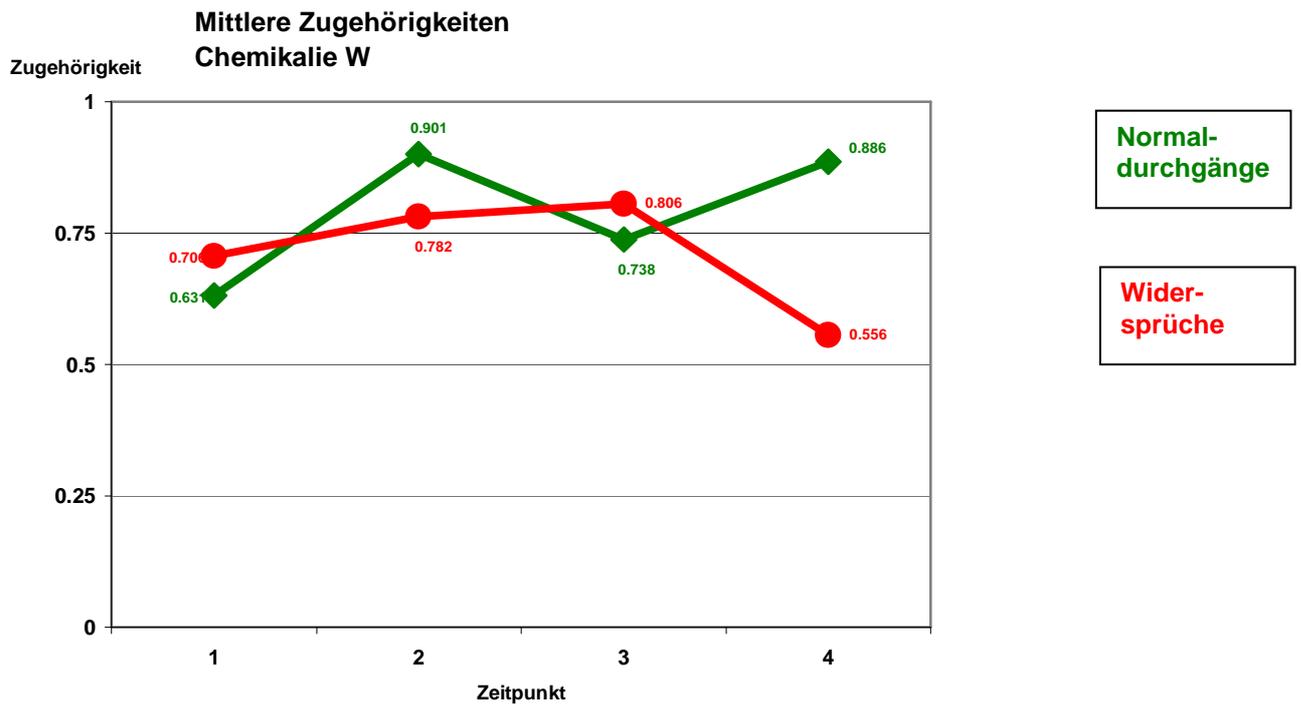


Abbildung A4.7. Mittlere Zugehörigkeitsverläufe der Normal- und Widerspruchsdurchgänge im Vergleich

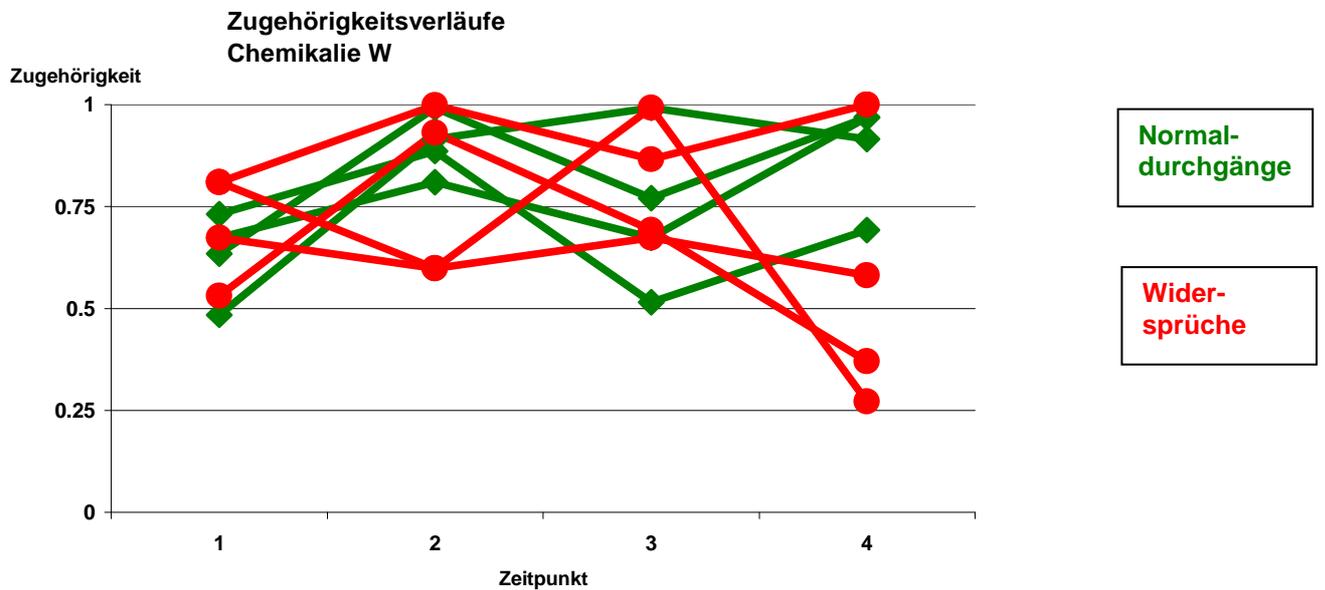


Abbildung A4.8. Zugehörigkeitsverläufe der einzelnen Normal- und Widerspruchsdurchgänge im Vergleich

## A 5: Widerspruchsdurchgang 35

Tabelle A5.1: Idealratingverlauf des Widerspruchsdurchgangs 35

Symptom	plausible Chemikalien (= Wert 7)	unplausible Chemikalien (= Wert 1)
1. starker Kopfschmerzen	B, T, M, G	W, Q
2. schwacher Husten	<b>B, T</b>	W, Q, M, G
3. starke Hautverätzung	<b>M, G</b>	B, T, W, Q
4. starke Augenreizung	G	B, T, W, Q, M

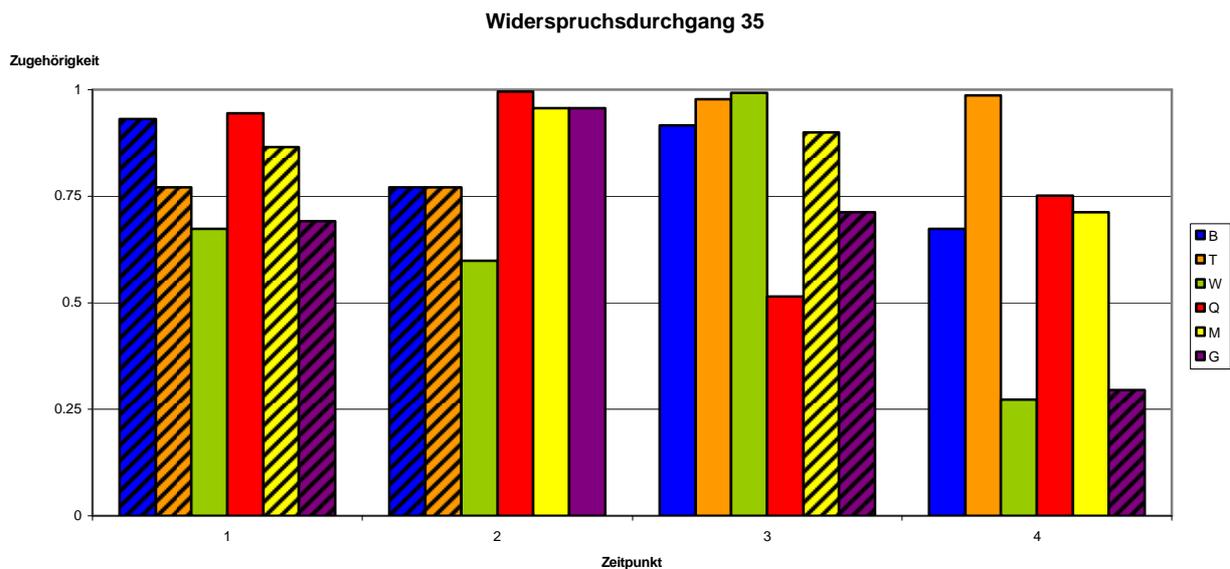


Abbildung A5.1. Zugehörigkeitswerte Widerspruchsdurchgang 35

- Quote richtiger Lösungen: **64%**
- Quote richtiger Lösungen beim vergleichbaren Normaldurchgang 24: **91%**
- angegebene Alternativlösungen:
  - **B** (18%)
  - **T** (18%)

## Widerspruchsdurchgang 36

Tabelle A5.2: Idealratingverlauf des Widerspruchsdurchgangs 36

Symptom	plausible Chemikalien (= Wert 7)	unplausible Chemikalien (= Wert 1)
1. starke Kopfschmerzen	B, T, M, G	W, Q
2. schwache Hautrötung	M	B, T, W, Q, G
3. starke Augenreizung	B, G	T, W, Q, M
4. schwache Hautverätzung	G	B, T, W, Q, M

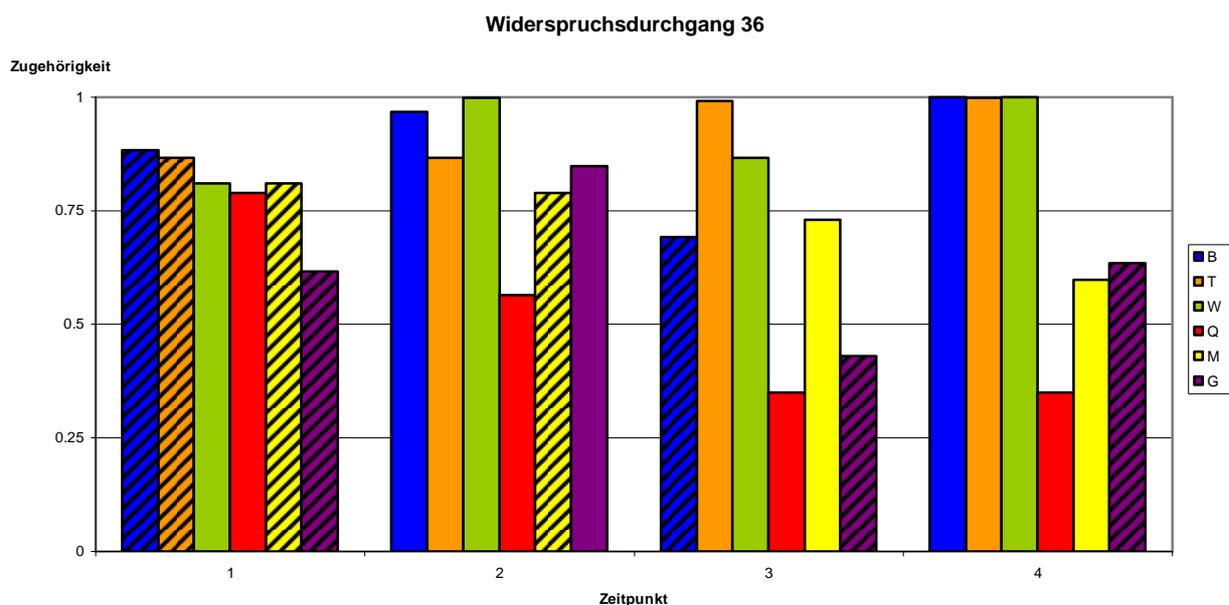


Abbildung A5.2. Zugehörigkeitswerte Widerspruchsdurchgang 36

- Quote richtiger Lösungen: **36%**
- Quote richtiger Lösungen beim vergleichbaren Normaldurchgang 25: **91%**
- angegebene Alternativlösungen:
  - **Q** (55%)!
  - **M** (9%)

## **Erklärung**

---

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Thema:

***Diagnostisches Schließen bei Widersprüchen  
Experimentelle Untersuchung und Fuzzy Pattern Modellierung***

selbstständig verfasst und keine anderen Hilfsmittel als die angegebenen benutzt habe. Die Stellen, die anderen Werken dem Wortlaut oder Sinn nach entnommen sind, habe ich in jedem einzelnen Fall durch Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht.

Chemnitz, 28.08.2006

Franziska Bocklisch