AP5.1: Systemtheorie umrichterdominierter Netze

Timo Dewenter, Alexander K. Hartmann - Universität Oldenburg

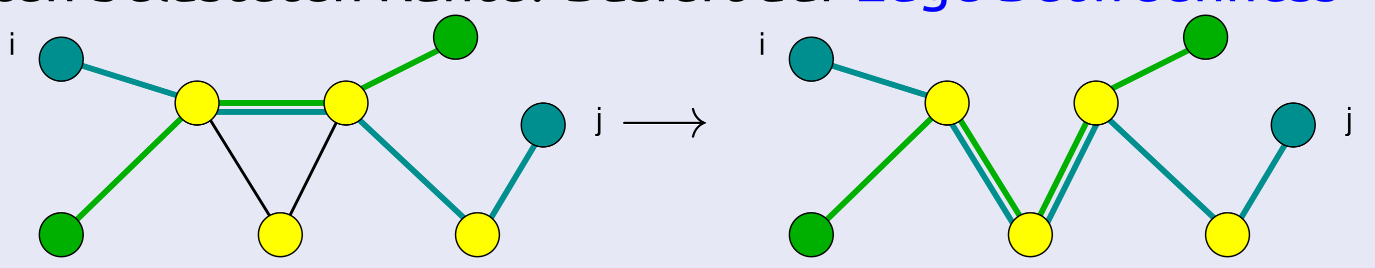
Benjamin Werther, Wiebke Heins, Hans-Peter Beck, Christian Bohn - TU Clausthal

▶ Forschungsfrage und Kontext

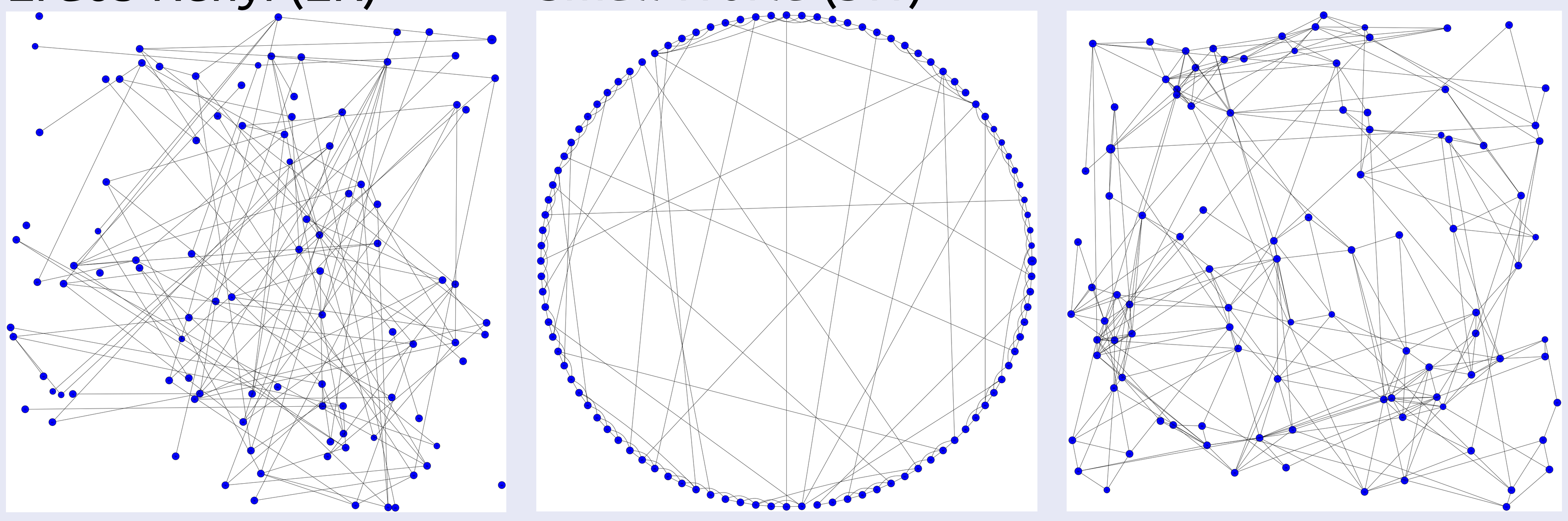
Erneuerbare Energien: Mehr dezentrale und fluktuierende Quellen
$\rightarrow$ Herausforderung: *Netzstabilität*

Wie sehen die besten / die typischen / die schlechtesten Netzwerktopologien aus?

Vorstudie für Methodenentwicklung:
Backup-Kapazität = Maß für Netzwerk-Widerstandsfähigkeit. Wie stark erhöht sich lokal der Energiefluss maximal bei Entfernen der am stärksten belasteten Kante? Basiert auf Edge Betweenness



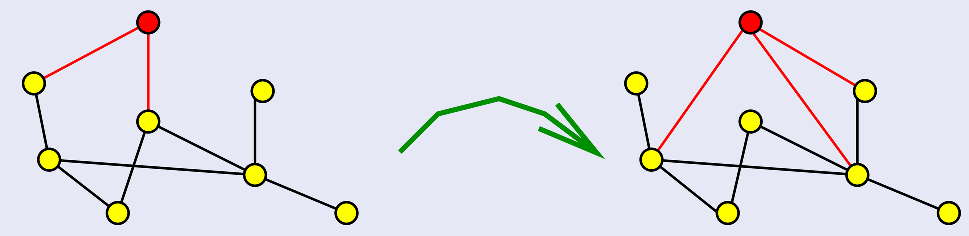
Unterschiedliche Ensembles:



Erdős-Rényi (ER)	Small World (SW)	Räumliche Netze
c : mittlerer Grad	p = W'keit für Umsetzung	Zufällige Positionen $p_{ij} \sim a(1+d_{ij})^{-\alpha}$

▶ Methodik

Monte Carlo Simulation: Ändere Graphen schrittweise:



Metropolis Algorithmus:

$$p_{\text{Metr}} = \min\left\{1, e^{-[S(G^*)-S(G(t))]/T}\right\} .$$

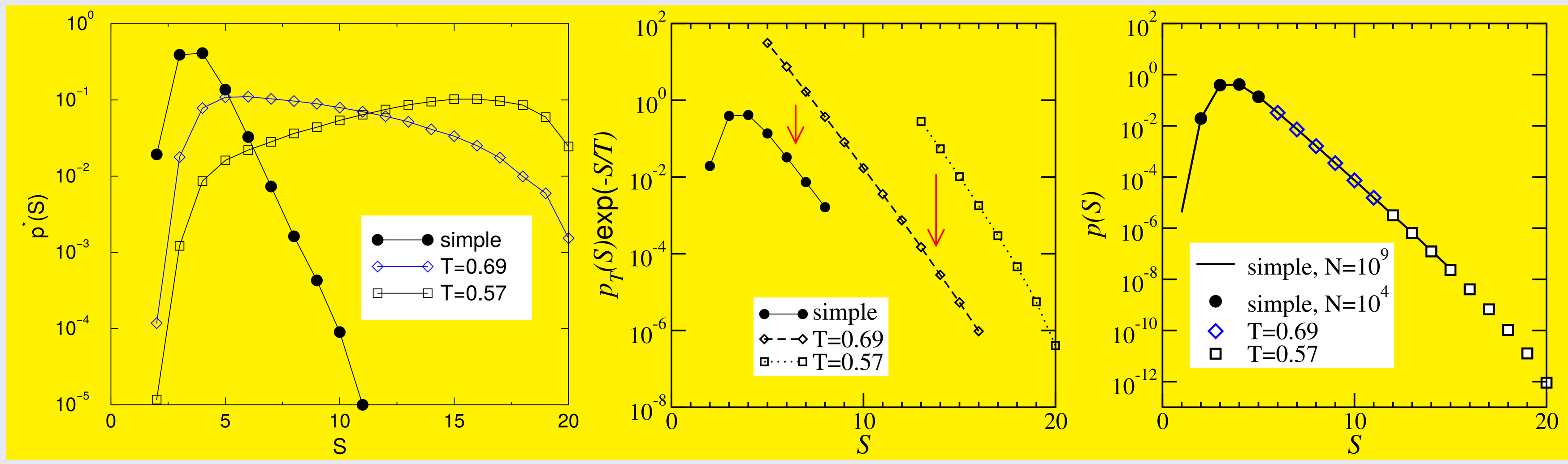
T: Fokus-Parameter, $G(t)$: Graph bei Zeitschritt t, S: Messgröße, G^*: geänderter Graph

$P_T(S)$: gemessene Verteilung, $P(S)$: gesucht [1]:

$$P(S) = e^{S/T} Z(T) P_T(S)$$

T beliebig $\rightarrow$ Simulation bei mehreren Werten

$Z(T)$ durch „Matching" von Verteilungen:

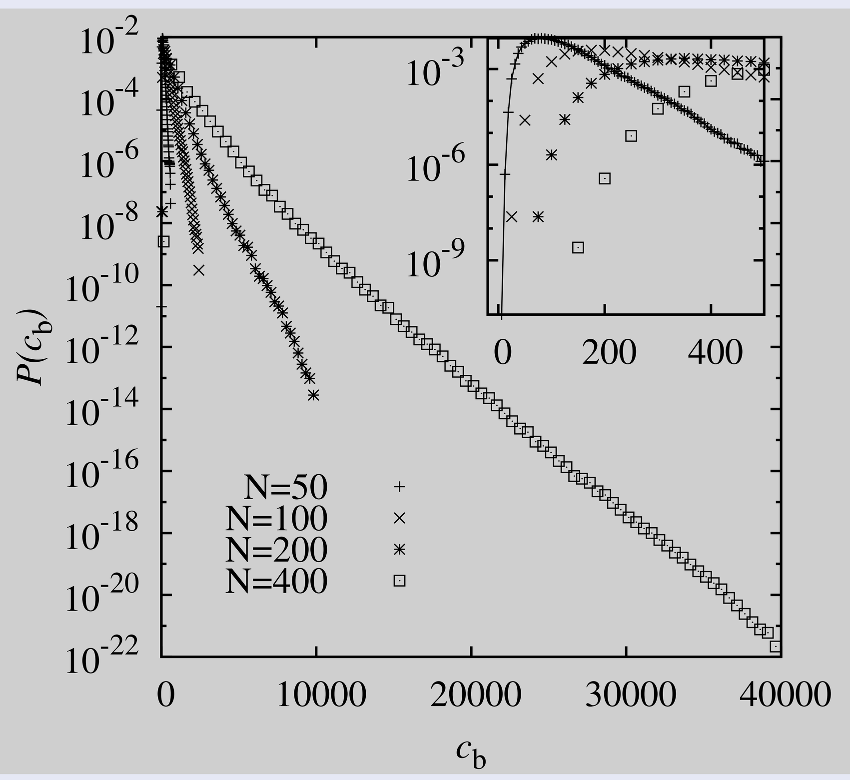


[1] A.K. Hartmann, Phys. Rev. E **65**, 056102 (2002)

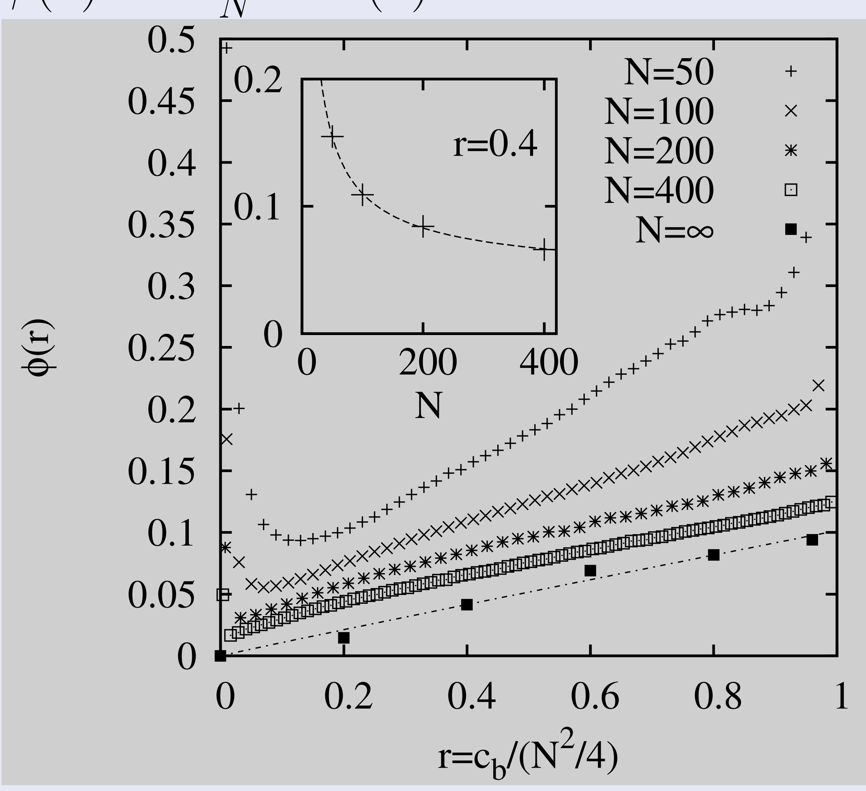
▶ Ergebnisse

Ergebnisse zum Transportmodell

Verteilung der Backup-Kapazitäten (SW) [2]



Konvergenz der Ratenfunktion $\phi(r) = -\frac{1}{N} \ln P(r)$



Korrelationen mit verschiedenen Netzwerkcharakteristiken
$\rightarrow$ Faustregeln:

- ▶ Viele Kanten sind gut (aber teuer)
- ▶ Kleiner Graphdurchmesser ist gut

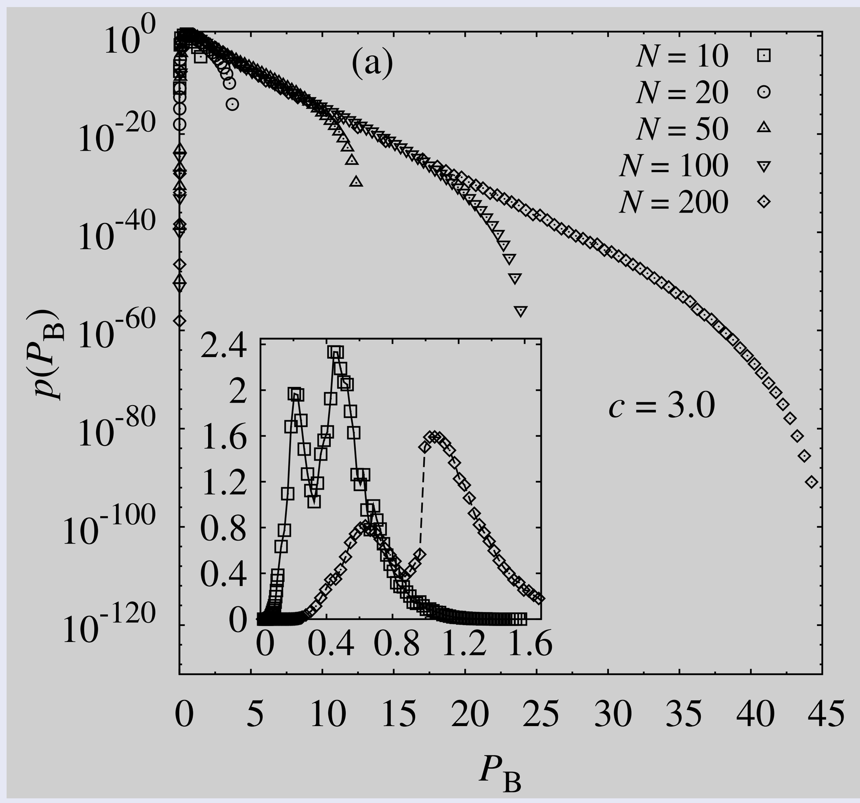
Vergleiche Ergebnisse mit Stabilitätsanalyse (über Eigenwerte) von Kuramoto(-artigen) Oszillatoren [3].

Ergebnisse zum Lastflussmodell

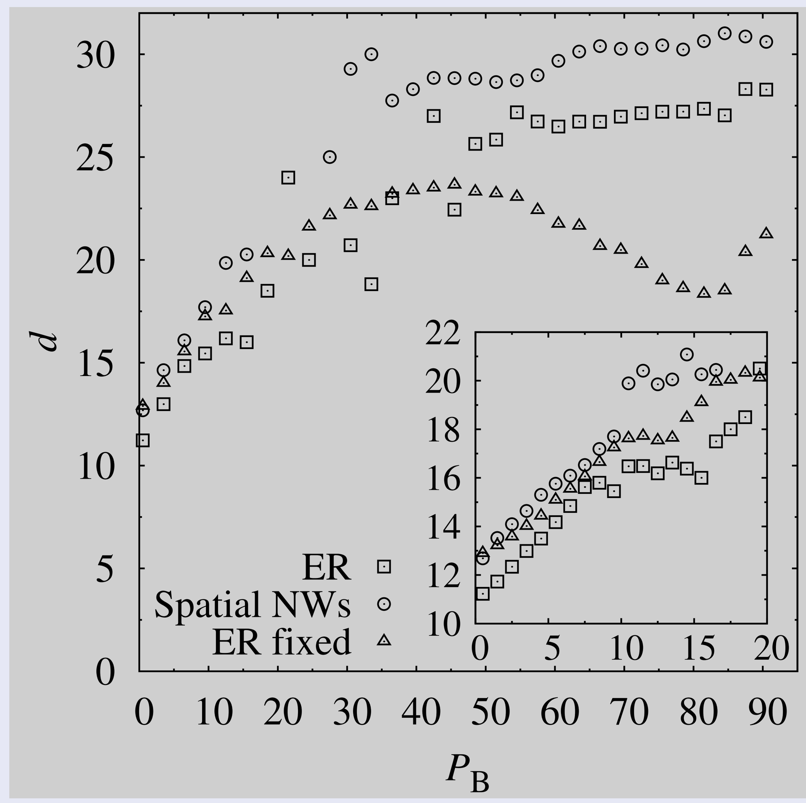
Betrachte linearisierten, stationären Lastfluss (nur Wirkleistung und verlustfreie Leitungen) an Knoten j des Netzwerks:

$$P_j + P^{\text{MAX}} \sum_i a_{ij}(\phi_i - \phi_j) = 0.$$

mit Wirkleistungsverbrauch, bzw. -erzeugung P_j, maximaler Leitungskapazität P^{MAX}, Adjazenzmatrix a_{ij} und Phasenabweichungen der Synchronmaschinen ϕ_j.



Verteilung $p(P_B)$ der Backup-Kapazitäten P_B (ER) [4]



Mittlerer Graphdurchmesser d als Funktion von P_B

[2] A.K. Hartmann, Eur. Phys. J B **87**, 114 (2014)

[3] A.K. Hartmann, B. Werther, W. Heins, T. Dewenter, in Vorbereitung

[4] T. Dewenter, A.K. Hartmann, New J. Phys. **17**, 015005 (2015)

▶ Ausblick

- ▶ Anwendung auf weitere räumliche Netzwerke (Gabriel Graph, relative-neighborhood Graph, . . .)
- ▶ Berücksichtigung von Fluktuationen der Verbraucher und Erzeuger
- ▶ Einbeziehung von Blindleistung und Leitungsverlusten beim Lastflussmodell
- ▶ Berücksichtigung der Kosten (∼Länge) von neuen Leitungen
$\rightarrow$ ökonomisch realistischeres Modell

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg · OFFIS Institut für Informatik · Technische Universität Braunschweig · Leibniz Universität Hannover · NEXT ENERGY EWE-Forschungszentrum für Energietechnologie e.V. · TU Clausthal · efzn Energie-Forschungszentrum Niedersachsen