

Ein Beitrag zur Methode der ergonomischen Beurteilung des Einstiegs ausgewählter
Nutzfahrzeuge

Dem Fachbereich Maschinenbau
an der Technischen Universität Darmstadt
zur
Erlangung des Grades eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
eingereichte

D i s s e r t a t i o n

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Gunther Paul

aus Köln

D 17

Berichterstatter:

Prof. Dr.-Ing. K. Landau

Mitberichterstatter:

Prof. Dr.-Ing. B. Breuer

Tag der mündlichen Prüfung:

11. September 2001

Berichte aus der Arbeitswissenschaft

Gunther Paul

**Ein Beitrag zur Methode der ergonomischen
Beurteilung des Einstiegs ausgewählter Nutzfahrzeuge**

D 17 (Diss. TU Darmstadt)

Shaker Verlag
Aachen 2002

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Paul, Gunther:

Ein Beitrag zur Methode der ergonomischen Beurteilung des Einstiegs
ausgewählter Nutzfahrzeuge/Gunther Paul.

Aachen : Shaker, 2002

(Berichte aus der Arbeitswissenschaft)

Zugl.: Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 2001

ISBN 3-8322-0560-8

Copyright Shaker Verlag 2002

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen
oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungs-
anlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-0560-8

ISSN 1434-2677

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Arbeitswissenschaft der Technischen Universität Darmstadt.

An erster Stelle gilt mein Dank dem Institutsleiter, Herrn Prof. Dr.-Ing. Kurt Landau, der mir die Durchführung dieser Arbeit ermöglicht hat. Seine vorbehaltlose ideelle und logistische Unterstützung, vor allem aber auch die kritische Auseinandersetzung mit der Arbeit waren steter Ansporn und haben wesentlich zum Entstehen des Ergebnisses beigetragen.

Bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Bert Breuer bedanke ich mich herzlich für die Übernahme des Korreferates.

Mein besonderer Dank gilt meinem Lehrer, Herrn Prof. Dr.-Ing. Walter Rohmert, der mir durch sein persönliches Vorbild intellektuell und emotional den Zugang zur Arbeitswissenschaft öffnete. Er gab mir die ersten Impulse zur Bearbeitung eines Themas aus dem Gebiet der *Bewegungsanalyse* und hat wie kein anderer mein Verständnis arbeitswissenschaftlicher Arbeit geprägt. Durch ihn hatte ich die Möglichkeit am Institut zu arbeiten.

Herrn Wolfgang Kahlmeier, Ford Werke AG, danke ich herzlich für sein wohlwollendes Interesse an meiner Arbeit und die hilfreiche finanzielle Unterstützung in der abschließenden Versuchsphase der Arbeit.

Einige der in dieser Arbeit umgesetzten Ideen entstanden während des von der Unfallkasse Post und Telekom (UKPT) geförderten Projektes „Beurteilung der Belastungen und Beanspruchungen beim Bewegen von Handfahrzeugen auf geneigten Ebenen und beim Handhaben von Rollbehältern in Anlehnung an BK 2108“. Mit den Mitteln dieses Projektes konnte u.a. auch das zur Bewegungsanalyse erforderliche Software-System erworben werden. Herrn Dipl.-Ing. Berendonk möchte ich stellvertretend für die UKPT hierfür danken.

Alle Kollegen am Institut für Arbeitswissenschaft haben zu einer freundschaftlich geprägten und den wissenschaftlichen Zielen förderlichen Atmosphäre beigetragen. Insbesondere meine Kollegen Dr.-Ing. Karlheinz Schaub und Dr.-Ing. Juri Wakula waren stets interessierte und kritische Begleiter meiner Arbeit. Ihrer Erfahrung ist manche hilfreiche Anregung zu verdanken.

Besonders dankbar bin ich meinem Kollegen Dipl.-Ing J. Mussnug für seine freundschaftliche moralische Unterstützung in guten und schlechten Zeiten und die vielen interessanten Fachdiskussionen.

Ohne die engagierte Mithilfe von Studien- und Diplomarbeitern wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen. Hierfür gilt mein Dank besonders P. Schüssler, K. Karl, M. Hauptmann und M. Knauf sowie A. Roman, J. Bechtel, M. Walkenhorst, B. Rentrop, H. Schieferstein und D. Wiegand.

Bei meinen Versuchspersonen C. Lücking, E. Mezei, U. Wittstadt, J. Oberle, J. Kötzel, P. Reichert, A. Frosch, H. Bromberg, T. Martin und M. Joeckel bedanke ich mich für ihre geduldige und bereitwillige Unterstützung.

In der Phase der Versuchsdurchführung und -auswertung waren weiterhin Dipl.-Wirtsch.-Ing. Bernd Ringleb sowie T. Tschöp, M. Hartmann, M. Honal, C. Theuerkauf und D. Scholz wertvolle Hilfen.

Ohne den Rückhalt durch Prof. Dr.-Ing. Ralph Bruder und meinen Vater, Hartmut Paul, wäre diese Arbeit nie zustande gekommen. Bei ihnen bedanke ich mich ganz besonders herzlich, vor allem auch für das abschließende Korrektur lesen.

Meine Frau Andrea war mir ein liebevoller Ansporn und unersetzlicher Kraftquell bei der Verfassung der Arbeit. Für ihr Verständnis und ihre Hilfe danke ich ihr von Herzen.

VORWORT	I
ABKÜRZUNGEN	V
BEGRIFFE	VIII
1 PROBLEMSTELLUNG.....	1
1.1 ERKRANKUNGEN DES BEWEGUNGSAPPARATES BEI FAHRERN	1
1.2 METHODISCHE PROBLEMSTELLUNG.....	4
1.3 NATÜRLICHE BEWEGUNGEN	7
1.3.1 Definitionen und allgemeine Prinzipien.....	7
1.3.2 Beanspruchung durch Bewegung.....	11
1.4 GESTALTUNG VON FAHRZEUGEINSTIEGEN	14
1.4.1 Allgemeine Fahrzeugeinstiege	14
1.4.2 Fahrzeugeinstiege bei Fahrzeugen der Transporterklasse.....	15
1.5 EIGENER FORSCHUNGSANSATZ	15
1.5.1 Ergonomisch gestaltbare Objekte an Transportereinstiegen.....	15
1.5.2 Bewegungsanalyse zur Fahrzeugeinstiegsgestaltung	17
1.5.3 Ableitung des Forschungsbedarfs	20
1.5.4 Vorgehensweise.....	20
2 GRUNDLAGEN.....	22
2.1 DARSTELLUNG VON KÖRPERBEWEGUNGEN	22
2.2 BEWEGUNGSBEDARF VON GELENKEN	23
2.3 BIOMECHANIK DER GELENKBEWEGUNGEN IM KÖRPERMODELL.....	24
2.4 BELASTUNGSGRÖßEN UND -FAKTOREN DER KÖRPERBEWEGUNGEN.....	26
2.5 KINEMATISCH-KINETISCHE MODELLE	29
3 METHODIK.....	31
3.1 ABLAUFPLANUNG UND HYPOTHESENBILDUNG	31
3.2 VERSUCHSKONZEPT	33
3.3 THEORETISCHES BEWEGUNGSMODELL.....	34
3.4 MEßMETHODEN	38
3.4.1 Methodenübersicht.....	38
3.4.2 Methodenanforderungen	40
3.4.3 Methodeninventar.....	40
3.4.4 Meßgenauigkeit der Bewegungsmessung.....	41
3.5 METHODEN DER DATENANALYSE	45
3.5.1 Deterministische versus statistische Methoden.....	45
3.5.2 Fuzzy C-Means.....	46

3.5.3 KOHONEN-Karte	48
3.5.4 Neuro-Fuzzy und Fuzzy-KOHONEN-Clustering Network.....	49
3.5.5 Analyse dynamischer Daten.....	51
3.6 AUSWAHL VON TRANSPORTERFAHRZEUGEN.....	52
3.7 INHALT UND ABLAUF DER VORVERSUCHE	54
3.7.1 Erste Voruntersuchungen im Feld.....	54
3.7.2 Erweiterte Voruntersuchungen im Labor.....	55
3.8 INHALT UND ABLAUF DER HAUPTUNTERSUCHUNG	57
3.8.1 Probandenkollektiv.....	57
3.8.2 Versuchsparameter.....	60
3.8.3 Transporter-Sitzkiste	61
3.8.4 Versuchsplanung	64
3.8.5 Versuchsablauf.....	65
3.9 INTEGRIERTE BEWEGUNGSANALYSE ZUR BELASTUNGSERMITTLUNG (IBB).....	66
3.9.1 Bewegungsmessung	66
3.9.2 Kraftmessung.....	69
3.9.3 Meßprogramm.....	70
3.9.4 Zeitsynchronisierung.....	71
3.10 ERMITTLUNG VON BEANSPRUCHUNGS- UND EIGENZUSTANDSREAKTIONEN.....	72
3.10.1 Räumlicher Diskomfort	72
3.10.2 Eigenzustandsskalierung (EZ).....	73
3.10.3 CR-10 Skala.....	73
3.10.4 Körperhaltungsdiskomfort	74
3.11 BEURTEILUNG.....	75
3.11.1 Fuzzy Regelbasis	75
3.11.2 Klassifizierung.....	79
4 ERGEBNISSE	83
4.1 VORUNTERSUCHUNGEN	83
4.2 ANALYSE DER SUBJEKTIVEN BEANSPRUCHUNG	87
4.2.1 Beanspruchung auf der CR-10 Skala.....	87
4.2.2 Räumlicher Diskomfort	88
4.2.3 Körperhaltungsdiskomfort	92
4.2.4 Eigenzustandsskalierung.....	94
4.3 BIOMECHANISCHE BELASTUNG.....	95
4.3.1 Kinematische Analyse	95
4.3.2 Kinetische Analyse	114
4.3.3 Intraindividuelle Bewegungsvarianz.....	118
4.3.4 Ermittlung der maximalen biomechanischen Belastung.....	119
4.4 BEWEGUNGSKLASSIFIKATION	123
4.4.1 Bewegungsphasen	123

4.4.2 Klassenbildung mit Fuzzy C-Means.....	126
4.4.3 Bestimmung der Bewegungsgüte.....	127
5 DISKUSSION	129
5.1 HYPOTHESENBEWERTUNG	129
5.2 METHODISCHE DISKUSSION DER ERGEBNISSE.....	131
5.3 ABLEITUNG VON GESTALTUNGSREGELN FÜR DEN FAHRZEUGEINSTIEG.....	136
6 ZUSAMMENFASSUNG	139
7 ANHANG.....	141
7.1 ANATOMISCHE BEWEGLICHKEITSBEREICHE.....	141
7.2 BIOMECHANISCHE GRÖßEN.....	145
7.3 KONVENTIONEN DER FUZZY LOGIK	147
7.4 FRAGEBOGEN „ANTHROPOMETRISCHE UND PERSONENBEZOGENE DATEN“ UND „ANAMNESE“.....	149
7.5 FRAGEBOGEN ZUR ERMITTLUNG DER SUBJEKTIVEN BEANSPRUCHUNG	153
7.6 ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	154
7.7 TABELLENVERZEICHNIS	156
7.8 LISTE VON BEITRÄGEN.....	158
7.9 LITERATUR	159

Abkürzungen

<i>ABB</i>	Arbeitsbeschreibungsbogen (NEUBERGER / ALLERBECK 1978)
<i>AHSF</i>	Arbeitsherzschlagfrequenz
<i>ANOVA</i>	Analysis of Variance (Varianzanalyse)
<i>APAS</i>	Ariel Posture Analysis System
<i>API</i>	Application Programmer Interface
<i>BI</i>	Beweglichkeitsindex
<i>BK</i>	Berufskrankheit
<i>BeKV</i>	Berufskrankheitenverordnung
<i>BKZ</i>	Berufskennzeichnung
<i>BWS</i>	Brustwirbelsäule
<i>CAD</i>	Computer Aided Design
<i>CCD</i>	Charge Coupled Device
<i>CR</i>	Category Ratio (BORG, 1990)
<i>DLT</i>	Direct Linear Transformation
<i>EA</i>	Elektrische Aktivität. Beanspruchungsmaß, abgeleitet aus Muskelaktionspotentialen im Elektromyogramm
<i>EKG</i>	Elektrokardiogramm
<i>EMG</i>	Elektromyogramm
<i>EZ</i>	Eigenzustand (NITSCH 1976)
<i>f</i>	Bewegungsfrequenz
<i>F</i>	Kraft
<i>FCM</i>	Fuzzy C-Means Algorithmus
<i>FEM</i>	Finite Elemente Modell
<i>FKCN</i>	Fuzzy Kohonen Clustering Network. Typus eines fuzzy-neuronalen Netzwerkes, der Eigenschaften von Fuzzy C-Means und Kohonen Karte integriert
<i>fps</i>	Frames per second (Bilder pro Sekunde)
Γ	Bewegungsgüte
<i>G</i>	Anforderungsmatrix
<i>GB</i>	Klasse Gering Beanspruchend
<i>H</i>	Hüftwinkel
<i>H-AET</i>	Arbeitswissenschaftliches Erhebungsverfahren zur Tätigkeitsanalyse - Haltungsspezifisches Supplement (ROHMERT ET AL. 1979)
<i>HB</i>	Klasse Hoch Beanspruchend
<i>H-Punkt</i>	Hüftpunkt
<i>HSF</i>	Herzschlagfrequenz. Beanspruchungsmaß abgeleitet aus dem Elektrokardiogramm

<i>HVBG</i>	Hauptverband der Berufsgenossenschaften
<i>HvL</i>	Heben und Tragen von Lasten
<i>IBB</i>	Integrierte Bewegungsanalyse zur Belastungsermittlung
<i>ICD</i>	International Classification of Diseases
<i>ILO</i>	International Labour Organization
<i>I/O</i>	Input-Output
<i>K</i>	Komponente
<i>Kfz</i>	Kraftfahrzeug
<i>KNN</i>	Künstliches Neuronales Netz
<i>Lkw</i>	Lastkraftwagen
<i>LMM</i>	Lumbar Motion Monitor (MARRAS ET AL. 1993)
<i>LSB</i>	Least Significant Bit
<i>LWS</i>	Lendenwirbelsäule
<i>m.</i>	musculus bzw. Muskel
<i>m</i>	Exponent
<i>M</i>	Moment
<i>MA</i>	Moving Average
<i>max</i>	Maximum
<i>MDS</i>	Meßdaten Synchronisationsmodul
<i>min</i>	Minimum
<i>MS</i>	Microsoft™
<i>MTM</i>	Methods Time Measurement (MAYNARD ET AL. 1948)
<i>n, N</i>	Anzahl
<i>Nfz</i>	Nutzfahrzeug
<i>OWAS</i>	OVAKO Working Posture Analysis System (KARHU ET AL. 1977)
Ψ	Hüftwinkel
<i>p</i>	Signifikanzniveau
<i>P1</i>	1. Perzentil
<i>P99</i>	99. Perzentil
<i>PI</i>	Ponderalindex (KRETSCHMER 1961)
<i>Pkw</i>	Personenkraftwagen
<i>r</i>	Korrelationskoeffizient
<i>RMS</i>	Root Mean Square. Effektivwert einer Größe. $y_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_t^{t+T} y^2(t) dt}$
<i>RPE</i>	Ratio of Perceived Excretion (BORG 1990)
<i>RVO</i>	Reichsversicherungsordnung
<i>SAE</i>	Society of Automotive Engineers

<i>SOFM</i>	Self Organizing Feature Maps. Neuronale Netzarchitektur von Kohonen ohne Ausgabeschicht
<i>SRP</i>	Sitzreferenzpunkt
Θ	Rumpfwinkel
<i>VBA</i>	Visual Basic for Applications
<i>VIB</i>	Videoanalyse mit integrierter Beanspruchungsanalyse (FLEISCHER 1998)
<i>VP</i>	Versuchsperson
<i>WS</i>	Wirbelsäule
<i>ZNS</i>	Zentrales Nervensystem
*	Korrelation ist auf dem Niveau $p < 0,05$ signifikant
**	Korrelation ist auf dem Niveau $p < 0,01$ hoch signifikant

Begriffe

Abduktion : Vom Körper weg. Anatomische Bewegungsrichtung (Platzer, 1991)

Adduktion : Zum Körper hin. Anatomische Bewegungsrichtung (Platzer, 1991)

Anforderungsmatrix \mathbf{G}_n , $n = 1..8$: Kombination von Parametereinstellungen für Einstiegsbreite, Einstiegshöhe und Tritthöhe

Aktivierungsfunktion f_{akt} : Funktioneller Zusammenhang zwischen dem Eingabewert und dem aktuellen Aktivierungszustand eines Neurons, womit der neue Aktivierungszustand errechnet wird

Aktivierungszustand $a_i(\mathbf{T})$: Maß für die Aktivierung eines künstlichen Neurons. Abstraktion des Potentials am Axonansatz einer biologischen Nervenzelle

Anstrengung: Subjektive Empfindung einer durch eine objektiv beschreibbare Belastung verursachte physiologisch zu verstehende Beanspruchung (Rohmert et al., 1975)

Ausgabefunktion f_{aus} : Aus dem Aktivierungszustand eines Neurons wird das Ausgangssignal mittels der Ausgabefunktion berechnet. Üblich sind Schwellwertfunktionen

Ausgabevektor : Ausgangssignal, welches bei neuronalen Netzen an der Ausgabeschicht anliegt

Beanspruchung : Alle durch unterschiedliche individuelle Eigenschaften und Fähigkeiten bedingten Auswirkungen von Belastung auf den Menschen (Rohmert et al., 1975)

Belastung : Die Summe aller auf den Menschen einwirkenden Faktoren der Arbeit, die sowohl über das rezeptorische System (Sinnesorgane) wahrgenommen werden und / oder Anforderungen an das effektorische System (Muskeln) stellen (Rohmert et al., 1975)

Bestärkendes Lernen : Es wird keine gewünschte Ausgabe vorgegeben sondern nur informiert, ob die Ausgabe, die das neuronale Netz produziert, richtig oder falsch ist. Gegebenenfalls wird der Grad der Richtigkeit mitgeteilt. Zielwerte für das Ausgabeneuron sind somit nicht vorhanden. (Göhner, 1995)

Bewegung : Ortsveränderung eines Körpers mit fortschreitender Zeit. Die Größe der Bewegung eines Körpers wird durch den Impuls bestimmt (Wiemann, 1979)

Bewegungselement : Teilstück des Bewegungsablaufs, das als nicht mehr zu unterteilende Bewegungseinheit empfunden und ausgeführt wird. (Schott, 1974b)

Bewegungsgüte Γ : Beanspruchungsmaß, abgeleitet aus Bewegungsklassifikation

Codebuchvektor : Gewichtsvektor. Vektor der Verbindungsgewichte eines Neurons zum Eingabevektor einer KOHONEN-Karte

Deduktiver Ansatz der Arbeitswissenschaft : Bestimmung der Beanspruchung als abhängige Variable aus einer funktionalen Verknüpfung gemessener Belastungsgrößen und individueller Eigenschaften (Rohmert et al., 1975)

Deduktion : Ableitung von Aussagen aus anderen gültigen bzw. als gültig vorausgesetzten Aussagen und Bedingungen (Barham, 1982)

Diskomfort : Maß kummulierter oder spontaner subjektiver Beanspruchung

Eingabevektor \mathbf{X}_k : Datenobjekt (Zeile), bestehend aus Ausprägungen von Eingangsmerkmalen (Spalten)

Euklidischer Abstand : Bei intervallskalierten Merkmalen übliches Abstands- bzw. Ähnlichkeitsmaß zweier Objekte (Bortz, 1999)

Extension : Streckung. Anatomische Bewegungsrichtung (Platzer, 1991)

Flexion : Beugung. Anatomische Bewegungsrichtung (Platzer, 1991)

Fuzzy Menge : Unscharfe Menge. Über einer reellwertigen Zugehörigkeitsfunktion definierte Menge (Rojas, 1993)

Fuzzy Regelbasis : Auf Fuzzy Mengen definiertes Produktionsregelwerk (WENN-DANN Regeln), welches nicht geschlossen mathematisch formulierbares Expertenwissen repräsentiert

Gewichtsvektor $w_{ij}(\mathbf{T})$: Die Gewichte der n an einem Neuron eintreffenden Eingabeleitungen bilden die Komponenten seines Gewichtsvektors (Rojas, 1993)

Gewinner-Neuron : Neuron, dessen Gewichtsvektor einen minimalen (euklidischen) Abstand zum Eingabevektor aufweist

Grundwert der Bewegungsgeschwindigkeit : Normale Bewegungsgeschwindigkeit im Bereich optimaler Muskelspannung von 0,4 - 1 kg/cm², was ca. 10% der maximalen Muskelspannung entspricht (Stier, 1959/1968)

Induktiver Ansatz der Arbeitswissenschaft : Bestimmung der Beanspruchung aus der Messung geeigneter physiologischer Indikatorgrößen (Rohmert et al., 1975)

Induktion : Schließen auf der Grundlage von Untersuchungen wesentlicher Merkmale eines bestimmten Teils einer Klasse auf alle Gegenstände oder einen anderen Teil dieser Klasse (Barham, 1982)

Kinesiologie : Wissenschaft menschlichen Bewegungsverhaltens (Barham, 1982)

Kohonen-Karte : Topologieerhaltende, selbstorganisierende Architektur eines neuronalen Netzes nach Teuvo Kohonen (Rojas, 1993)

Komfort : Komfort ist die Abwesenheit von Diskomfort (Hertzberg, 1958)

Körperhaltung : Bewegungsvarianten innerhalb der Körperstellungen, Spezifizierung der Körperstellungen

Körperstellung : Übergeordnete Grundstellung des Körpers, die als längerdauernde Ruhestellung geeignet ist. Anfangs- oder Endpunkt einer Bewegung

Labeling : Zuordnung einer Bedeutung zu einem Neuron (Zimmermann, 1995)

Lernradius : Räumliches Distanzmaß, das den Bereich abhängiger Neuronen einer Kohonen-Karte eingrenzt (Nachbarschaftszone)

Lernrate ϵ : Anpassungsmaß für den Rückkopplungsfaktor

Lernregel : Algorithmus, gemäß dem das neuronale Netz lernt, für eine vorgegebene Eingabe eine gewünschte Ausgabe zu produzieren (Göhner, 1995)

Modell : Die Abbildung und Verknüpfung der für wesentlich gehaltenen Elemente eines Forschungsgegenstandes oder technisch / organischer Vorgänge (Hammer, 1997)

Propagierungsfunktion $\mathbf{net}_i(\mathbf{T})$: Netzeingabe. Summe der gewichteten Eingangsmerkmale

Rückkopplungsfaktor $\mathbf{r}_{ij}(\mathbf{T})$: Faktor, der die räumliche Abhängigkeit von Neuronen in einer Kohonen-Karte bestimmt

- Schwellwert* Σ_i : Wert, der zur Änderung des Aktivierungszustands überschritten werden muß
- Simulation* : Dient im Zusammenhang mit der Modellbildung der Verdeutlichung bzw. der Präsentation von Modellverhalten (Perl, 1997)
- Synergetik* : „Die Lehre vom Zusammenwirken; selbständiges Entstehen von geordneten Strukturen durch nicht-lineare Wechselwirkung von Subsystemen“ (Haas, 1995)
- Topologie eines Netzes* : Geschichtete Neuronen- und Verbindungsstruktur neuronaler Netze
- Training eines Netzes* : Anpassung der Gewichtsvektoren von Neuronen entsprechend dem Trainingsmuster
- Trainingsmuster* : Eingabevektor, der zum Training eines neuronalen Netzes verwendet wird
- Überwachtes Lernen* : Vorgang, wonach ein Lehrer zu jedem Eingabevektor den korrekten Ausgabevektor angibt. Durch die Adaption der Verbindungsgewichte wird die Differenz zwischen tatsächlicher und gewünschter Ausgabe minimiert
- Unüberwachtes (selbstorganisiertes) Lernen* : Dem Netz werden keine erwünschten Ausgaben vorgegeben. Lernen erfolgt durch Selbstorganisation. Der Lernalgorithmus versucht selbständig, Cluster ähnlicher Eingabevektoren zu identifizieren und diese auf Gruppen ähnlicher oder benachbarter Neuronen abzubilden (Göhner, 1995)
- Verbindungsgewicht* : Angabe, wie ein Signal zwischen zwei Neuronen verändert wird
- Zugehörigkeitsfunktion* : Funktion, die den Zugehörigkeitsgrad einer unscharfen (fuzzy) Menge zu einer reellwertigen Menge bestimmt