

RELATIONSANALYSE

Ein Verfahren zur Analyse, Exploration und
Prüfung von multivariaten und
multifunktionalen Hypothesen und Daten

Rainer Maderthaner

*Institut für Psychologische Grundlagenforschung
Fakultät für Psychologie
Universität Wien*

Gliederung

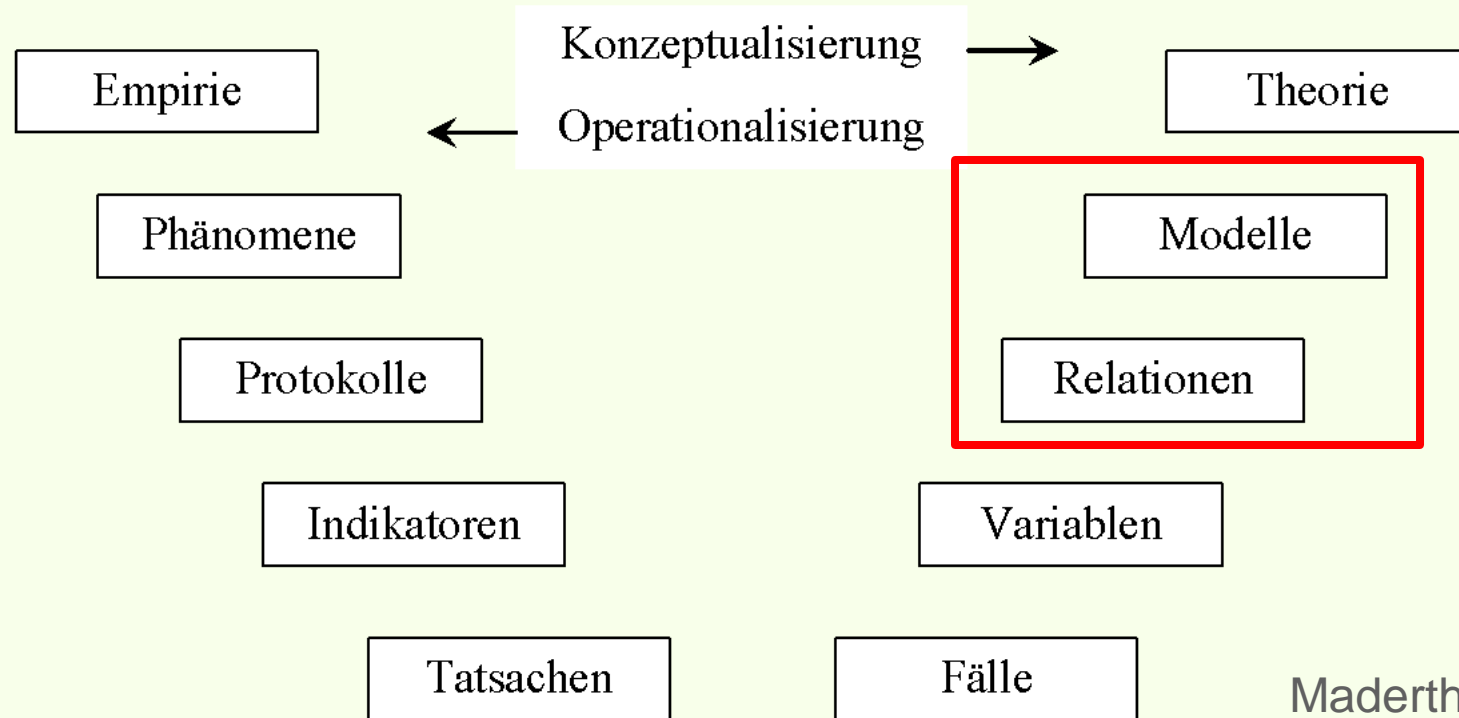
1. Einleitung: Modellkomplexität / Variablenrelationen
2. Grundvoraussetzungen für Kausalanalysen
3. Kurzcharakteristik der Relationsanalyse
4. Auswertungsbeispiele
5. Resümee

Thematik

EMPIRISCHES SYSTEM

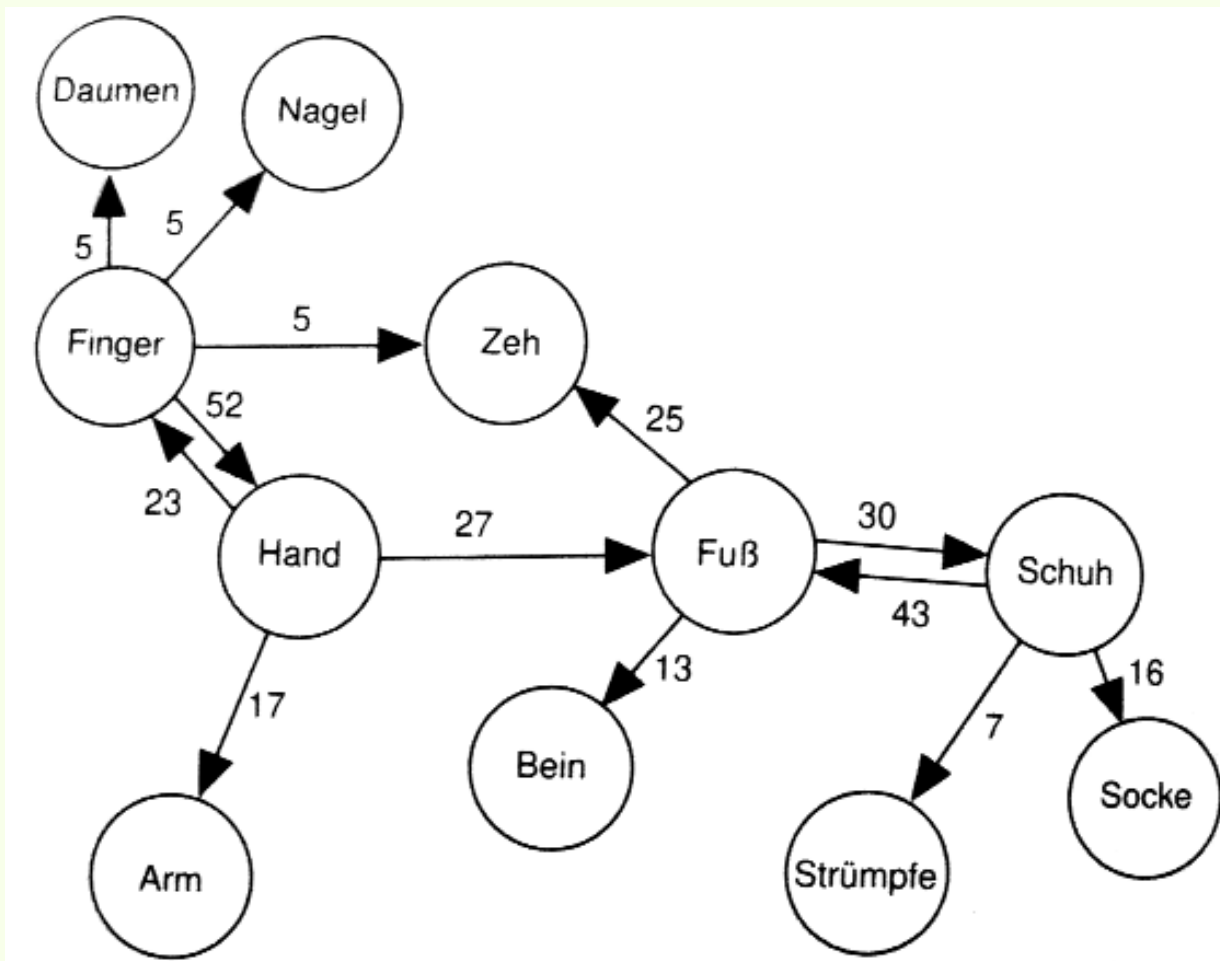
KORRESPONDENZSYSTEM

THEORETISCHES SYSTEM



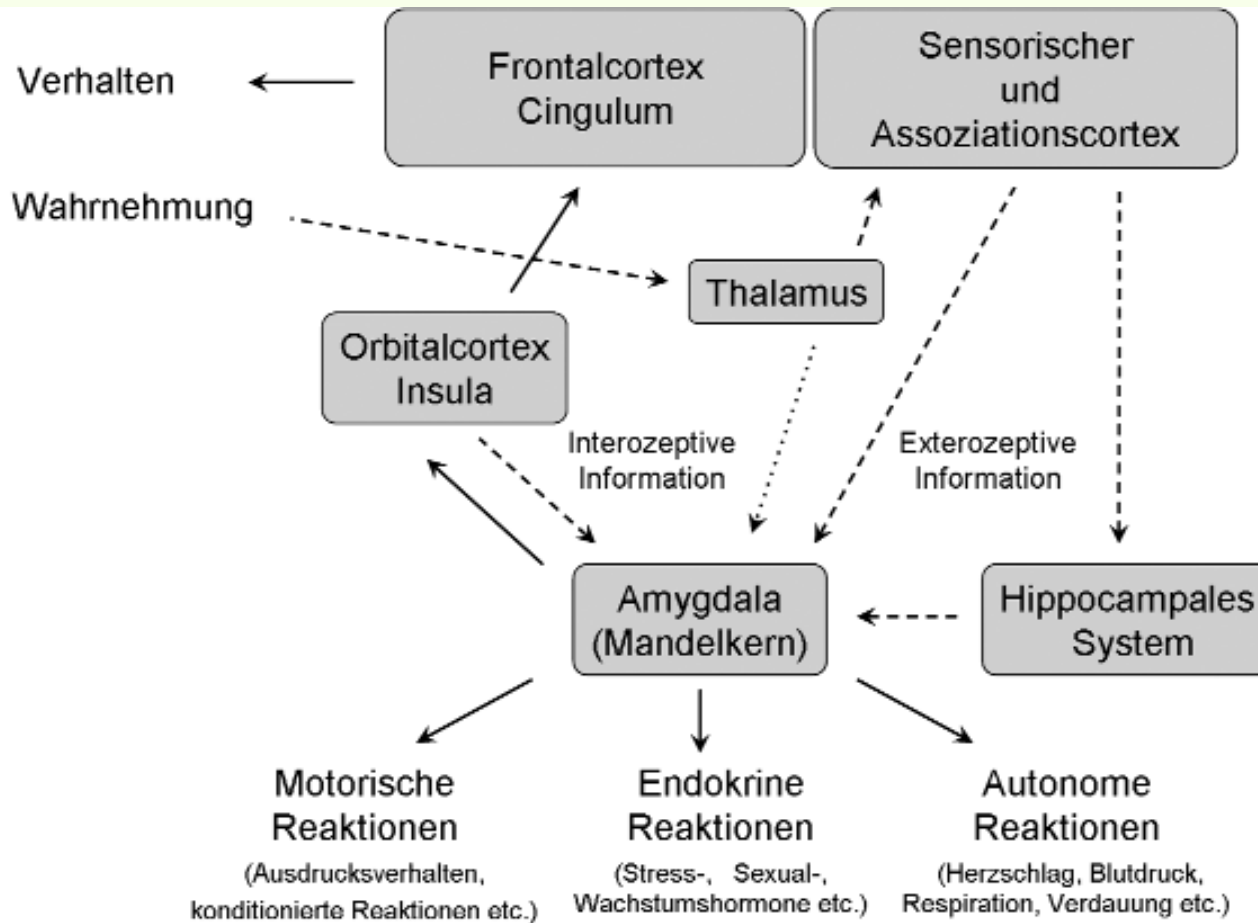
Maderthaner
(2010, S. 55).

Modellbeispiel: Kognitive Psychologie



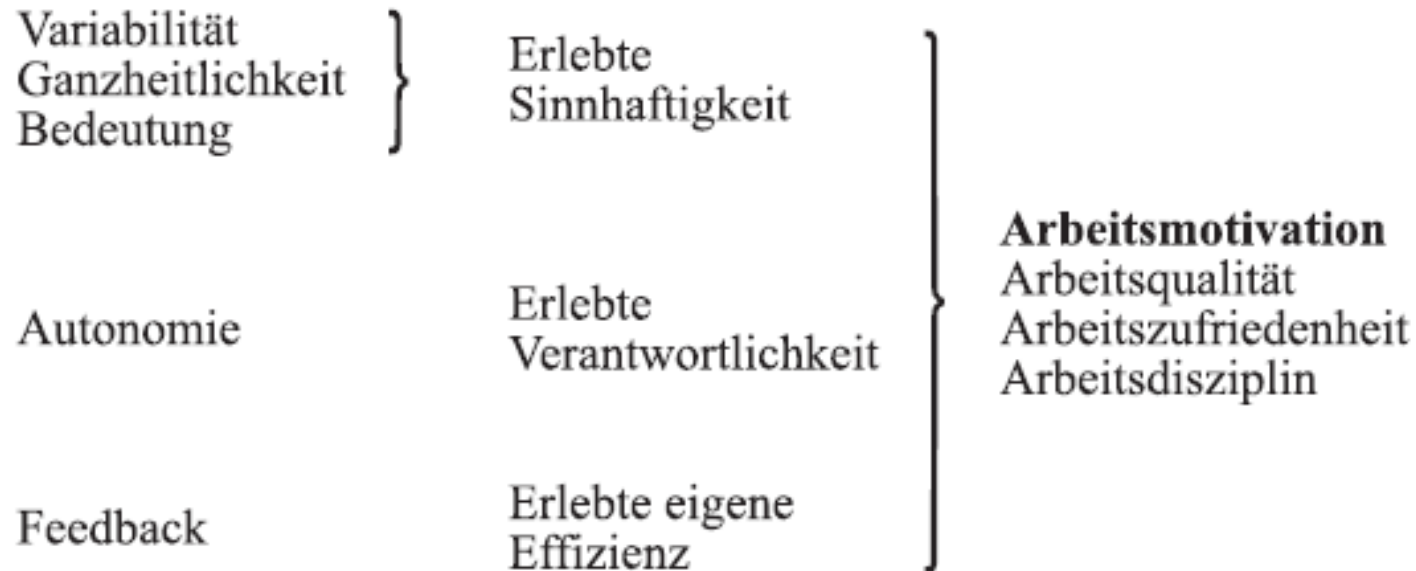
Durchschnittliche Assoziationshäufigkeit zwischen verschiedenen Begriffen (Palermo & Jenkins, 1964; aus Maderthaner, 2010, S. 224).

Modellbeispiel: Physiologische Psychologie



Verarbeitungspfade von emotionalen Informationen im Gehirn
 (In Anlehnung an LeDoux, 1995; Derryberry & Tucker, 1992; Barrett et al., 2007 und Bechara et al., 2000; Maderthaner, 2010, S. 305)

Modellbeispiel: ABO-Psychologie



Faktoren für Arbeitsmotivation und Arbeitszufriedenheit („Job Characteristics Model“ von Hackman & Oldham, 1976; Maderthaner, 2010, S. 327)

Hohe Komplexität psychischer Prozesse

Psychische Prozesse haben zumeist ...

... viele **Voraussetzungen**

... viele **Ursachen**

... viele **Auswirkungen**

... viele **Wechselwirkungen**

Sind die psychologischen Modelle und die verwendeten statistischen Verfahren der Komplexität psychischer Strukturen und psychischer Prozesse angepasst?

Kriterien für wissenschaftliche Statements

- Wenn – Dann – Aussagen (Implikationen, Konditionale)
- Verifizierbarkeit (Falsifizierbarkeit)
- Widerspruchsfreiheit (“intern” und “extern”)
- Konsensus (innerhalb der Scientific Community)

(Bortz und Döring, 1995; s. auch Maderthaner, 2010)

Eignen sich die statistischen Auswertungsmethoden der Psychologie, ...

- Implikationen zu verifizieren,
- Widerspruchsfreiheit zu prüfen und den
- Konsensus innerhalb der Wissenschaftler zu fördern?

Präferiertes Assoziationsmaß: Korrelation

Seit dem Jahr 1888, als Sir Francis Galton den Korrelationskoeffizienten eingeführt hatte, wurde dieses Maß in vielen Millionen biologischer, soziologischer, medizinischer und psychologischer Studien eingesetzt.

Viele komplexe statistische Auswertungsmethoden, wie Faktorenanalyse, Regressionsanalyse oder Strukturgleichungsanalyse („Kausalmodelle“), basieren ebenfalls auf dem Korrelationskoeffizienten

Gravierende Schwächen des Korrelationskoeffizienten

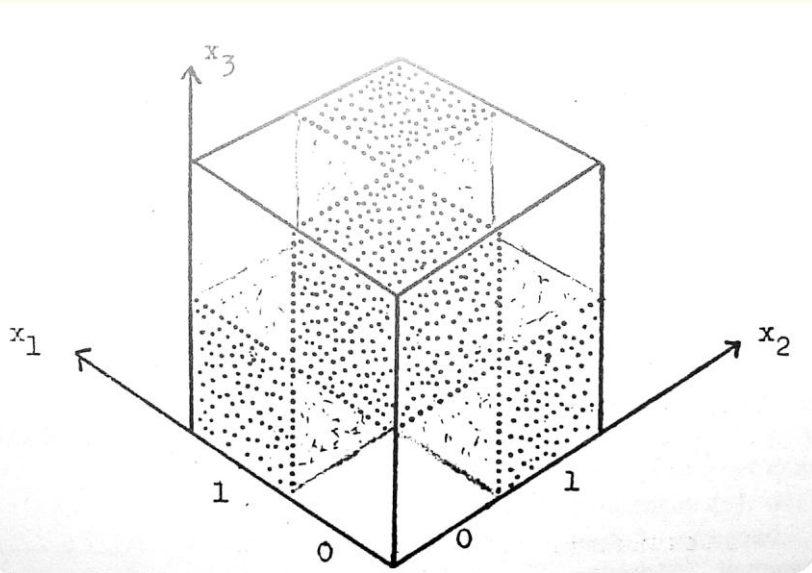
VORAUSSETZUNGEN UND BESCHRÄNKUNGEN

- Bivariate Variablenrelationen
- Lineare Variablenfunktionen
- Symmetrische (normalverteilte) Verteilungen

METHODISCHE NACHTEILE

- **Richtungslose Assoziation** (Keine Implikationsbeziehung!)
- **Geringe Effektstärken** ($r = 0.5$, d.h. 25% Erklärung wird bereits als „groß“ bezeichnet; Cohen, 1988)
- **Mangel an Robustheit** (durch schiefe Stichprobenverteilungen)
- **Wechselwirkungs-Artefakte** (“Meehl’s Paradoxon”)

Wechselwirkungs-Artefakte: Meehl's Paradoxon



(Krauth & Lienert, 1973, S. 19)

	B = 0	B = 1
A = 0	0	10
A = 1	10	0

C = 0

	B = 0	B = 1
A = 0	10	0
A = 1	0	10

C = 1

$r = -1.0$

$r = +1.0$

$r = 0.0$

In den meisten Korrelationsstudien werden weder die Voraussetzungen, noch die Beschränkungen oder Wechselwirkungen geprüft

Methode multivariater Assoziationsanalysen: KFA

Tabelle 1: Konfigurationsfrequenzen des LSD-Versuches

B	D	A	f_{ijk}	e_{ijk}	$\chi^2_{ijk} = (f-e)^2/e$	Typ
+	+	+	20	12,506	4,491*	trisymp.
+	+	—	1	6,848	4,995	
+	—	+	4	11,402	4,805	
+	—	—	12	6,244	5,306*	monosymp.
—	+	+	3	9,464	4,415	
—	+	—	10	5,182	4,479*	monosymp.
—	—	+	15	8,629	4,704*	monosymp.
—	—	—	0	4,725	4,725	

$$\chi^2 = 37,920 \text{ mit } 2^3 - 3 - 1 = 4 \text{ Fgn}$$

(Krauth & Lienert, 1973, S. 21)

Erfassung der Häufigkeiten aller Ausprägungskombinationen der Variablen und Vergleich mit ihren Erwartungswerten („Typen“, Antitypen“)

Ansätze nicht-korrelativer Assoziationsanalysen

Bayesian Analysis (Edwards, Lindman, & Savage, 1963; Phillips, 1974)

Latent Class Analysis (Lazarsfeld & Henry, 1968; Goodman, 1974)

Konfigurationsanalyse (KFA, CFA, Krauth & Lienert, 1973; ...)

Inductive Item Tree Analysis (van Leeuwe, 1974; Schrepp, 2003, 2006)

Boolean Analysis (Flament, 1976; Buggenhaut & Degreeef, 1987)

Abbildung von Lernwegen (Kleiter & Petermann, 1977)

Prädiktionsanalyse (Hildebrand, Laing, & Rosenthal, 1977; Eye, 1991)

Hypothesen-Agglutination (HYPAG, Wottawa, 1979)

Aussagenlogische Analyse von Kontingenztafeln (Eye & Brandstätter, 1984, 1986)

Wissenschaftliches Hauptziel: Kausalanalysen

KAUSALPRINZIP

Obwohl sich Kausalitäten in komplexen physikalischen, chemischen, biologischen, psychologischen, soziologischen, wirtschaftlichen, ökologischen Forschungsfeldern Kausalbeziehungen oft nur schwer nachweisen lassen, darf wohl die Tendenz, nach **Ursachen** und **Wirkungen** zu suchen als wichtigste **Leitlinie empirischen Forschens** bezeichnet werden.

Wichtige Grundvoraussetzungen für Kausalanalysen

- Zwischen “Ursache” und “Wirkung” muss eine **implikative Relation** gegeben sein (Wenn-Dann-Beziehung)
- Die “Ursache” muss **vor** der “Wirkung” stattfinden
- Von der “Ursache” zur “Wirkung” muss eine **Wirkungsübertragung** plausibel sein (ansonsten Fehlschluss: “Post hoc, ergo propter hoc”)

Eine Ursache-Wirkungs-Interpretation für zwei Ereignisse erfordert eine Implikationsbeziehung und eine plausible Wirkungsbeziehung zwischen ihnen

Theoretische Basis: Aussagenlogik

Vinterme	A	B	$A \wedge B$	$A \vee B$	$A \rightarrow B$	$A \leftrightarrow B$	$A \times B$
1	0	0	0	0	1	1	0
2	0	1	0	1	1	0	1
3	1	0	0	1	0	0	1
4	1	1	1	1	1	1	0

Junktoren : Kojunktion (\wedge , “und”)

Adjunktion, Disjunktion (\vee , “oder”)

Implikation, Subjunktion (\rightarrow , “wenn ... dann ...”)

Bijunktion (\leftrightarrow , “wenn, und nur wenn ... dann ...”)

Die Aussagenlogik erlaubt eine Formulierung implikativer und multifunktionaler Beziehungen zwischen binären Variablen

Theoretische Basis: Prädikatenlogik

DEDUC-Wissenrepräsentation

Anton, Berta, Charlie, Dora **is** Person.

Brot, Wurst, Käse, Kartoffeln **is** Nahrung

if hungrig(Person) **and** verfügbar(Nahrung)
then essen(Person, Nahrung), **not** hungrig(Person).

if erforderlich(Mittel, Ziel) **and not** verfügbar(Mittel)
and möglich(Aktion, Mittel)
then erforderlich(Aktion, Mittel).

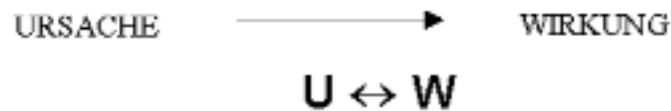
prem hungrig(Berta), **not** verfügbar(Nahrung),
not verfügbar(Geld), **not** verfügbar(Kauf).

H. Bossel, B. Hornung, K.F. Müller-Reissmann (1989)

Mittels Prädikatenlogik können Relationen zwischen Variablen (Prädikaten) noch differenzierter als aussagenlogisch dargestellt werden

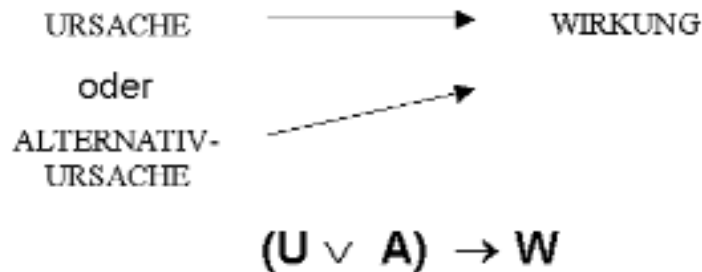
Arten von Kausalrelationen

1. Hinreichende und notwendige Ursache



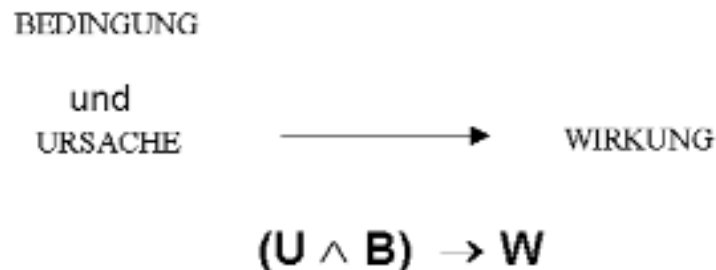
Wechselkausalität

2. Hinreichende, aber nicht notwendige Ursache



Multikausalität

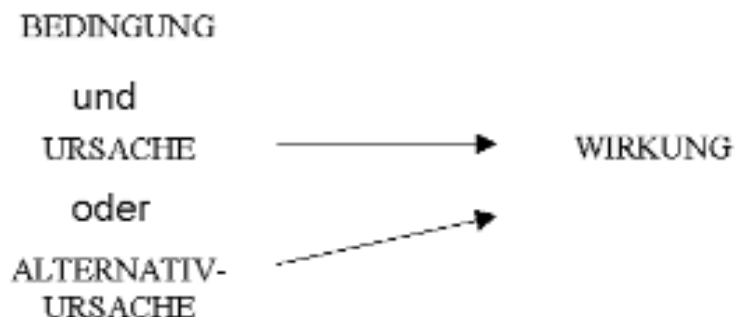
3. Notwendige, aber nicht hinreichende Ursache



Bedingte Kausalität

Arten von Kausalrelationen

4. Weder notwendige noch hinreichende Ursache



Multikausalität
und
Bedingte Kausalität

$$((U \wedge B) \vee A) \rightarrow W$$

Maderthaner (2010; nach Novak, 1976; s. auch INUS-Bedingung, Mackie, 1965; Westermann, 2000)

Viele Gesetze der Psychologie könnten durch Hereinnahme von Bedingungen und Alternativursachen exakter erklärt werden

Allgemeine Forderungen für „echte“ Kausalanalysen

- **Multivariate** Hypothesenformulierungen (Ursachen, Wirkungen, Bedingungen)
- **Multifunktionale** Relationsbestimmungen (Implikationen, Konjunktionen, Disjunktionen, ...)
- **Aussagenlogische (prädikatenlogische)** Hypothesenstrukturen, z.B. $((U \wedge B) \vee A) \rightarrow W$
- **Zeit- bzw. Wirkungsindizierung** der Variablen (Variablenstrukturen als gerichtete oder ungerichtete Graphen)

Multivariate und multifunktionale aussagen- oder prädikatenlogische Strukturen mit Zeit- bzw. Wirkungsindizierung als Grundlage für Kausalanalysen

Relationsanalyse - Kurzcharakteristik

Relationsanalyse ist ein logisch-statistisches Verfahren zur Analyse, Exploration und Prüfung von multivariaten und multifunktionalen Hypothesen und Daten

Maderthaner (Kongressberichte: 1986, 1987, 1988, 2002, 2004, 2008)
Maderthaner (1987): Erkenntnispsychologie – Von der naiven zur wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung am Beispiel der Psychologie.
Wien: Habilitationsschrift.

Statistische Interpretation logischer Daten

Min- terme	A Binäre Variablen	B	Aussagen- logik	Mengen- algebra
1	0 (=a')	0 (=b')	1	22
2	0 (=a')	1 (=b)	1	13
3	1 (=a)	0 (=b')	0	2
4	1 (=a)	1 (=b)	1	75
				112

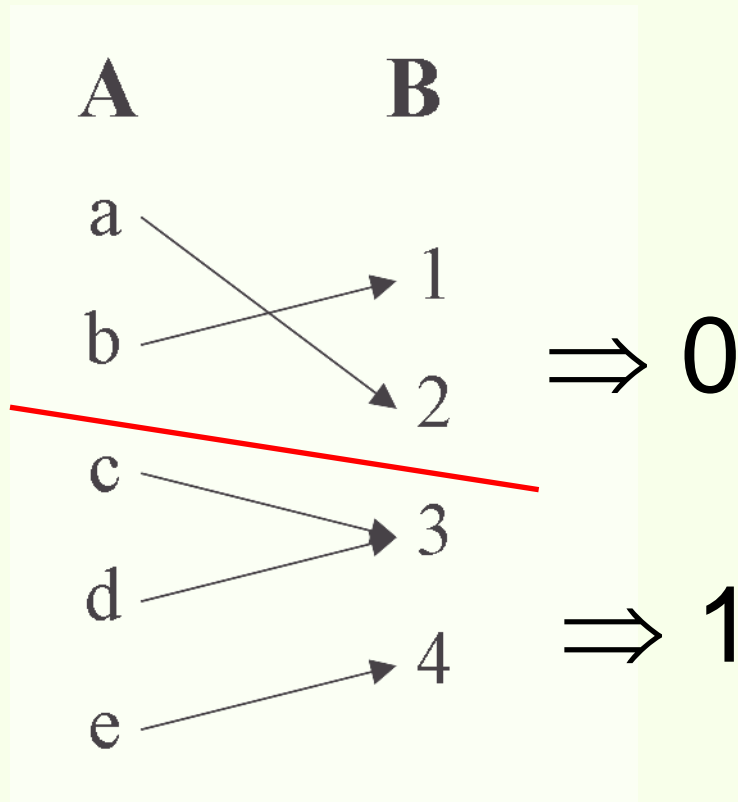
Zuordnung einer Stichprobe von Fällen ($n = 112$) an die Wahrheitstafel der Implikationsrelation: $A \rightarrow B$

Die Relationen der Aussagenlogik (Konjunktion, Implikation, ...) können mengentheoretisch interpretiert werden (Durchschnitt, Inklusion, ...)

Optionen der Relationsanalyse

1. **Informationsanalyse** (Inf.verlust durch Dichotomisierung)
2. **Hypothesensimulation** (Abbildung von Hypothesen in Daten)
3. **Hypothesenprüfung** (Signifikanz, Effektstärke, Zufallsannahmen)
4. **Hypothesenzerlegung** (Komponenten und Hierarchien)
5. **Hypothesenextraktion** (Auspartialisierung von Relationen)
6. **Hypothesenexploration** (Datenexploration, „data mining“)
7. **Implikationsanalyse** (explorativ, graphentheoretisch)
8. **Kausalanalyse** (Inklusion von Zeit- und Wirkungsrelationen)

1. Informationsanalyse



$$H = - \sum_{i=1}^m p_i \cdot \log_2 p_i$$

Bestimmung des Informationsverlustes aufgrund der Dichotomisierung von Variablen mit mehr als zwei Ausprägungen

2. / 3. Hypothesensimulation und Hypothesenprüfung

Hypothesensimulation

Wie bildet sich eine aussagenlogische Relation in verschiedenen Stichproben von Fällen ab? Welche Stichprobengröße ist für den Nachweis einer Relation nötig?

Hypothesenprüfung

Wie gut kann eine aussagenlogische Hypothese eine vorhandene Datenstruktur erklären? Gibt es alternative aussagenlogische Relationen mit besserer oder ähnlicher Erklärungskraft?

2. / 3. Hypothesensimulation und Hypothesenprüfung

Minterme	F	H	E	$(F \vee H) \rightarrow E$	Sample 1	Sample 2
1	0	0	0	0 1	18	4
2	0	0	1	0 1	18	4
3	0	1	0	1 0	9	0
4	0	1	1	1 1	18	4
5	1	0	0	1 0	9	0
6	1	0	1	1 1	17	4
7	1	1	0	1 0	9	0
8	1	1	1	1 1	17	4

Z_{bionom} = Approximierter
Z-Wert für den
Binomialtest

$PTZ_1 = \frac{f-e}{e}$
(Proz. Trefferzuwachs)

$PTZ_2 = \frac{PTZ_1}{PTZ_{max}}$

Rel = Prozentsatz
funktionsadäquater
Zellbesetzungen

N = 115	$Z_{\text{bionom}} = 3.106$	$PTZ_1 = 0.22$
Rel = 77%	$p = 0.001$	$PTZ_2 = 0.37$

N = 20	$Z_{\text{bionom}} = 3.464$	$PTZ_1 = 0.60$
Rel = 100%	$p = 0.001$	$PTZ_2 = 1.00$

Signifikanzwerte, Effektgrößen,
Erwartungswerte (apriori, aposteriori),
Teilrelationen

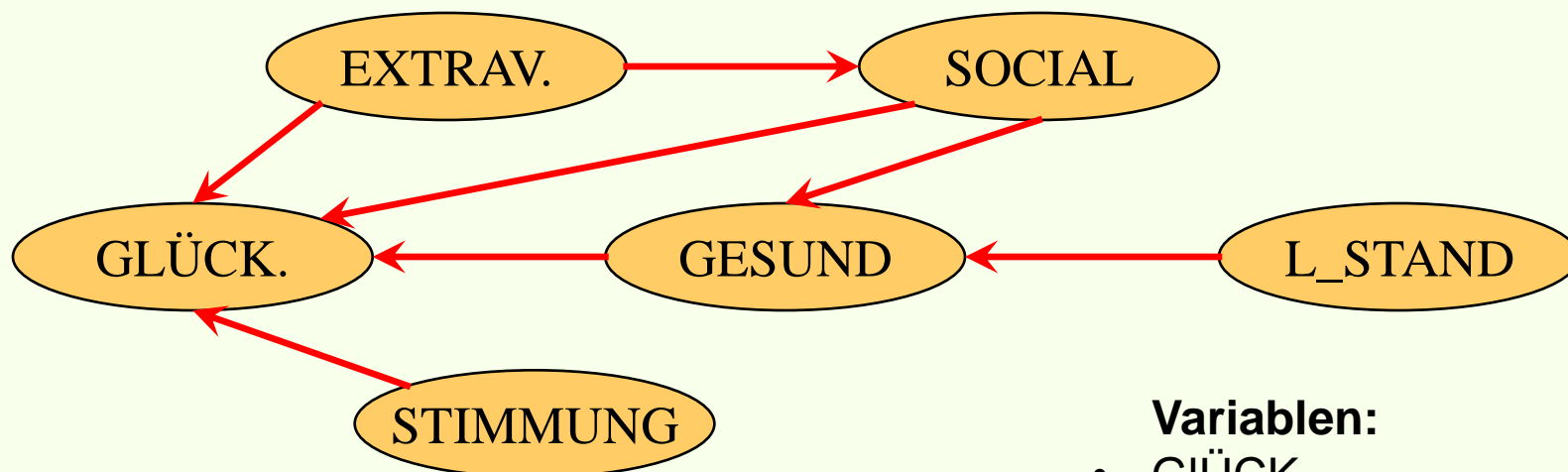
2. / 3. Hypothesensimulation und Hypothesenprüfung

Min- terme	F	H	E	$(F \rightarrow H) \vee (H \rightarrow E)$	$(F \wedge H \wedge E) \rightarrow \neg(F \wedge E)$	$(F \rightarrow E)$	$(F \wedge E)$
1	0	0	0	1	0	1	0
2	0	0	1	1	0	1	0
3	0	1	0	1	0	1	0
4	0	1	1	1	0	1	0
5	1	0	0	1	0	0	0
6	1	0	1	1	0	1	1
7	1	1	0	1	0	0	0
8	1	1	1	1	0	1	1

Tautologien, Widersprüche, Ähnlichkeiten, ...

2. / 3. Hypothesensimulation und Hypothesenprüfung

Simulation



Variablen:

- GIÜCK
- EXTRAVERSION
- SOZIALE INTEGRATION
- GESUNDHEIT
- LEBENSSTANDARD
- STIMMUNG

Hypothese: Konjunktive Verknüpfung implikativer Relationen zwischen Variablen

$$Z_{\text{approx}} = 9.38, p < 0.0002$$

$$N = 500, PTZ_1 = 0,76, PTZ_2 = 0.23, Rel = 41\%$$

2. / 3. Hypothesensimulation und Hypothesenprüfung

Logische Relation

```

FUNKTIONS-TESTUNG FUER 6 VARIABLEN 500 FAELE
(A > F) * (C > F) * (A > B) * (B > F) * (D > E) * (E > F) * (B > E)
G * (C > F) * (A > B) * (B > F) * (D > E) * (E > F) * (B > E)
G * H * (A > B) * (B > F) * (D > E) * (E > F) * (B > E)
G * H * I * (B > F) * (D > E) * (E > F) * (B > E)
G * H * I * J * (D > E) * (E > F) * (B > E)
G * H * I * J * K * (E > F) * (B > E)
G * H * I * J * K * L * (B > E)
G * H * I * J * K * L * M
N * I * J * K * L * M
O * J * K * L * M
P * K * L * M
Q * K * L * M
R * L * M
S
    
```

Möglicher Vergleich der Effektstärken zwischen Hypothesenkomponenten

ANZAHL DER WAHRKONFIG.: 15 (MAX. = 64)

FALLZAHL N= 500

2. / 3. Hypothesensimulation und Hypothesenprüfung

Korrelationsmatrix

	EXTRAV	SOZIAL	SITUAT	L_STAND	GESUND	ZUFRIED
EXTRAV						
SOZIAL	,056					
SITUAT	,008	,008				
L_STAND	,015	,016	,000			
GESUND	-,001	,044	,004	,013		
ZUFRIED	-,016	,029	,005	-,003	,061	

Obwohl die implikativen Relationen zwischen den Variablen große Effektstärken haben, zeichnen sich bei den Korrelationen nur irrelevante Effektstärken ab

2. / 3. Hypothesensimulation und Hypothesenprüfung

Faktorenanalyse

	Komponente		
	1	2	3
ZUFRIED	<i>,706</i>		
GESUND	<i>,676</i>	<i>,110</i>	
EXTRAV	<i>-,211</i>	<i>,722</i>	
SOZIAL	<i>,278</i>	<i>,621</i>	
SITUAT		<i>,193</i>	<i>,873</i>
L_STAND		<i>,317</i>	<i>-,481</i>

Extraktionsmethode: Hauptkomponenten
Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser

Trotz der stark ausgeprägten implikativen Vernetzung zwischen den Variablen ergeben sich in der Faktorenanalyse drei unabhängige Faktoren

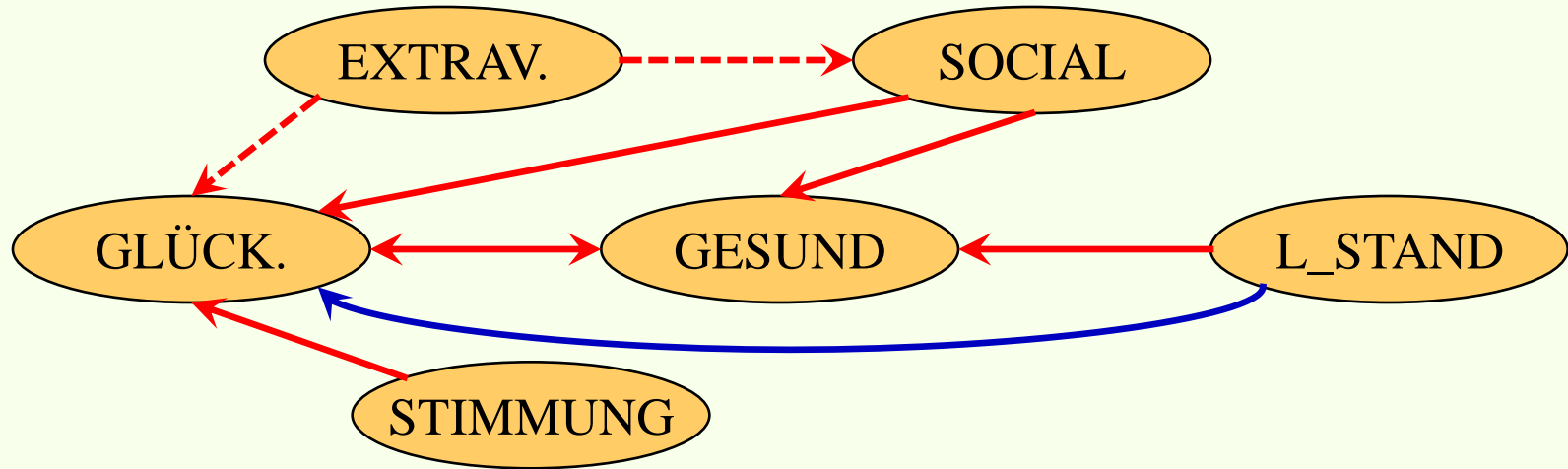
2. / 3. Hypothesensimulation und Hypothesenprüfung

Logistische Regression

		RegressionskoeffizientB	Standardfehler	Wald	df	Sig.	Exp(B)	
Schritt 1	a							
		EXTRAV	-,074	,168	,197	1	,657	,928
		SOZIAL	,105	,168	,396	1	,529	1,111
		SITUAT	,013	,164	,007	1	,934	1,014
		L_STAND	-,019	,165	,013	1	,909	,981
	GESUND	,236	,164	2,076	1	,150	1,266	
Schritt 2	a							
		EXTRAV	-,072	,165	,190	1	,663	,931
		SOZIAL	,108	,165	,431	1	,512	1,114
		L_STAND	-,016	,162	,010	1	,920	,984
	GESUND	,239	,160	2,226	1	,136	1,269	
Schritt 3	a							
		EXTRAV	-,076	,160	,223	1	,636	,927
		SOZIAL	,104	,160	,424	1	,515	1,110
	GESUND	,234	,154	2,312	1	,128	1,264	
Schritt 4	a							
		SOZIAL	,079	,151	,272	1	,602	1,082
	GESUND	,212	,147	2,089	1	,148	1,236	
Schritt 5	a							
	GESUND	,252	,124	4,119	1	,042	1,287	

Wenn das Kriterium Lebenszufriedenheit mittels logistischer Regression vorhergesagt werden soll, erweist sich nur Gesundheit als knapp signifikant.

4. Hypothesenzerlegung



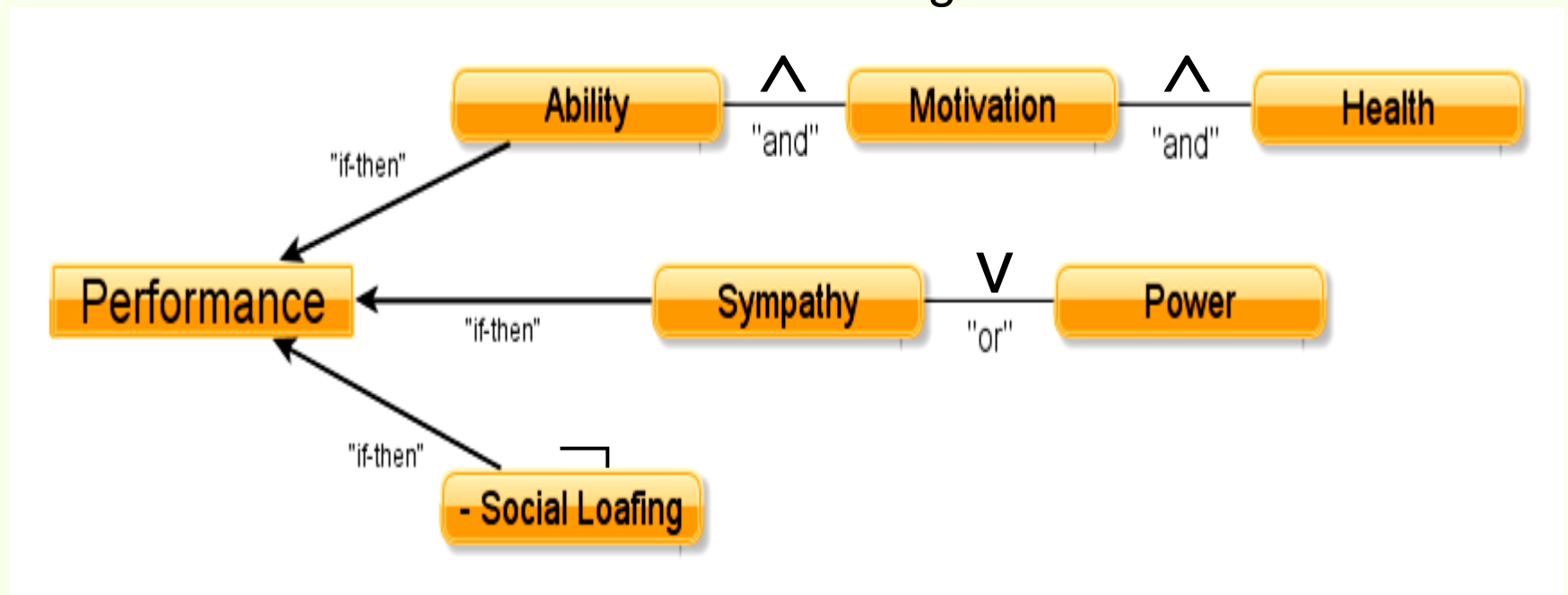
Auswahl von (signifikanten) Implikationen mit den größten bivariaten Effektstärken ($p(y/x) > 0.60$)

$Z_{\text{approx}} = 6.70 (9.38)$, $p = 0.0002 (0.0002)$

$N = 500$, $PTZ1 = 0.48 (0.76)$, $PTZ2 = 0.23 (0.23)$, $Rel = 42\% (41\%)$

5. Hypothesenextraktion

Vorhersage der Leistung von Mitarbeitern anhand von
6 Variablen und 4 Aussagenrelationen

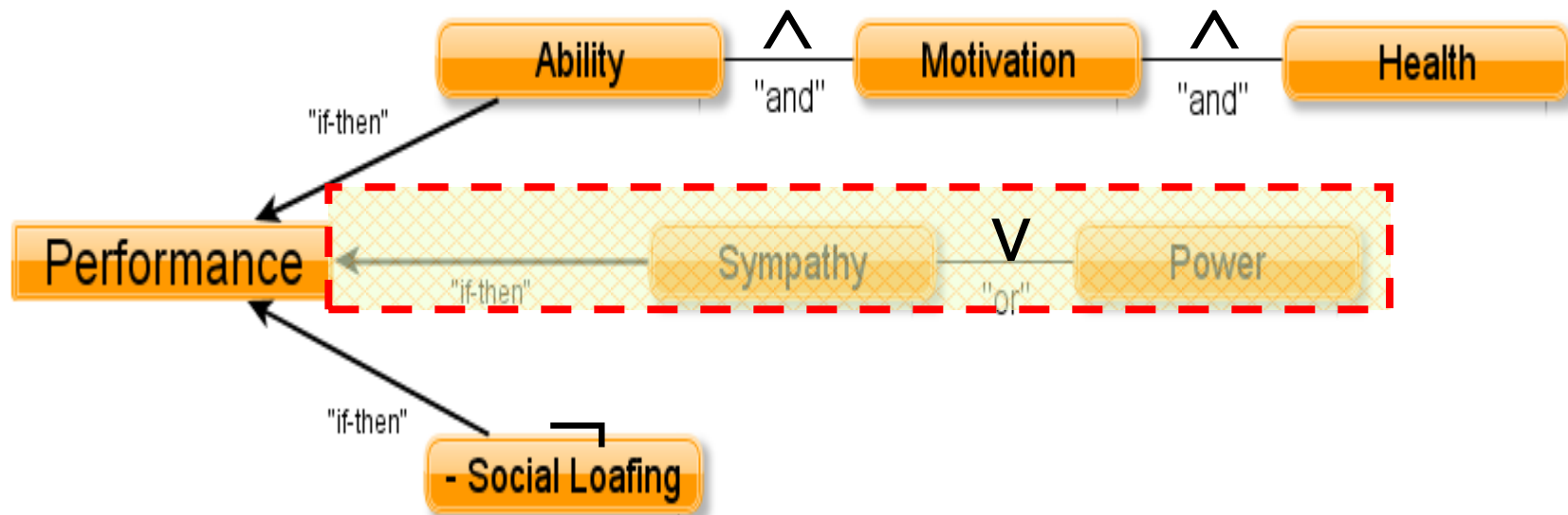


$Z_{\text{approx}} = 3.46, p < 0.001$

$N = 500, PTZ1 = 0,02, PTZ2 = 1.00, Rel = 100\%$

5. Hypothesenextraktion

Simulation der Leistungsvorhersage von Mitarbeitern anhand von 4 Variablen und 3 Aussagenrelationen



$Z_{\text{approx}} = 2.58 (3.46), p < 0.005 (0.001)$

$N = 500, PTZ1 = 0,02 (0.02), PTZ2 = 0.74 (1.00), Rel = 99\% (100\%)$

6. Hypothesenexploration

Disjunktive Normalform

Minterme	A	B	W
1	0	0	1
2	0	1	1
3	1	0	0
4	1	1	1

$$(A' \wedge B') \vee (A' \wedge B) \vee (A \wedge B)$$

$$\equiv$$

$$(A \rightarrow B)$$

Jede aussagenlogische Relation kann als disjunktive Normalform dargestellt werden

6. Hypothesenexploration

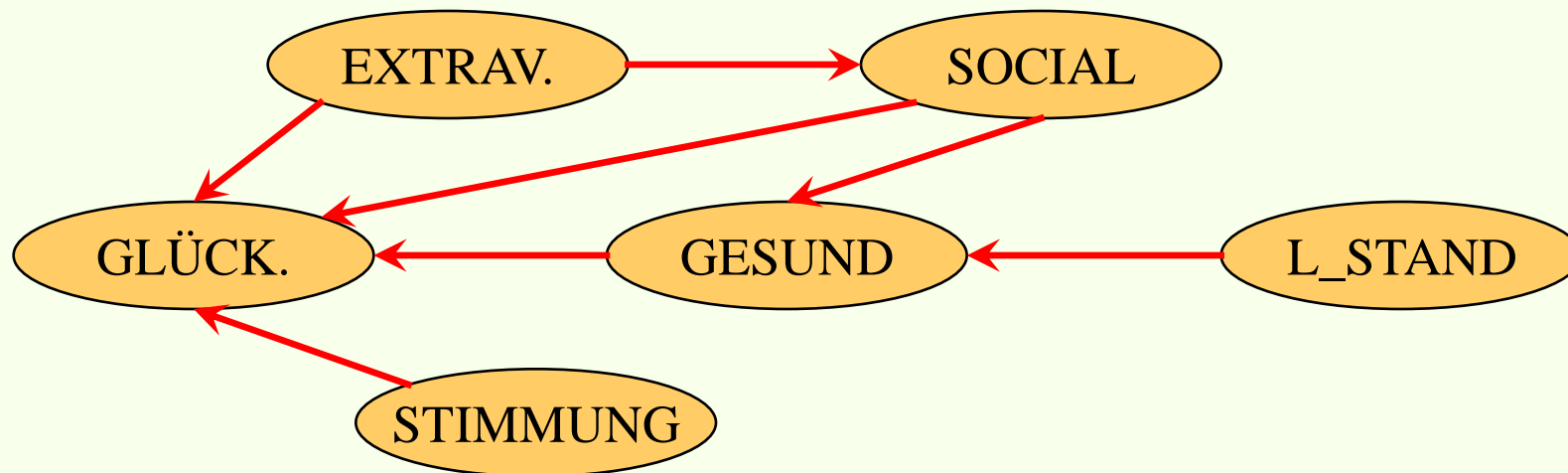
1. Methode von **Havard**
2. Logik-Optimierung nach **Quine/McCluskey**
3. **Karnough-Methode**
4. **Wegkürzen** von Variablen (Distributionsgesetze)

$$(A \wedge B) \vee (A \wedge C) = A \wedge (B \vee C)$$
5. **Kürzung redundanter Unterterme** (Absorptionsgesetze)

$$A \vee (A \wedge B) = A \quad (A \rightarrow B) \vee (A \wedge B) = A \rightarrow B$$
6. **Vereinigung konjunktiver Terme**
 Adjunktion: $A \vee B = (A \wedge B) \vee (A \wedge B') \vee (A' \wedge B)$
 Implikation: $A \rightarrow B = (A \wedge B) \vee (A' \wedge B) \vee (A' \wedge B')$
7. **Gesetze von De Morgan**

$$(A \wedge B)' = A' \vee B' \quad (A \vee B)' = A' \wedge B'$$

6. Hypothesenexploration



Minimalisierte Relation nach Quine Mc Cluskey 3.24

(c)89-08 by <http://www.iapetus.ch/software>:

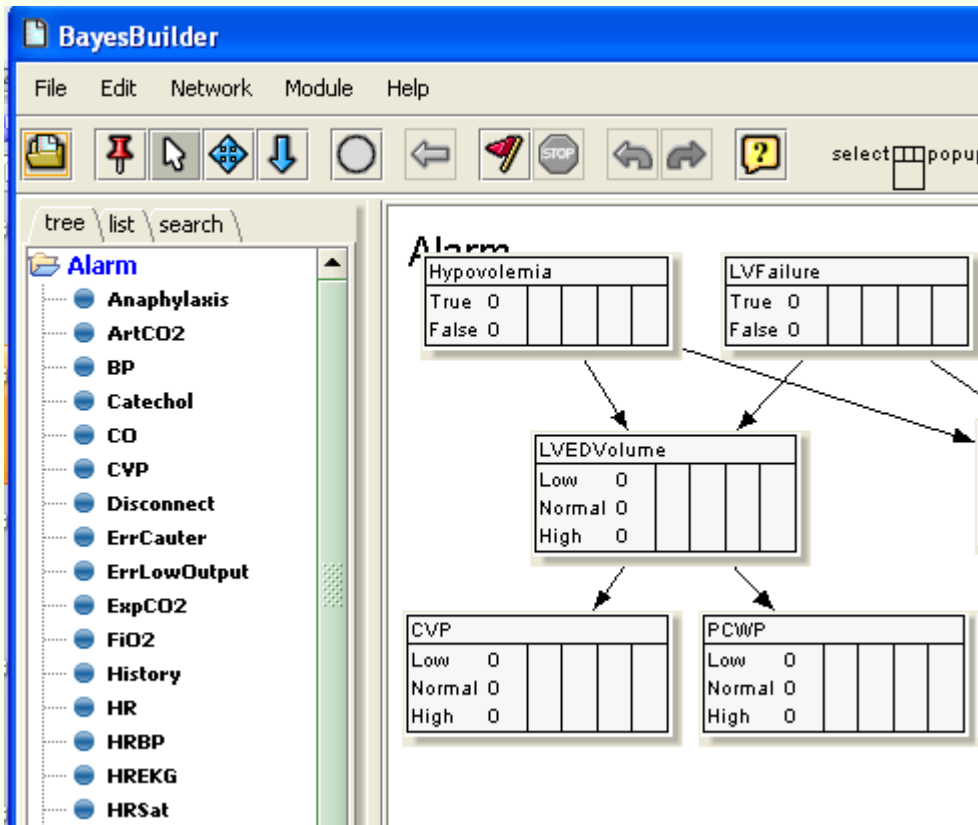
$$(-E \vee F) \wedge (-B \vee E) \wedge (-A \vee B) \wedge (-C \vee F) \wedge (-D \vee E)$$

Gleiches Resultat wie bei Originalrelation:

$$Z_{\text{approx}} = 9.38, \quad p < 0.0002$$

$$N = 500, \quad PTZ_1 = 0,76, \quad PTZ_2 = 0.23, \quad \text{Rel} = 41\%$$

7. Implikationsanalyse



Software: BayesBuilder

http://www.snn.ru.nl/nijmegen/index.php?option=com_content&view=article&id=89&Itemid=212

$$P(H/D) = P(H \cap D) / P(D)$$

(Bayes Theorem)

$P(H/D)$ ist die Wahrscheinlichkeit einer Hypothese unter der Bedingung, dass Daten sie bestätigen oder falsifizieren

7. Implikationsanalyse

Bei dieser Option werden in dichotomen Daten alle wechselseitigen implikativen oder bijunktiven Relationen (\rightarrow , \leftarrow , \square) ermittelt und diese graphenanalytisch charakterisiert:

Variablenetze (implikativ, bijunktiv)

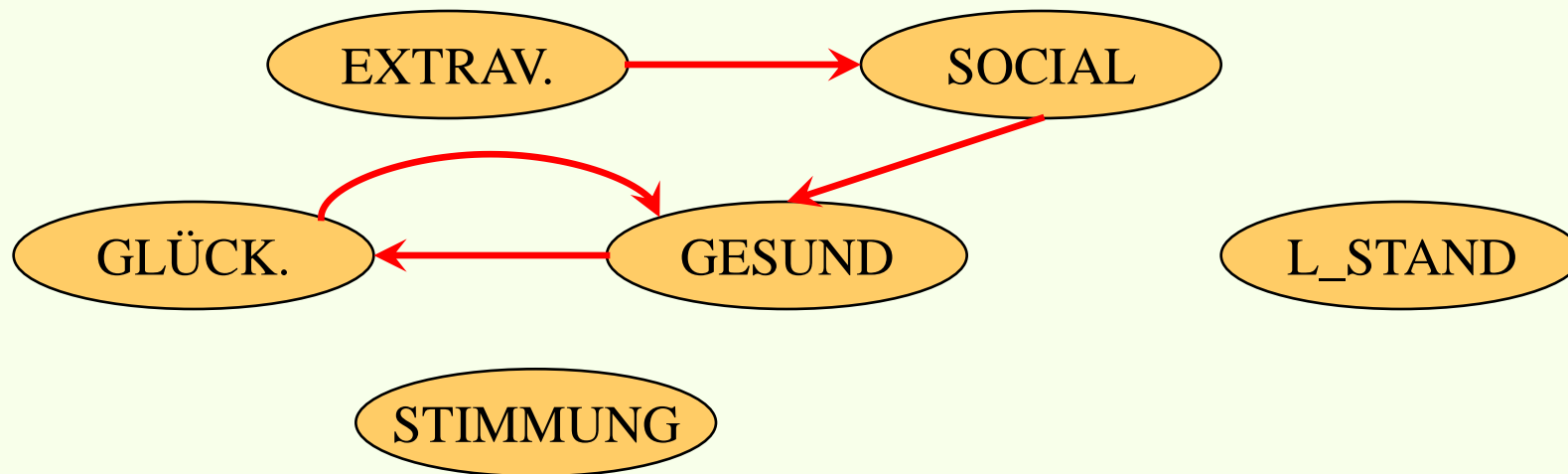
Komponenten = Maximal zusammenhängende Teilgraphen (Menge aller Knoten, die mit einem anderen Knoten durch einen Weg verbunden sind)

Baum = Zusammenhängender Graph, der keine geschlossenen Kantenzüge enthält (wenn für je zwei Knoten nur eine Kette existiert)

Kantenzüge = Folgen von verschiedenen Kanten (nicht-redundante Kantenzüge)

Zyklen = geschlossene Kantenzüge

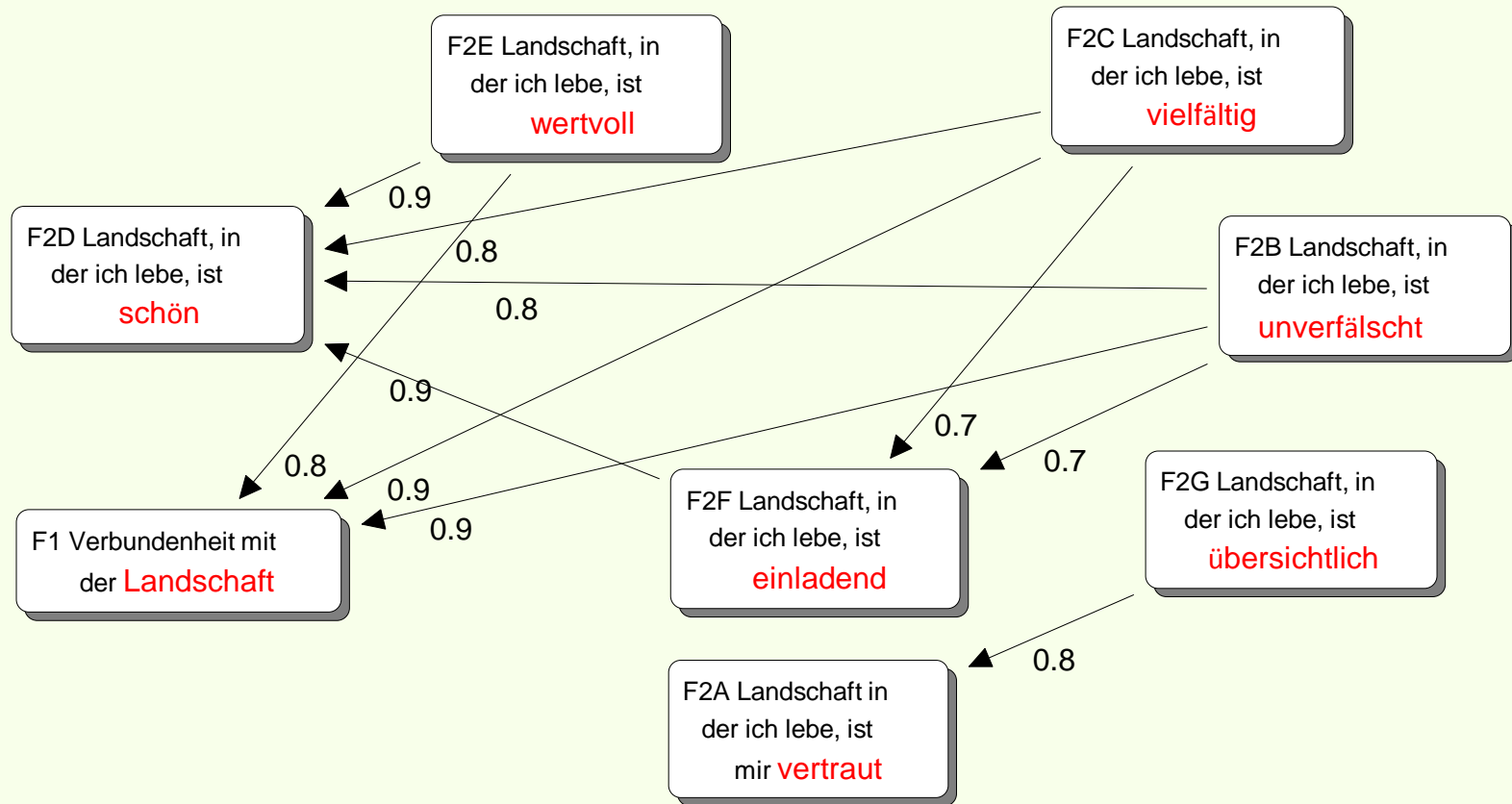
7. Implikationsanalyse



KANTENZUEGE..

Ext->	Soz->	Ges->	Glu->	Ges	
Ext->	Soz->	Glu->	Ges->	Glu	
Ext->	Sti->	Ges->	Glu->	Ges	
Ext->	Sti->	Glu->	Ges->	Glu	
Ext->	Lst->	Soz->	Ges->	Glu->	Ges
Ext->	Lst->	Soz->	Glu->	Ges->	Glu
Ext->	Lst->	Ges->	Glu->	Ges	
Ext->	Lst->	Glu->	Ges->	Glu	
Ext->	Ges->	Glu->	Ges		
Ext->	Glu->	Ges->	Glu		

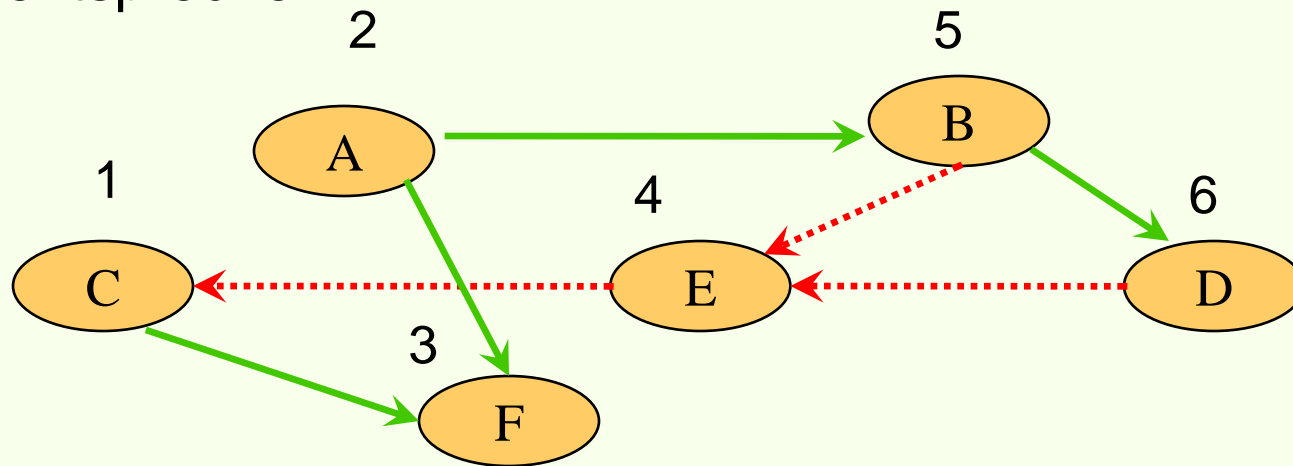
7. Implikationsanalyse



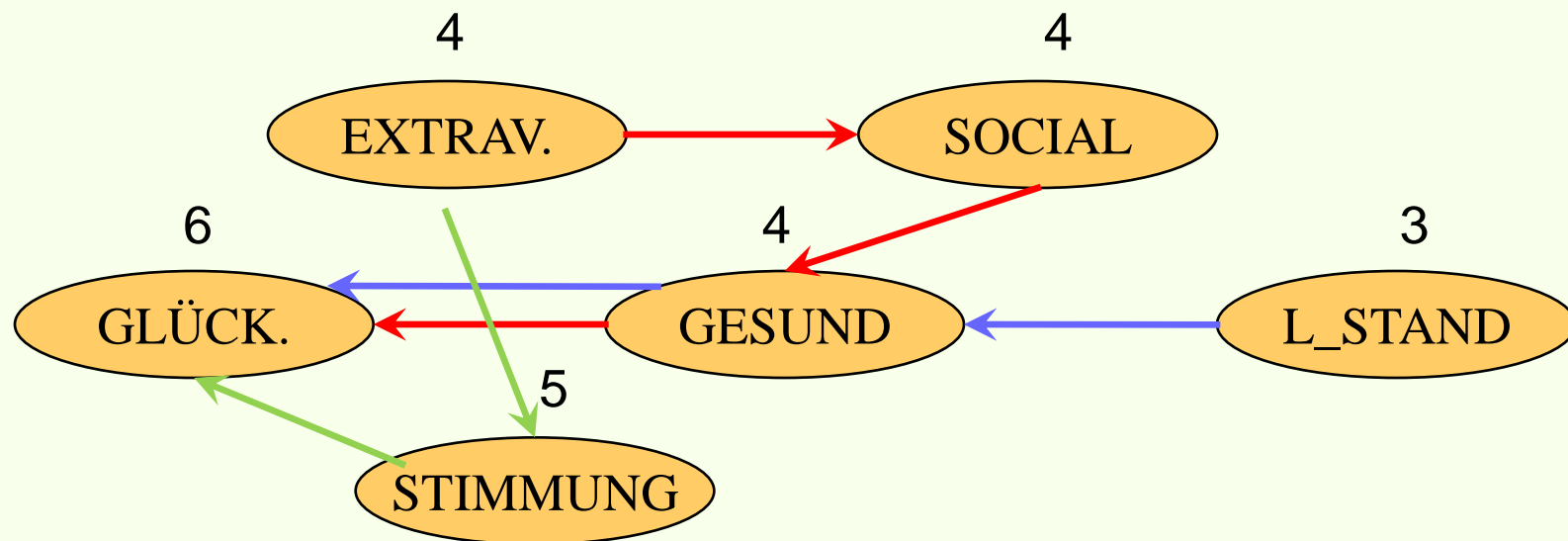
Maderthaler & Szykariuk (2000): Subjektive Lebensqualität - Umweltbewusstsein – Landschaftserleben (Projektbericht)

8. Kausalanalyse

Als “Kausalanalysen” sollen jene Datenauswertungen bezeichnet werden, bei denen ausschließlich signifikante Implikationen zwischen solchen Variablen berücksichtigt werden, deren Ausprägungen einer den Variablen zugeordneten **Zeit- oder Wirkungsrelation** entsprechen.



8. Kausalanalyse



Von signifikanten Implikationen werden nur jene zu einem “Wirkungsgraphen” zusammengefasst, deren Richtung den raum-zeitlichen Spezifikationen der Variablen nicht widerspricht (Zeit- bzw. Wirkungsrelation)

Resümee

1. Wissenschaftliche Hypothesen sollten hinsichtlich ihrer Struktur der **Komplexität** empirischer Phänomene entsprechen (Beachtung des „Ökonomieprinzips“)
2. Bei der Analyse von Variablenbeziehungen müssten stärker als bisher **Kausalkriterien** Berücksichtigung finden (Zeit- und Wirkungsbeziehungen)
3. Bei Hypothesen- und Datenanalysen wäre nach **direkter, indirekter, multipler, bedingter** und **scheinbarer** Kausalität zu differenzieren (ubiquitäre Multikausalität).

Resümee

4. Theoretische Modelle sollten prinzipiell (aussagen)logisch auf **Widersprüche**, **Redundanzen**, **Vereinfachungsmöglichkeiten** und statistischer **Prüfbarkeit** (durch Datensimulation) evaluiert werden
5. Eine aussagen- oder prädikatenlogische **Formalisierung** theoretische Aussagen würde ein präziseres **Hypothesentesten**, eine exaktere **Wissensrepräsentation** und eine effizientere wissenschaftliche **Kommunikation** ermöglichen

IF **interessant (Thema)**

NAND **eingeschlafen (Publikum)**

THEN

Danke für die Aufmerksamkeit