

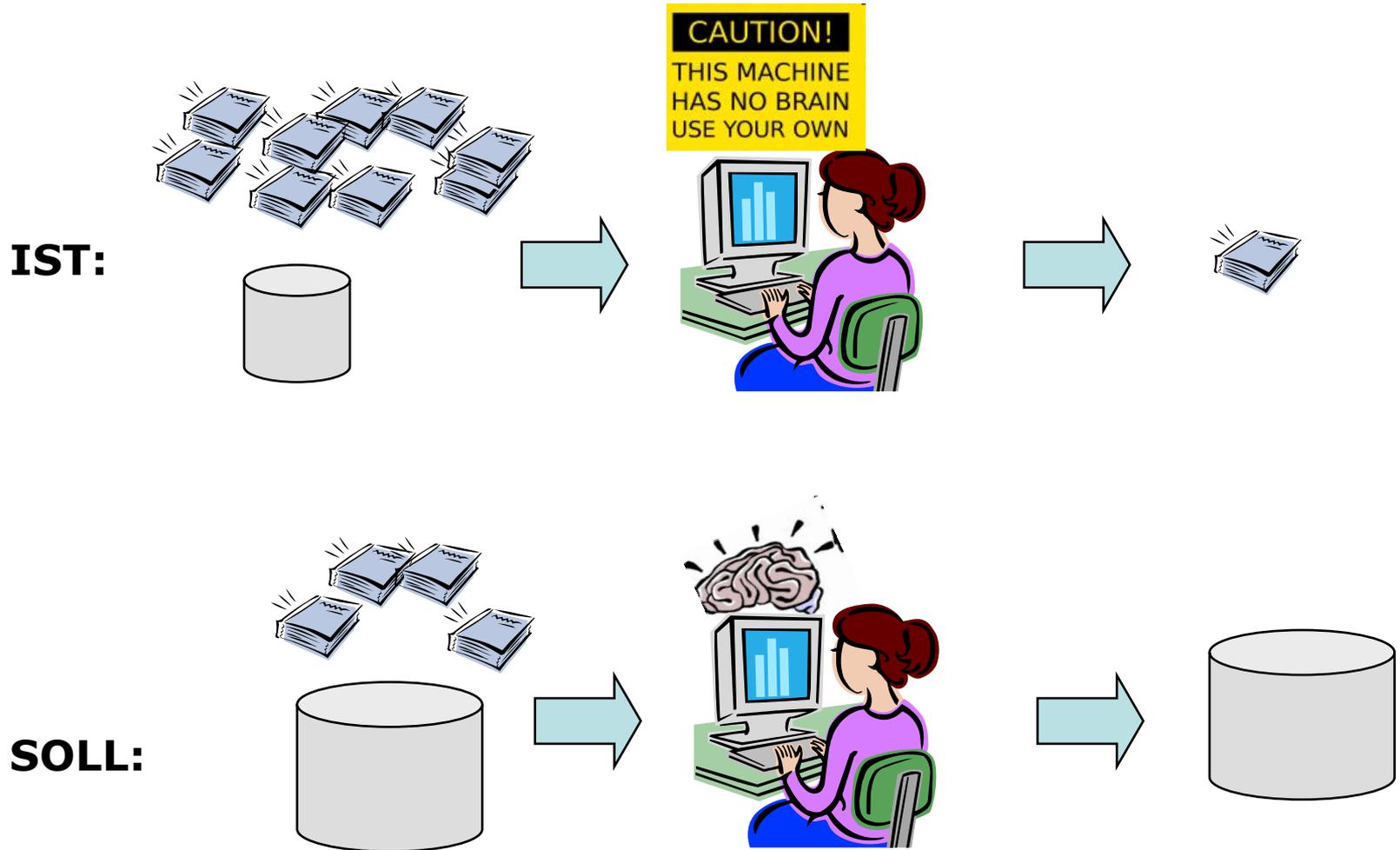
Der Analytic Network Process als Reasoning-Methodik in der Wissensbasierten Markt Diagnostik

Stefan Kooths
Muenster Institute for Computational Economics
University of Muenster

Fachliche Problemstellung

- **Notwendigkeit von Marktfunktionsfähigkeitsanalysen**
 - Wettbewerbsbeschränkungen (Marktmacht)
 - Marktversagen
 - **Soll**
 - systematisches Marktscreening zum Schutz der Wettbewerbsordnung („Detektoren“)
 - Lernen durch Kontrolle und Vergleiche
 - **Ist**
 - (zufällige) Einzelfallbetrachtung (Kartellämter, MK)
 - technisch isolierte Gutachten
- ⇒ **Problem (Soll ≠ Ist)**
- Ursachen: Analyseaufwand, inadäquate Codierung
 - Analogie: betriebswirtschaftliches Controlling

Soll-Ist-Vergleich (schematisch)



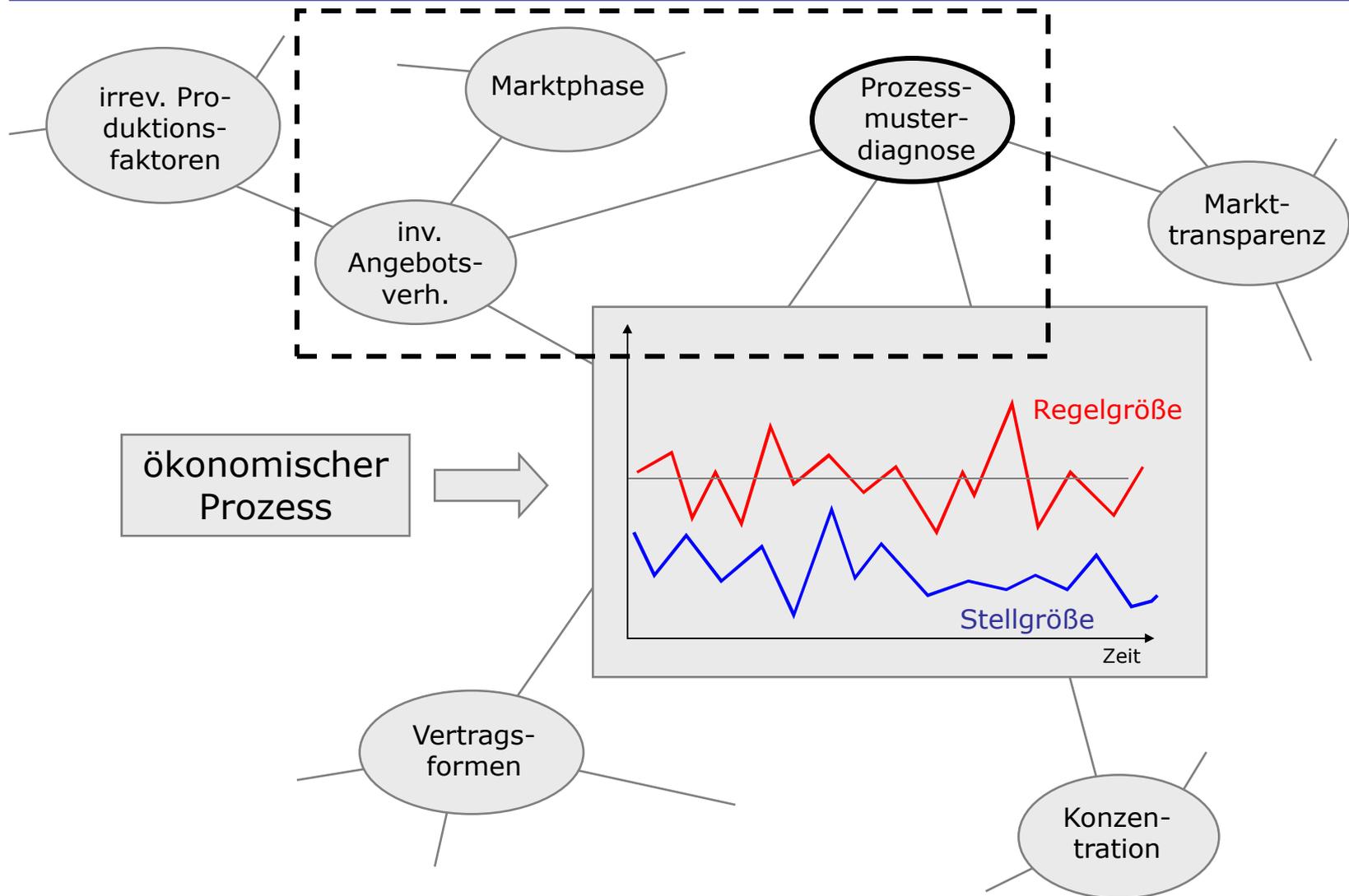
Inhaltliche Anforderungen

- KMD-Implementierung (exemplarisch)
 - ökonomische Prozessmusteranalyse
 - Plausibilitäts- und Inzidenzprüfung
- wettbewerbstheoretische DV-Infrastruktur
 - Abbildung der Analysebausteine
 - Schlussfolgerungen durch Verknüpfung der Analysebausteine (Reasoning)
 - Raum für Alternativen (Framework- statt Out-of-the-Box-Approach)
 - inhaltlich
 - technisch

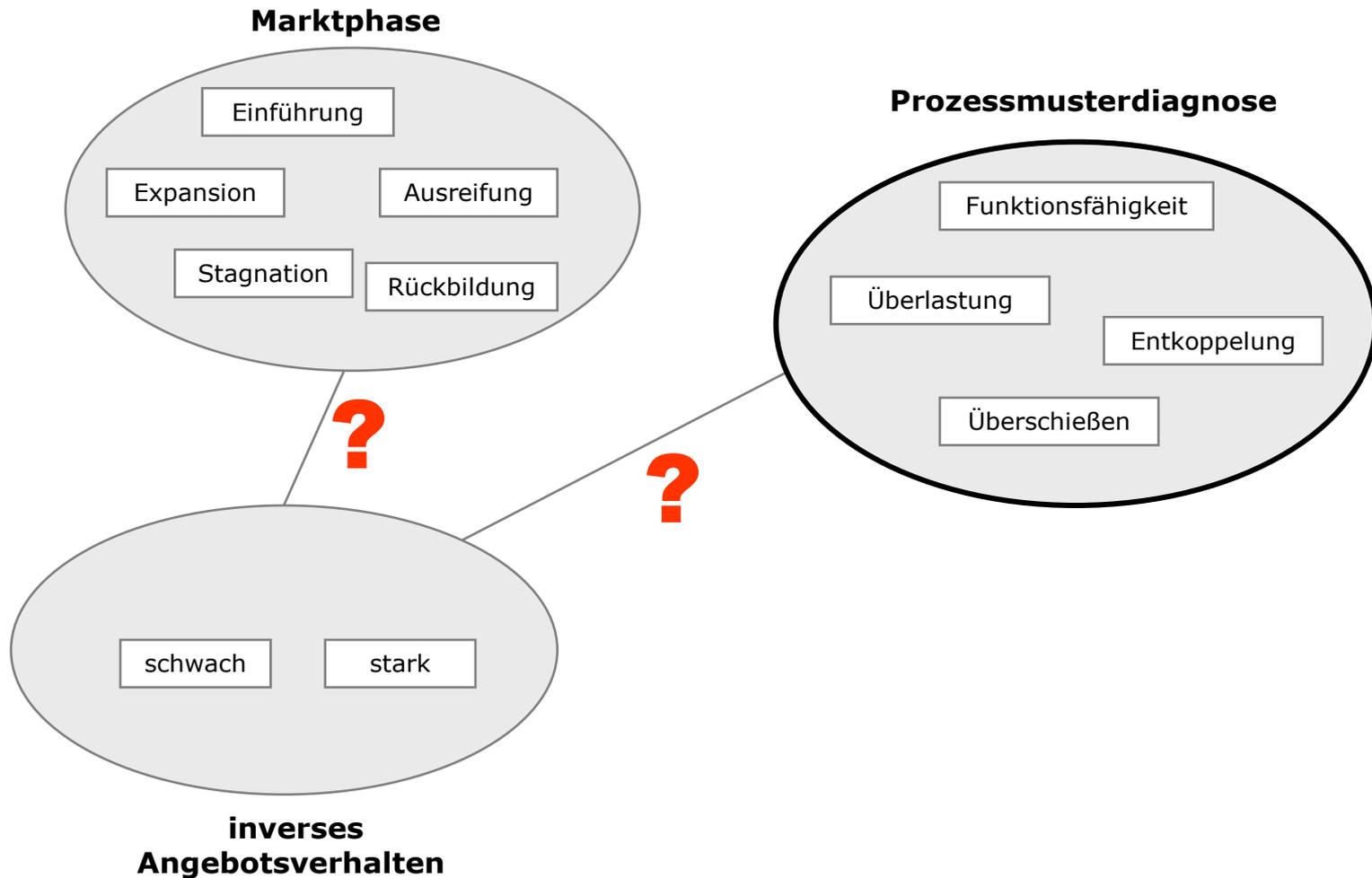


Theorie des
Markt-
versagens

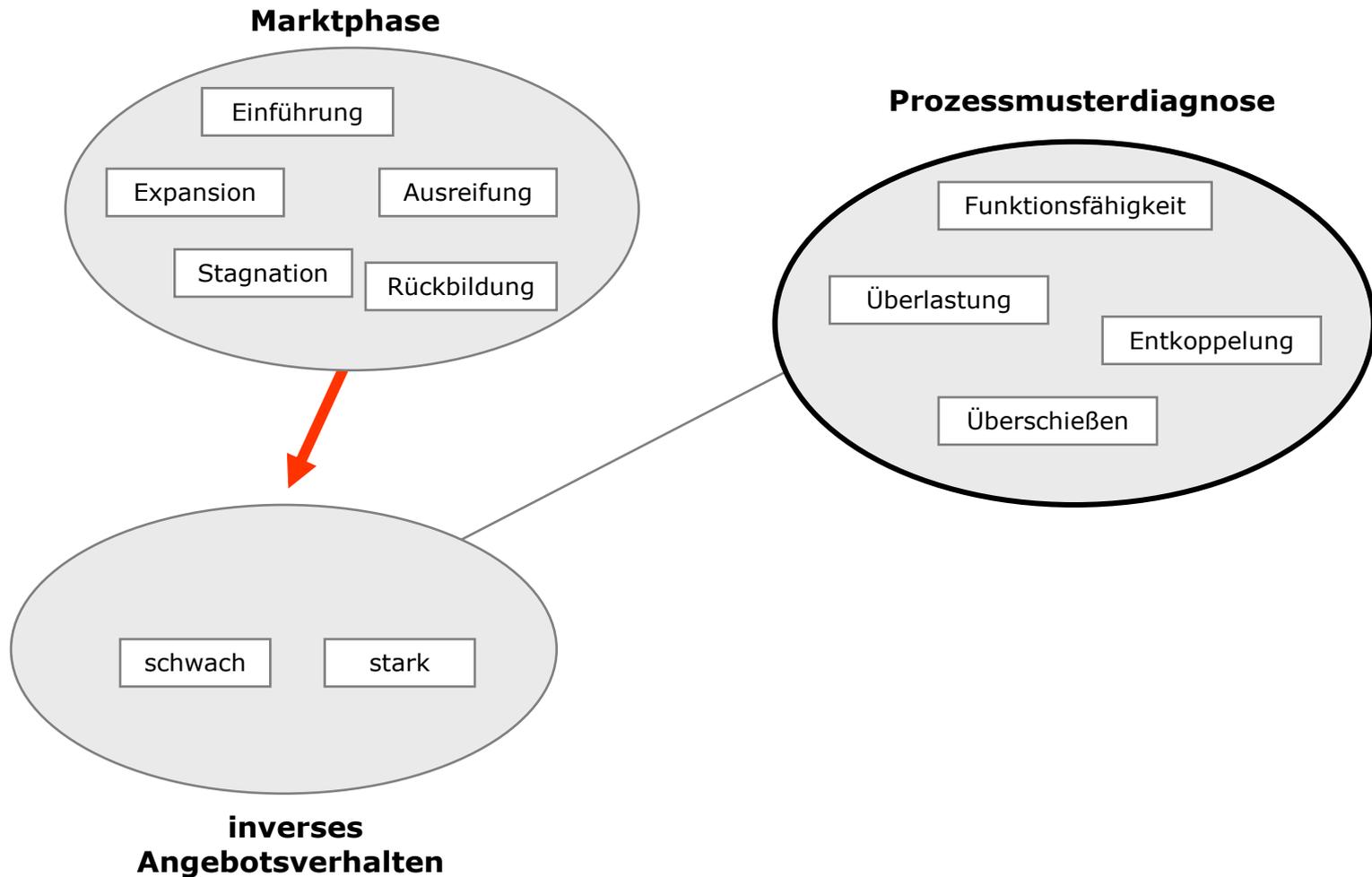
Ökonomische Prozessmusterinterpretation



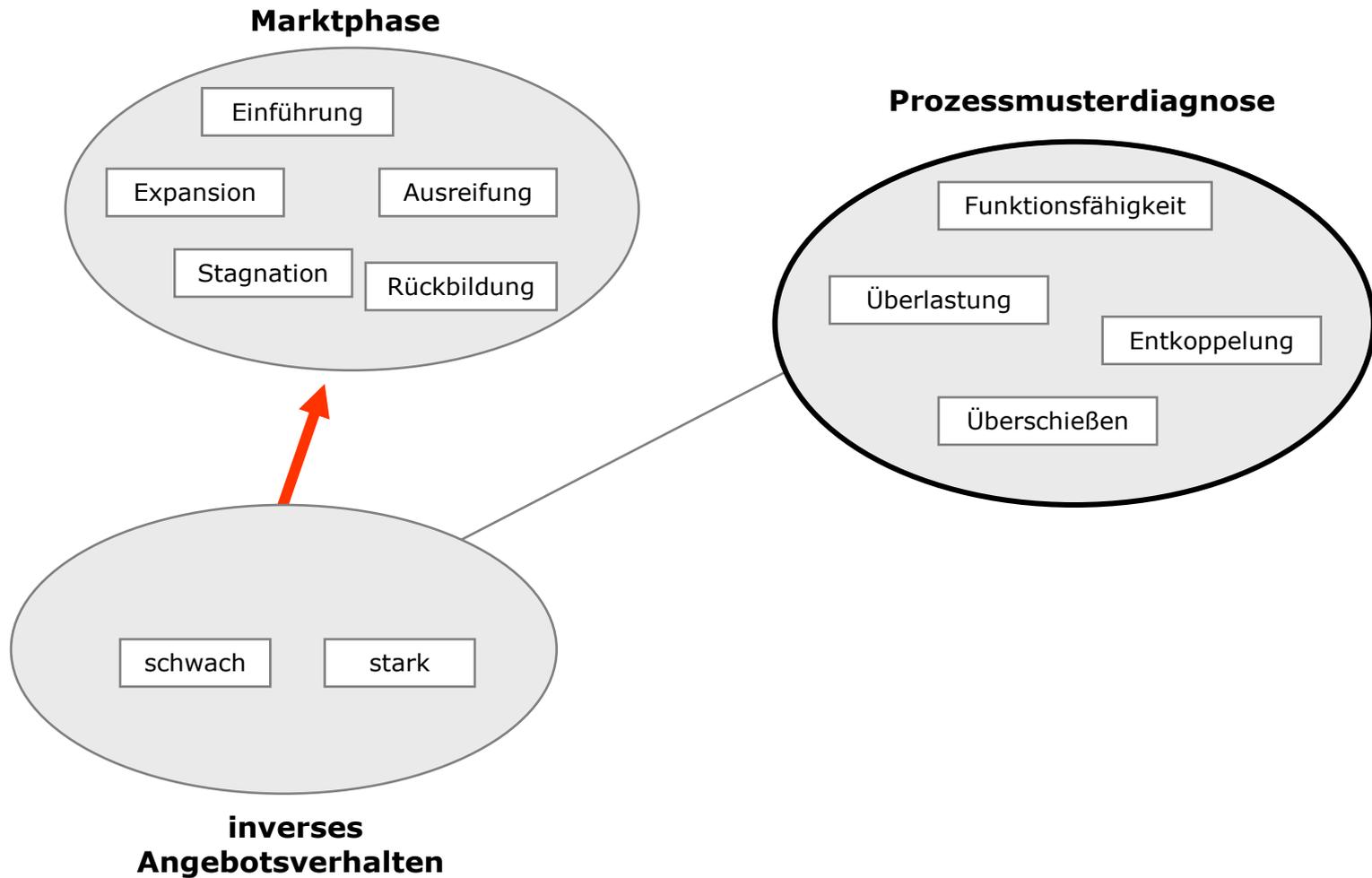
Knoten als Ausprägungscluster



Clusterrelationen 1



Clusterrelationen 2



AHP, ANP

- AHP = Analytic Hierarchy Process
 - unterstützt multikriterielle Entscheidungsfindung
 - endogene Gewichts- und Prioritätenermittlung durch Paarvergleiche (Verhältnisskala)
 - quantitative und qualitative Kriterien
 - **A**lytisch = Zerlegung der Gesamtentscheidung (mit anschließender Synthese!)
 - **H**ierarchiestufen bzw. Clusternetze, Lokalisierung von Einzelentscheidungen (Top-Down-Beziehungen zwischen Zielen)
 - **P**rozess = Vorgehensmodell (keine magische Formel)
- ANP = Analytic Network Process
 - Verallgemeinerung des AHP (Netz statt Hierarchie)
 - Feedback

Weitere zentrale Eigenschaften

- relative Vergleiche
 - keine absoluten Scoring-Punkte
 - keine ad-hoc Gewichte
- kompensatorisch
- Toleranz gegenüber leichter Inkonsistenz
 - Eingabefehler
 - Konzentrationsmängel
 - Informationsdefizite
 - Modellfehler
 - inkonsistente Welt

Grundkonsistenz

- notwendig, nicht hinreichend
- kein Primärziel für Entscheidungsprozess

„It is possible to be perfectly consistent but consistently wrong.“

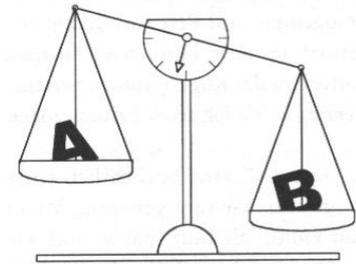
Ablauf

- **Stufe 1**
Aufstellung der Entscheidungshierarchie bzw. eines Einflussnetzwerkes
- **Stufe 2**
Paarvergleiche über die Entscheidungselemente
(= Alternativen und Kriterien)
- **Stufe 3**
Errechnung von Prioritäten innerhalb der
Entscheidungselemente und Konsistenzcheck
- **Stufe 4**
Rangreihung der Alternativen durch Aggregation der
Prioritäten der Entscheidungselemente über die gesamte
Hierarchie bzw. das gesamte Netzwerk

Axiome

- **Axiom 1 (paarweise Reziprozität)**

Entscheider kann jeweils zwei Elemente in Bezug auf ein Merkmal paarweise auf einer reziproken Skala vergleichen ($a_{ij} = 1/a_{ji}$)



- **Axiom 2 (Endlichkeit)**

Ein Element wird niemals als unendlich viel besser als ein anderes betrachtet ($a_{ij} \ll \infty$)

- **Axiom 3 (Strukturierbarkeit)**

Ein Entscheidungsproblem lässt sich als Hierarchie oder als Netzwerk formulieren

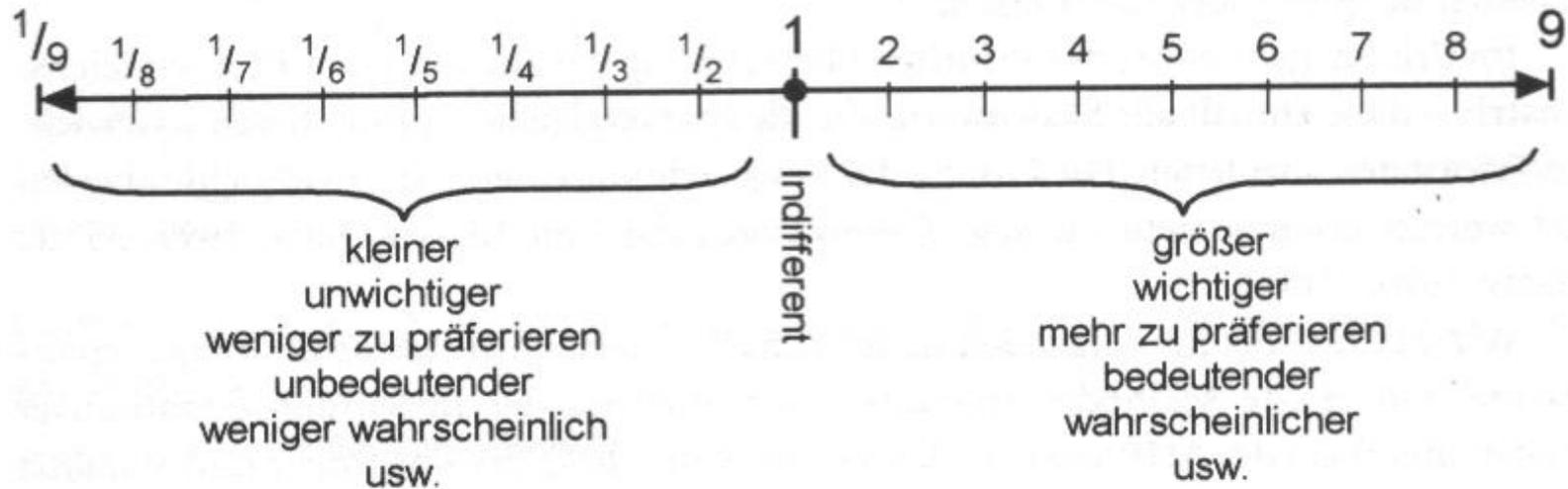
- **Axiom 4 (Vollständigkeit)**

Hierarchie enthält alle Alternativen und Kriterien

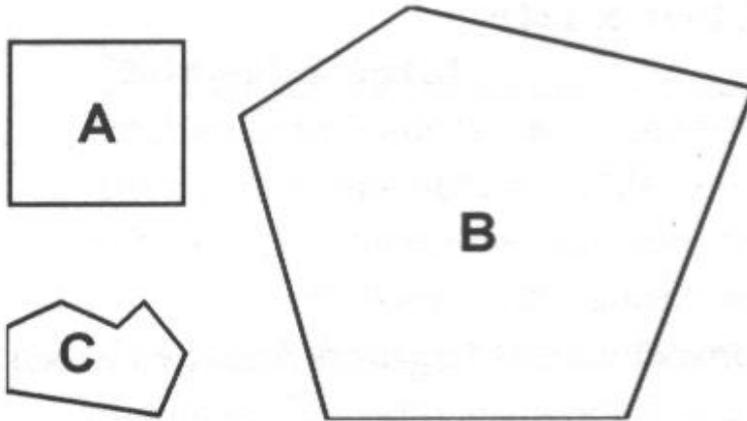
Skala für Paarvergleiche

AHP-Werte	Beschreibung	Interpretation
1	gleiche Bedeutung	Beide miteinander verglichenen Elemente haben die gleiche Bedeutung (immer im Bezug auf das Element der nächsthöheren Stufe).
3	etwas größere Bedeutung	Erfahrung und Einschätzung sprechen für eine etwas größere Bedeutung des einen Elements im Vergleich zum anderen Element.
5	erheblich größere Bedeutung	Erfahrung und Einschätzung sprechen für eine erheblich größere Bedeutung des einen Elements im Vergleich zum anderen Element.
7	sehr viel größere Bedeutung	Die erheblich größere Bedeutung, die ein Element im Vergleich zum anderen Element hat, konnte in der Vergangenheit klar gezeigt werden.
9	absolut dominierend	Der größtmöglichen Bedeutungsunterschied, der zwischen zwei Elementen denkbar ist.
2, 4, 6, 8	Zwischenwerte	Feinabstufung

Reziproke Skala für Paarvergleiche



Evaluationsmatrix durch Paarvergleiche



	A	B	C
A	1	1/5	2
B	5	1	3
C	1/2	1/3	1

Red arrows highlight the values 2, 3, and 1 in the matrix, indicating a path from A to C, B to C, and C to C.

a_{ij} = Einschätzung von Element i in Bezug auf Element j

Reziprozität und vollständige Evaluationsmatrix P

$$P = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & a_3 & \dots & a_n \\ a_1 & a_2 & a_3 & \dots & a_n \\ a_2 & a_2 & a_3 & \dots & a_n \\ a_3 & a_2 & a_3 & \dots & a_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_n & a_2 & a_3 & \dots & a_n \end{bmatrix}$$

$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$

Flächenbeispiel

	A	B	C
A	1	1/5	2
B	5	1	8
C	1/2	1/8	1

bzw. $P = \begin{bmatrix} 1 & 1/5 & 2 \\ 5 & 1 & 8 \\ 1/2 & 1/8 & 1 \end{bmatrix}$

Ermittlung der Partialgewichte (Eigenvektor von P)

Vorüberlegung zu konsistenten Evaluationsmatrizen

- gesuchte Gewichte seien bereits bekannt
- Verhältnis zweier Elemente zueinander muss sich aus ihren Partialgewichten bestimmen lassen:

$$a_{ij} = w_i / w_j$$

$$P = \begin{bmatrix} w_1 / w_1 & w_1 / w_2 & w_1 / w_3 & \dots & w_1 / w_n \\ w_2 / w_1 & w_2 / w_2 & w_2 / w_3 & \dots & w_2 / w_n \\ w_3 / w_1 & w_3 / w_2 & w_3 / w_3 & \dots & w_3 / w_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_n / w_1 & w_n / w_2 & w_n / w_3 & \dots & w_n / w_n \end{bmatrix}$$

beachte:
gesuchter
Gewichtsvektor
kann durch
Normalisierung
jedes *beliebigen*
Spaltenvektors
gewonnen
werden

Gewichtsbestimmung als Eigenvektorproblem

$$\begin{bmatrix} w_1 / w_1 & w_1 / w_2 & w_1 / w_3 & \dots & w_1 / w_n \\ w_2 / w_1 & w_2 / w_2 & w_2 / w_3 & \dots & w_2 / w_n \\ w_3 / w_1 & w_3 / w_2 & w_3 / w_3 & \dots & w_3 / w_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_n / w_1 & w_n / w_2 & w_n / w_3 & \dots & w_n / w_n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n w_1 \\ n w_2 \\ n w_3 \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ n w_n \end{bmatrix}$$

$$P \cdot w = n \cdot w$$

$$P \cdot w - n \cdot w = 0$$

$$(P - n \cdot I) \cdot w = 0$$

Eigenvektorverfahren

- Konsistente Evaluationsmatrizen
 - n ist Eigenwert von P
 - w ist zugehöriger Eigenvektor
 - normalisiertes w ergibt den Gewichtsvektor
 - alle übrigen Eigenwerte sind null
- Leicht inkonsistente Evaluationsmatrizen
 - Bestimmung des größten Eigenvektors λ_{\max} ($> n$)
 - Bestimmung und Normalisierung des zugehörigen Eigenvektors
 - alle übrigen Eigenvektoren sind nahe null
 - **Kern des AHP:** Eigenvektor (Gewichtsvektor) ist relativ unempfindlich gegenüber kleinen Inkonsistenzen

Konsistenzmaße

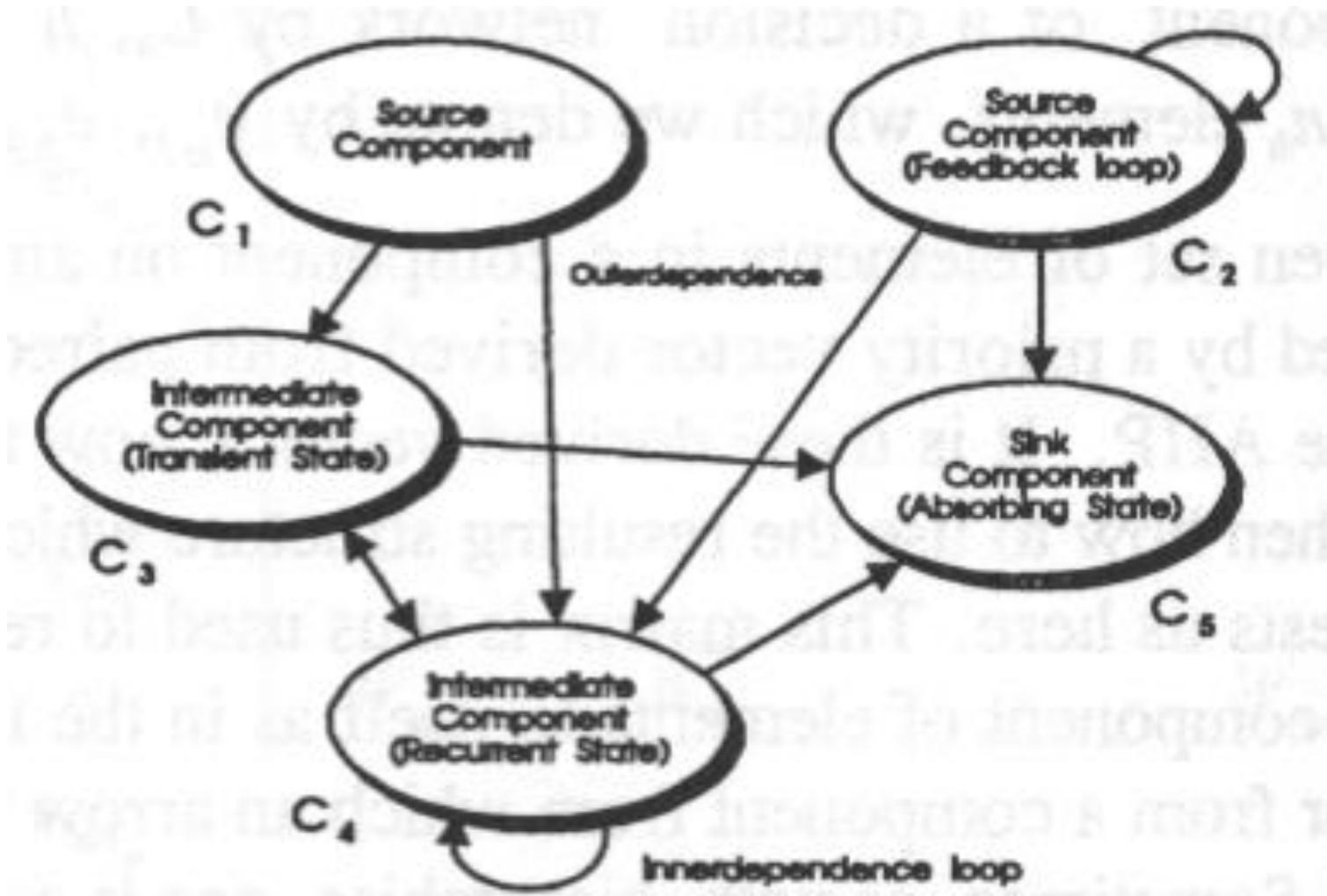
- Konsistenzindex $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$

- Konsistenzverhältniszahl $CR = \frac{CI}{R}$

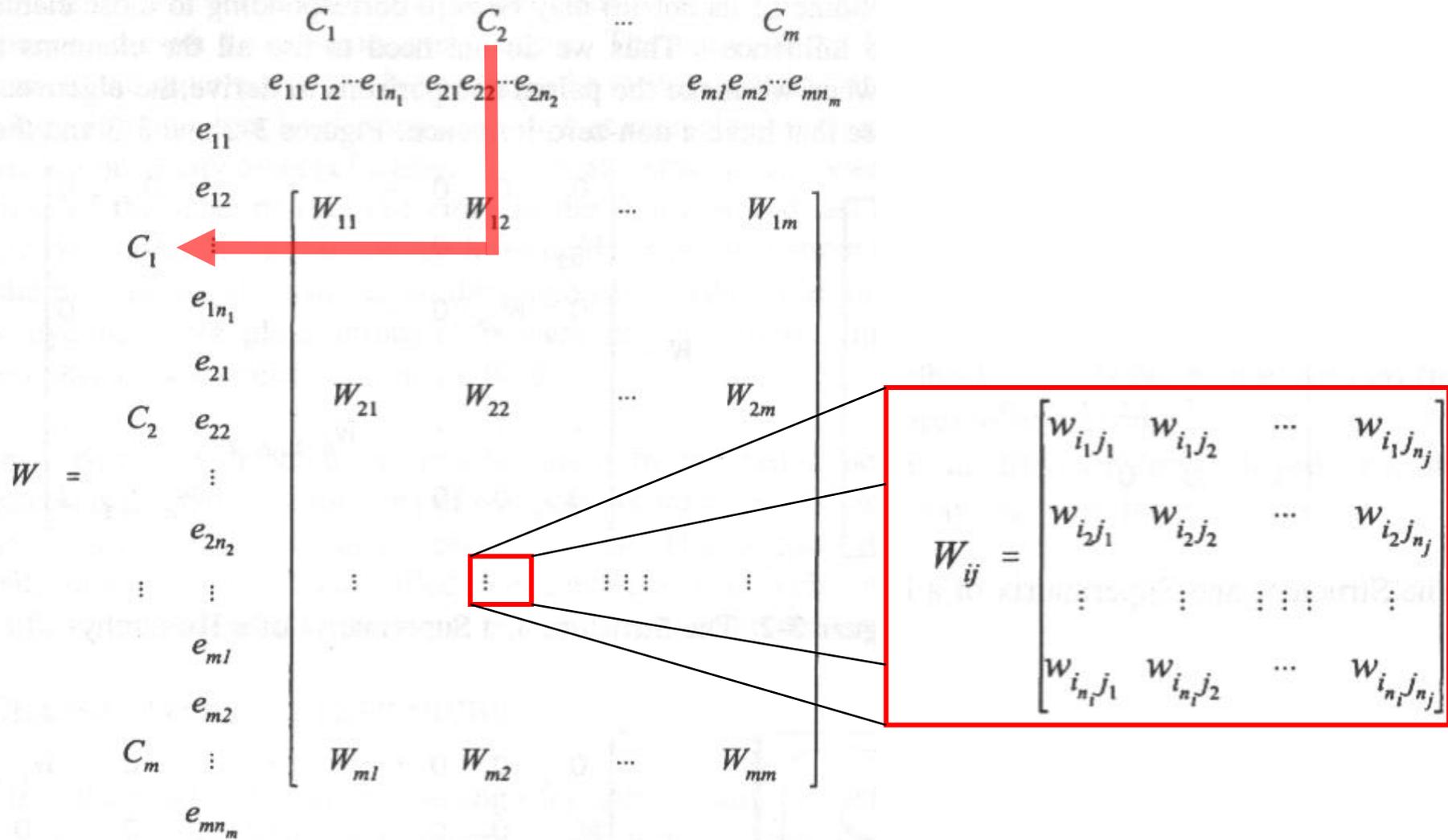
Größe der Matrix	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zufallskonsistenz R	0,00	0,00	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

- **Faustregel: $CR < 0,1$ (max. $< 0,2$)**
- $CR > 0,1 \Rightarrow$ Inkonsistenzdiagnose

Clustertypen



Supermatrix



Stochastizität der Supermatrix

- (Spalten-) Stochastizität
 - Summe der Spaltenelemente = 1
 - automatisch erfüllt bei Hierarchien und Holarchien
- allgemeine Netzwerke
 - paarweise Clustervergleiche
 - **Gewichtung** (ggfs. Re-**Normalisierung**) der Clusterzeilen mit Clustergewicht
 - ⇒ **Weighted Supermatrix**
- mathematischer Hintergrund
 - Eigenvektor stochastischer Matrizen ist immer 1
 - ermöglicht Anwendung (relativ) einfacher Lösungsverfahren
 - erlaubt inhaltliche Interpretation der Ergebnisse

ANP-Lösungsverfahren

- hinreichend häufige Potenzierung der (gewichteten) Supermatrix \Rightarrow **Limit Supermatrix**
- Stochastizität bewirkt Stabilisierung
 - einfach
 - zyklisch
- inhaltliche Interpretation
 - gegenseitige Beeinflussung (unendlich) oft wirken lassen (Wirkungsrunden)
 - Lösung ist das Ergebnis ein Abfolge direkter, indirekter, indirekt-indirekter, ..., Beeinflussung
 - analog: Input-Output-Matrizen

Feedback-Wirkung

gewichtet

	e_{11}	e_{12}	e_{13}	e_{21}	e_{22}	e_{31}	e_{32}	e_{41}	e_{42}
e_{11}	0.021	0.025	0.028	0.025	0.018	0.022	0.026	0.020	0.028
e_{12}	0.005	0.005	0.005	0.189	0.245	0.243	0.225	0.241	0.246
e_{13}	0.223	0.220	0.217	0.119	0.071	0.068	0.082	0.073	0.059
e_{21}	0.219	0.214	0.222	0.000	0.000	0.277	0.277	0.222	0.250
e_{22}	0.031	0.036	0.028	0.000	0.000	0.056	0.056	0.111	0.083
e_{31}	0.208	0.214	0.214	0.266	0.276	0.000	0.000	0.250	0.286
e_{32}	0.042	0.036	0.036	0.067	0.056	0.000	0.000	0.083	0.048
e_{41}	0.188	0.219	0.219	0.278	0.278	0.267	0.278	0.000	0.000
e_{42}	0.063	0.031	0.031	0.056	0.056	0.067	0.056	0.000	0.000

Limit

	e_{11}	e_{12}	e_{13}	e_{21}	e_{22}	e_{31}	e_{32}	e_{41}	e_{42}
e_{11}	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
e_{12}	0.159	0.159	0.159	0.159	0.159	0.159	0.159	0.159	0.159
e_{13}	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125
e_{21}	0.183	0.183	0.183	0.183	0.183	0.183	0.183	0.183	0.183
e_{22}	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047
e_{31}	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187
e_{32}	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044
e_{41}	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193
e_{42}	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038

Interpretation und Sensitivitätsanalyse

- Interpretation
 - Alternativenordnung
 - Aussage über den Vorsprung des Favoriten
- Sensitivitätsanalyse
 - Einfluss der Merkmalsgewichtung auf die Alternativenbewertung (Gesamtgewichte)
 - Break-Even-Berechnung (Änderung der Alternativenordnung)
 - wichtig insbesondere bei knappem Ausgang

ANP in der Wissensbasierten Markt Diagnostik

- Nutzung des ANP als Basistechnologie für markt- und wettbewerbstheoretische Argumentation
- alternative Prioritätenermittlung problemlos in Konzept der Supermatrix integrierbar
 - Fuzzy-Logik
 - Bayes
 - ...

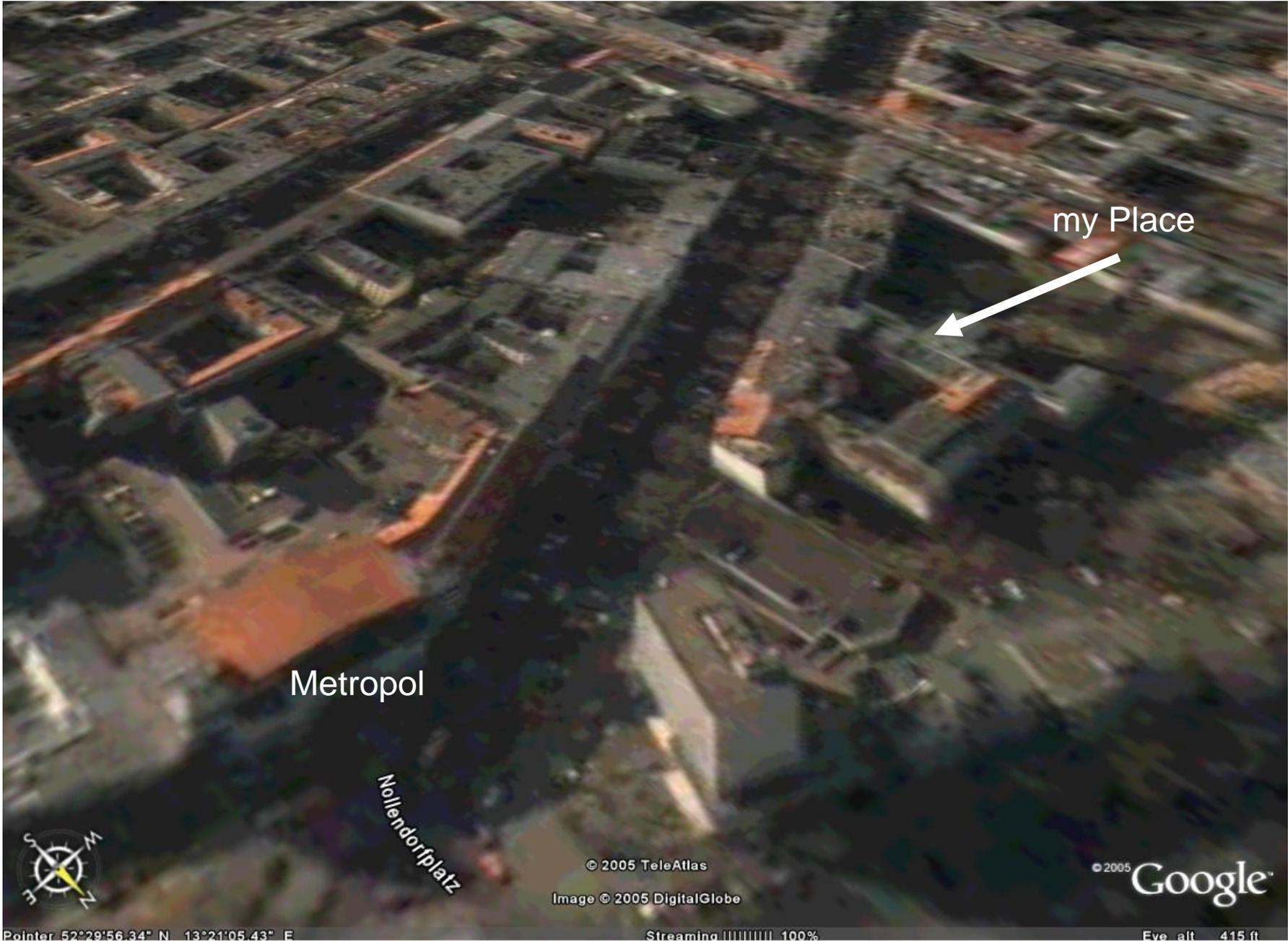
Software-Prototyp



Fortsetzung ...

... folgt:

aus BERLIN



my Place



Metropol

Nollendorfplatz



© 2005 TeleAtlas

Image © 2005 DigitalGlobe

© 2005 Google™

Pointer: 52°29'56.34" N 13°21'05.43" E

Streaming [|||||] 100%

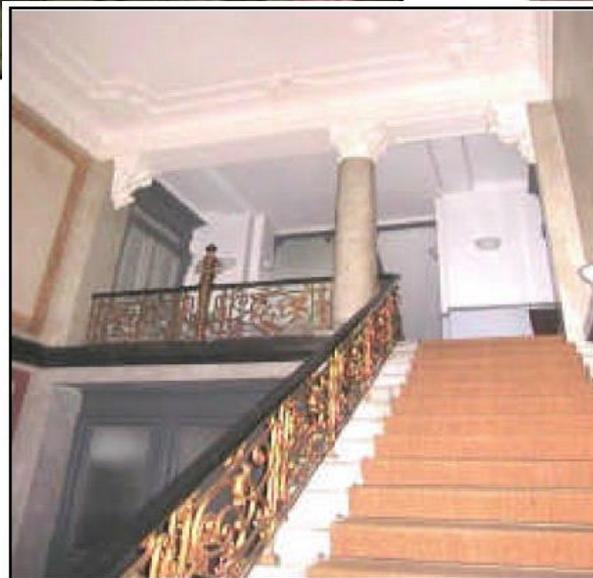
Eye alt 415 ft



Entrance



Inner Courtyard



Entrance, Front Building



Hall/Corridor



Kitchen-
Living
Room



Bath