



RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

Energiecluster deutscher Städte – Clusteranalyse deutscher Städte anhand sozio-energetischer Indikatoren

EnInnov 2016, 14. Symposium Energieinnovation

Donnerstag, 11. Februar 2016

Wilhelm Wall, Hermann-Josef Wagner, Marco K. Koch

Agenda

- Einleitung und Zielsetzung
- Grundlagen der Arbeit
 - Untersuchungsrahmen
 - Vorgehen und Methodik
- Ergebnisse der durchgeführten Untersuchung
 - Ergebnisse Faktoranalyse
 - Ergebnisse Clusteranalyse
- Zusammenfassung und Ausblick

Einführung und Zielsetzung

Hintergrund/ Wettbewerb Energieeffiziente Stadt

- Energie ist ein Grundbedürfnis unseres Lebens
- Städte als System bilden große Energieverbraucher ab
- Städte werden in das Wirken zum Erreichen der Klimaziele einbezogen
- Förderung z. B. im Projekt *Wettbewerb 'Energieeffiziente Stadt'*

Ziele der Untersuchung

- Anwendung der Clusteranalysemethode auf Städte als Gesamtsystem
- Ermittlung von Städtegruppen auf Basis sozio-energetischer Indikatoren
- Erarbeitung einer Hilfe zur Entscheidungsfindung und Übertragbarkeit kommunaler Energieeffizienzmaßnahmen/ -konzepte

Grundlagen - Untersuchungsrahmen

STÄDTE UND SEKTOREN

■ Betrachtete Städte

Stadt	Einwohnerzahl	Anzahl der Städte
Millionenstadt	>1.000.000	4
Großstadt	>100.000	62
Mittelstadt	50.000 – 100.000	23
Kleinstadt	<50.000	18

■ Betrachtete Sektoren

- Die Verbrauchssektoren Haushalte, Verkehr, Industrie und GHD
- Verschieden starke Ausprägung → z. T. in Abhängigkeit von der Stadtgröße, der geografischen Lage sowie der historischen Entwicklung
- Die Grenzen zwischen den Sektoren nicht immer eindeutig

Grundlagen - Untersuchungsrahmen

INDIKATOREN UND DATENLAGE

■ Datenverfügbarkeit und Datenlage

- Ziel: die Nutzung frei zugänglicher, öffentlicher Daten - Basierend auf der offiziellen Datenerfassung und -erhebung sowie Fortschreibungen
- z. B. Statistische Bundes- und Landesämter, Verbände, Zensus- und Unternehmensdaten
- Aktualität und Kostenfreiheit, jedoch auch mit Datenlücken

■ Ermittelte Indikatoren

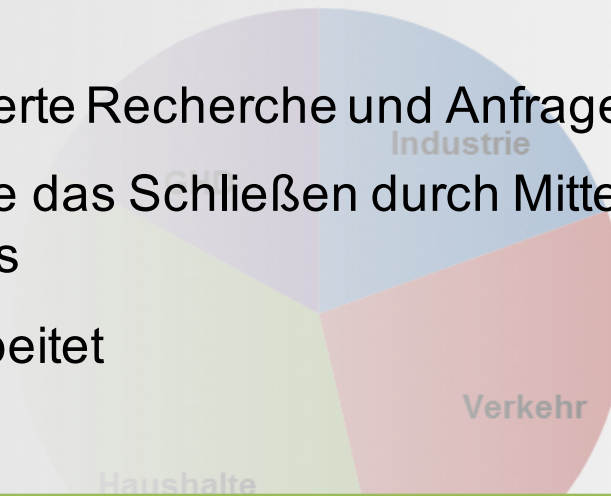
- Top-Down Ansatz bei der Indikatorerarbeitung
- Verschieden verteilte Qualität und Quantität der Daten zur Berechnung der Indikatoren einzelner Sektoren
- Erarbeitung mittelbarer und nicht mittelbarer Indikatoren zur kennzahlgestützten Beschreibung der Städte

Grundlagen - Untersuchungsrahmen

INDIKATOREN UND DATENLAGE

■ Datenvorbereitung

- Datenlücken - Schließen durch gesonderte Recherche und Anfragen
- Sofern letzte Lücken verblieben, erfolgte das Schließen durch Mittelwerte aller Indikatorwerte desselben Indikators
- 41 sozio-energetische Indikatoren erarbeitet



Sektor	Anzahl Indikatoren	Indikatoren aus den Bereichen
Haushalte	15 Indikatoren	Energieverbrauch, Klima, Wohnen, Sozialindikatoren
Verkehr	11 Indikatoren	Motorisierung, ÖPNV, Fahrstrecke, Pendleranteil
Industrie	8 Indikatoren	Beschäftigtenanteile, Energieintensität, Umsatzsteuer
GHD	7 Indikatoren	Beschäftigtenanteile, Energieintensität, Umsatzsteuer

Grundlagen – Vorgehen und Methodik

VORGEHEN BEI DER CLUSTERANALYSE

■ Grundgedanke der Clusteranalyse

- Statistische Methode, um diverse Objekte sinnvollen Gruppen zuzuordnen, die u.U. nicht offensichtlich zu erkennen sind (entdecken)

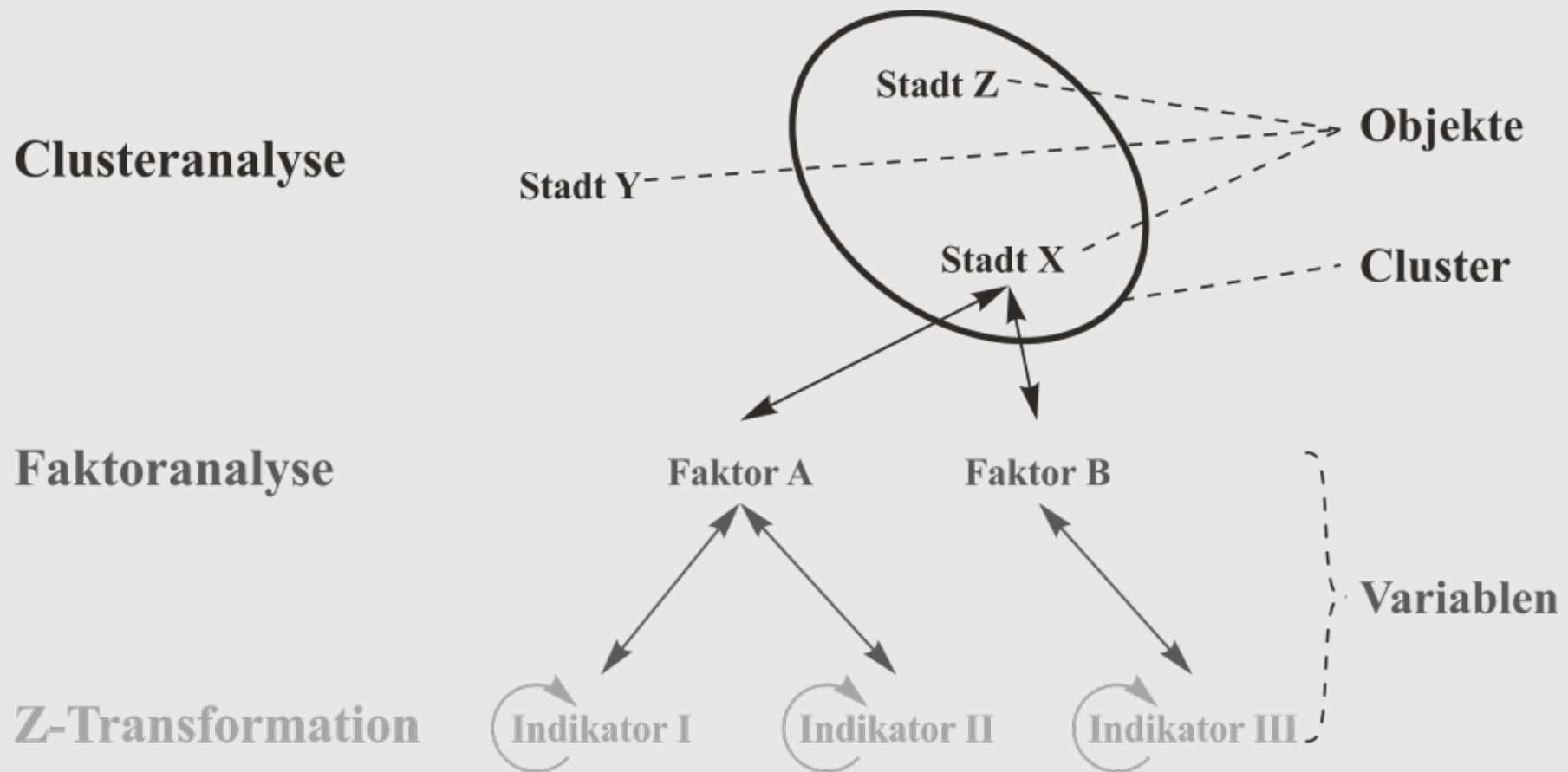
→ **Clustergrundidee: „Objekte im Cluster möglichst homogen - Cluster zueinander möglichst heterogen“**

■ Schematisches Vorgehen

- Vielzahl clusteranalytischer Vorgehen vorhanden: z. B. partitionierend, optimierend, hierarchisch – kein allgemeingültiges Vorgehen
- Gewählte Schritte der Clusteranalyse in SPSS:
 - Z-Transformation
 - Faktoranalyse
 - Clusteranalyse

Grundlagen – Vorgehen und Methodik

VORGEHEN BEI DER CLUSTERANALYSE



Grundlagen – Vorgehen und Methodik

METHODISCHES VORGEHEN

Z-Transformation – Schritt 1:

- Homogenisierung von Variablenwerten
- Gleiche Größenordnung trotz verschiedener Skalenniveaus
- Im mathematischen Sinn kommt den Indikatoren die gleiche Bedeutung zu
- Ergebnisverbesserung

Faktoranalyse – Schritt 2:

- Reduktion des Datenumfangs unter Aufrechterhaltung der Aussagekraft
- Ermittlung stat. sinnvoller Faktoren „künstliche Variablen“
- Gleiche Gewichtung der Indikatorwerte

Clusteranalyse – Schritt 3:

- Hierarchische, agglomerative Clusteranalyse
- Zuordnung von Städten zu statistisch sinnvollen Gruppen
- Ermittlung disjunkter Cluster – keine Überlappung der Cluster
- Clusterzuordnung einer Stadt mit Wahrscheinlichkeit eins oder null

Ergebnisse der durchgeführten Untersuchung

ERGEBNISSE FAKTORANALYSE

■ Faktoranalyse

- Extraktion von 11 Faktoren mit Hilfe von Korrelation
- Korrelation: Abhängigkeit der Variablen untereinander
- In fünf Durchläufen wurde die Indikatorzahl von 41 auf 34 reduziert
- Indikatorzusammenschluss eines einzelnen Sektors nicht möglich

■ Beispiel Indikatorzuordnung

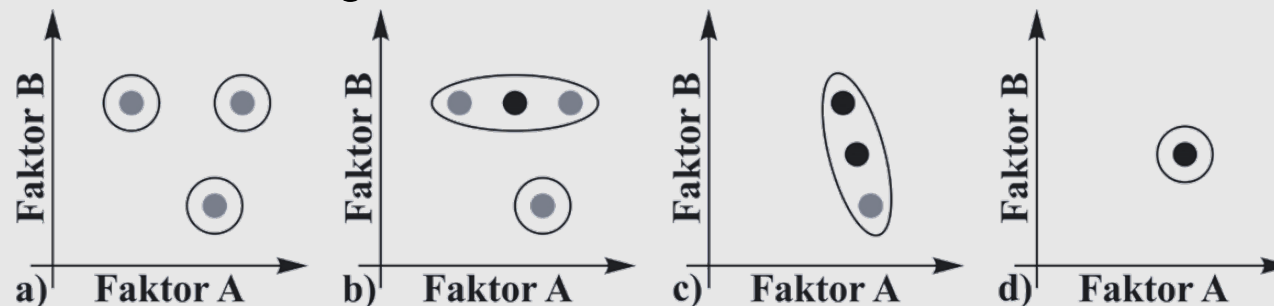
Faktor	Indikator	Faktorladung
Faktor 2	Haushaltsdichte [HH/km ²]	0,906
	Bevölkerungsdichte [Pers/km ²]	0,901
	Anteil Siedlungs- und Verkehrsfläche an Gesamtfläche [%]	0,852
	Anteil Wohnungen in 1-2 Familienhäusern [%]	-0,56

Ergebnisse der durchgeführten Untersuchung

ERGEBNISSE CLUSTERANALYSE – ZUORDNUNG UND CLUSTERANZAHL

■ Zuordnung – Ward-Algorithmus

- Zusammenführung der Städte mit geringer Erhöhung der Streuung
- Strukturiertes Vorgehen durch schrittweise Zusammenführung



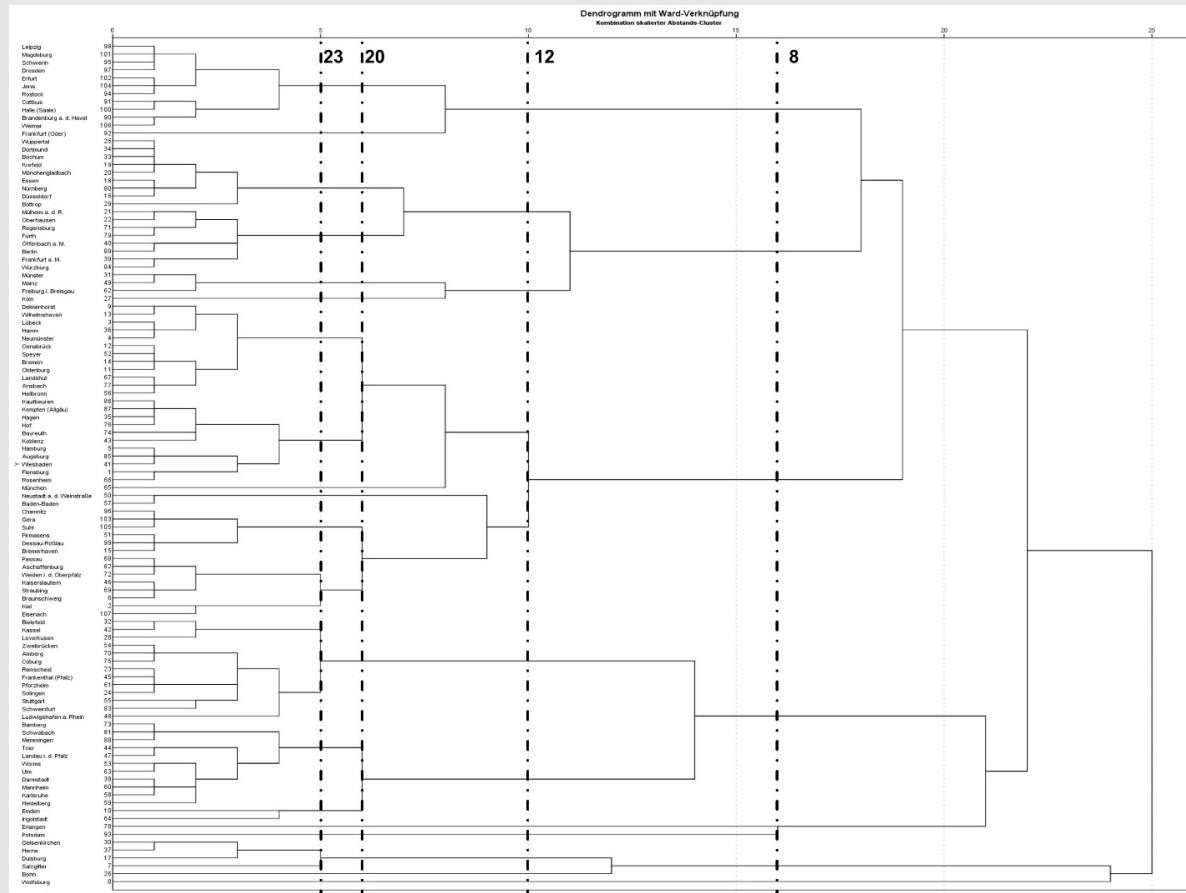
■ Bestimmung der Clusteranzahl

- Bestimmung aus der Steigung der Fusionskoeffizienten und -schritt
- Hohe Ähnlichkeit → Geringer Koeffizientenanstieg → Homogenes Cluster
- Clusterzahlannahme mit:
 - mathematischer Lösung
 - Erfüllung der Clustergrundidee
 - Dendrogramm der Fusionsschritte

Ergebnisse der durchgeführten Untersuchung

ERGEBNISSE CLUSTERANALYSE - DENDROGRAMM

■ Grafische Darstellung der Fusionsschritte

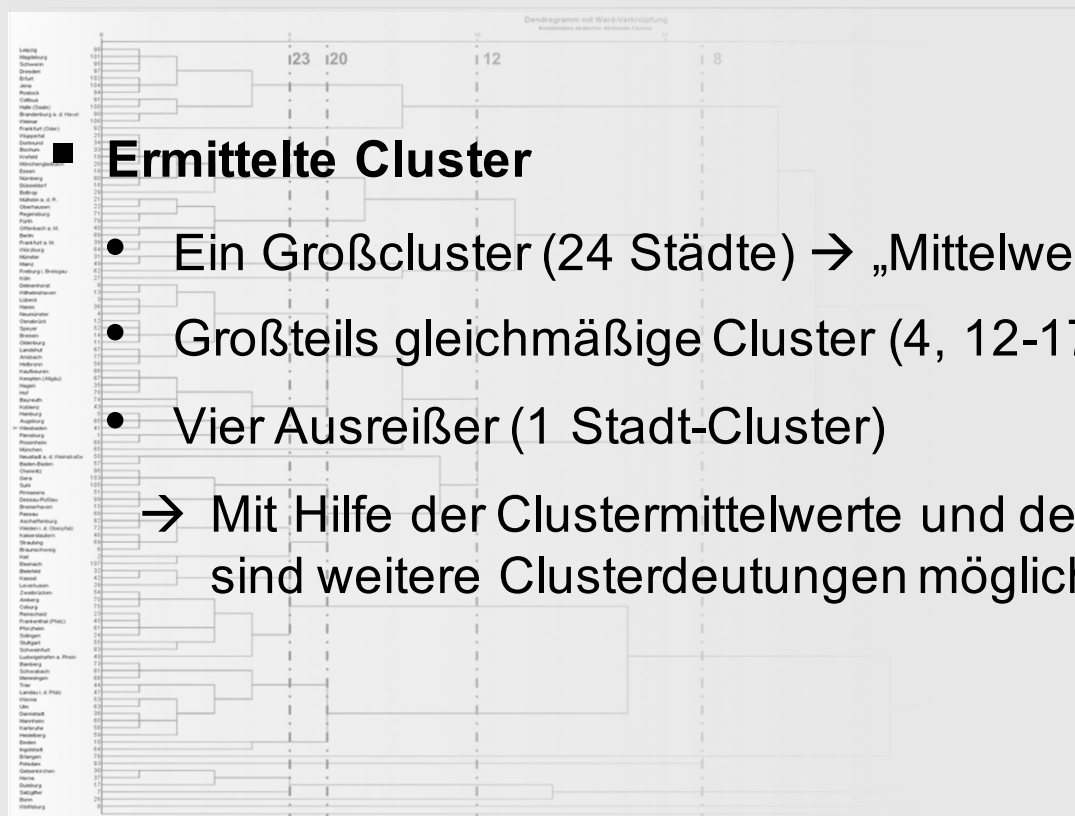


■ Clusterlösungen

Kategorien	Cluster- lösungen
Theoretisch mögliche Lösungen	106, 105, 101, 53, 46, 31, 23, 20, 12, 8
Ausschluss	106, 105, 101
Unrelevant	53, 46, 31
Sinnvoll	23, 20, 12, 8

Ergebnisse der durchgeführten Untersuchung

ERGEBNISSE CLUSTERANALYSE – CLUSTERLÖSUNG



Cluster	Anzahl der Städte
Cluster 1	24 Städte
Cluster 2	16 Städte
Cluster 3	4 Städte
Cluster 4	1 Stadt
Cluster 5	13 Städte
Cluster 6	17 Städte
Cluster 7	13 Städte
Cluster 8	1 Stadt
Cluster 9	4 Städte
Cluster 10	1 Stadt
Cluster 11	12 Städte
Cluster 12	1 Stadt

Zusammenfassung und Ausblick

■ Zusammenfassung - Fazit

- + Sozio-energetische Indikatoren für Typisierung deutscher Städte geeignet
- + Betrachtung von Städten als Gesamtgefüge möglich
- + Clusterung der 107 Städte ergab 12 Energiecluster
- + Deutung der finalen Cluster über Faktoren
- Keine Aussage bzgl. Überprüfung der pauschalen Übertragbarkeit von Maßnahmen
- „Hilfestellung keine Entscheidungsabnahme“

■ Ausblick

- Elimination von Ausreißerstädten → Qualität der Cluster
- Detaillierter Fokus auf einzelne Sektoren → Anwendungsbereiche und Hilfen Erproben
- Synergieeffekte → Hilfe durch statistische Struktur der Cluster
- Beachtlicher Wegfall an Arbeitsaufwand durch Vorauswahl

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Das diesem Beitrag zugrunde liegende Vorhaben wird mit den Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 03SF0415A gefördert.