

English summary

3.2 Applications to epidemiology (continued)

- SIS model on an adaptive network (key idea: probability of rewiring: w)
- degree dynamics of an infected node: $k(t) = \langle k \rangle \exp(-wt)$
- probability for 1 additional infection: $p^* = \frac{w}{\langle k \rangle [1 - \exp(-w/p)]}$
 $\xrightarrow{w \rightarrow 0} \frac{1}{\langle k \rangle}$
 $\xrightarrow{w \rightarrow \infty} \frac{w}{\langle k \rangle}$
- effects: isolation and mixing
- bistability (2 coexisting stable fixed points)

3.3 Emergency situations

- collective response \Rightarrow changes in behavioral patterns (mobile phone records)
- spatial patterns: decay with distance from event
- temporal patterns: sudden increase (catastrophes), slow increase (scholastic events)
- social patterns: many layers — — —, few layers — — —

4 Kontrolle: Detektion, Eindämmung & Bekämpfung von Krankheitsausbreitung

4.1 Datenbank (Bsp.: Tierhandel)

EU-Regulationen verpflichten Mitgliedsländer, Daten zum Tierhandel zu erheben
 \Rightarrow Schweine, Rinder, Schafe, ...

Deutschland: HI-Tier (Herkunfts- und Informationssystem Tier)
Sicherheit

Ziel: Nachvollziehbarkeit von Zugängen/Abgängen (Handel) und Verbänden
+ Gesundheitszustände

Pflege/Eintragen in die Datenbank durch die landwirtschaftliche Betriebe
innerhalb von 7 Tagen.

\Rightarrow Kontaktnetzwerk: Knoten $\hat{=}$ Bauernhöfe / Schlachthöfe
Kanten $\hat{=}$ Handelskontakte

Bsp. Schweinehandel: ca. 100.000 Knoten, 200.000 Kanten pro Jahr
 ↳ strukturierte Produktionskette, Lebensdauer \approx 180 Tage

Struktur des Handelsnetzwerks:

$$Q = \frac{1}{2m} \sum_{i,j=1}^N \left(A_{ij} - \frac{k_i k_j}{2m} \right) \delta(C_i, C_j)$$

#Kanten
Adjazenzmatrix
Grad von Knoten i bzw. j

Clusterzugehörigkeit von Knoten i und $j \Rightarrow 1$, wenn im selben Cluster
 oder 0 , wenn in verschiedenen Clustern

\approx # Kanten innerhalb des Cluster
 - # erwartete Kanten

Sortiere N Knoten in Cluster C_1, C_2, \dots , sodass die Modularität maximiert wird.
 \Rightarrow hohes $Q \hat{=}$ hohes Modularität

Preventive Veterinary Medicine 98 (2011) 176–181



Contents lists available at ScienceDirect

Preventive Veterinary Medicine

journal homepage: www.elsevier.com/locate/prevetmed



Trade communities and their spatial patterns in the German pork production network

H.H.K. Lentz^{a,e}, M. Kenschake^a, K. Teske^a, M. Kasper^{a,d}, B. Rother^{b,c}, R. Carmanns^b, B. Petersen^d, F.J. Conraths^a, T. Selhorst^{a,*}

^a Friedrich-Loeffler-Institut, Institute of Epidemiology, Seestr. 55, 16868 Wusterhausen, Germany
^b Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Ludwigstr. 2, 80539 München, Germany
^c HIT-CID Datenbank, Ludwigstr. 2, 80539 München, Germany
^d Institute of Animal Science, University of Bonn, Katzenburgweg 7-9, 53115 Bonn, Germany
^e Department of Physics, Humboldt University, Newtonstr. 15, 12489 Berlin, Germany

Number of premises and number of trade connections within the trade communities. The community IDs are arbitrarily chosen.

Community ID	Number of premises		Number of trade edges	
51	26,138	<i>Knoten</i>	81,768	<i>Kanten</i>
24	25,965		81,756	
9	19,923		46,546	
43	14,495		30,847	
61	11,420		20,455	
83	10,496		20,441	
17	4772		8836	
101	1222		1606	
132	660		783	
Others	4767		5231	
Total	119,858		298,269	

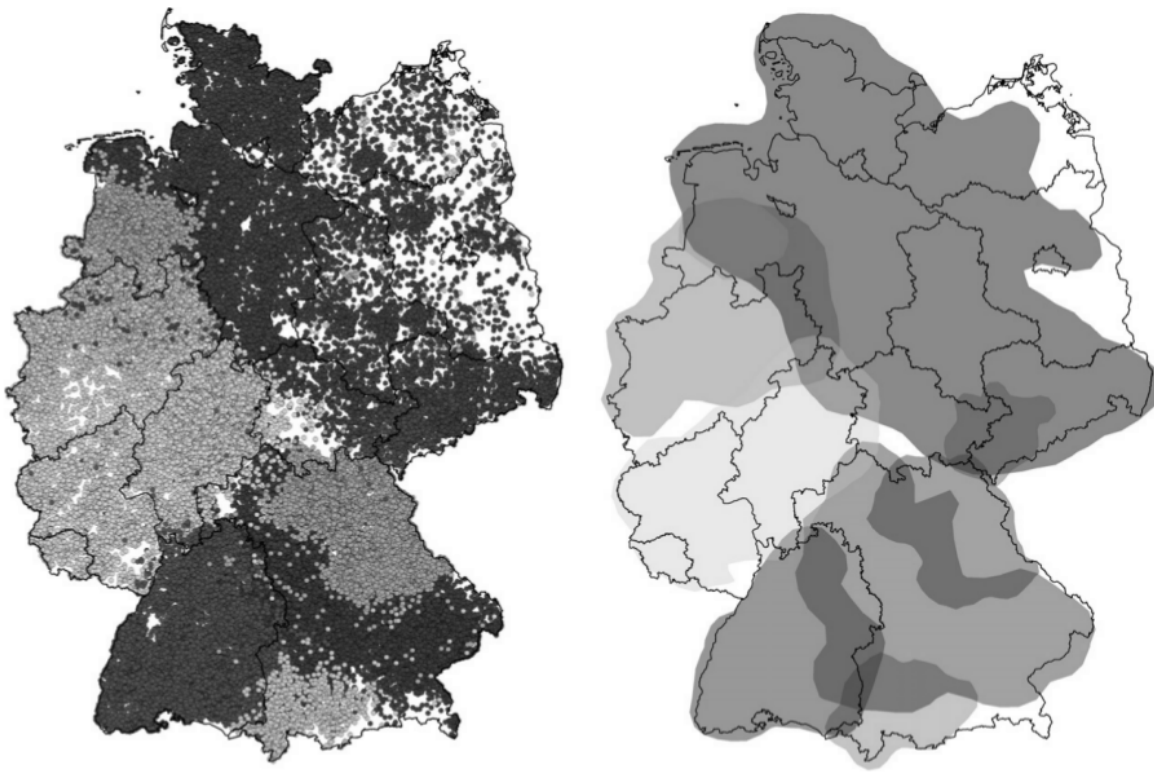
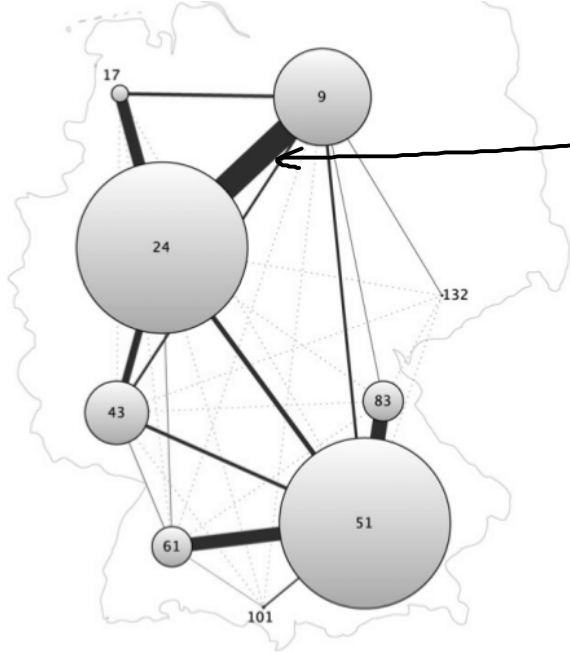


Fig. 1. Spatial distribution and overlap of the trade communities. Left: dots represent premises at their approximate locations. The coloring indicates their community membership. Right: regions of spatial overlap. The areas shown contain 95% of the premises of each cluster. The cluster IDs are: grey: 24, light blue: 17, red: 9, dark blue: 132, orange: 83, purple: 51, green: 101, pink: 61 and yellow: 43. The cluster IDs are arbitrarily chosen.

Modularität Q ist nur aus Netzwerkdaten berechnet, kennt keine geographischen Informationen. Die Knoten v_a und v_b sind zusammenhängende Gebiete / Cluster mit großer interner Vernetzung, Grenzen entlang geographischer, historischer oder administrativer Ränder



ca. 7000 Kontakte zwischen Cluster 9 und 24

Vgl. mit internen Kanten: 9 : 46.000 Links

24 : 81.000 Links

siehe Tabelle

Fig. 2. Network representation of the nine largest trade communities of the German pig production network. The size of the nodes corresponds to the number of intra community trade connections and the numbers are community IDs (see Table 1). The widths of the edges correspond to the number of trade contacts between communities, e.g. the maximum value is 7251 trade connections between communities 24 and 9. Dashed lines represent edges with less than 100 trade contacts. The position of the nodes approximately reflects the geographical locations of the trade clusters in Fig. 1.

4.2 Detektion von Ausbrüchen

Ziel: Identifikation von einer geringen Anzahl von Knoten, die bei einem Ausbruch früh und bei vielen verschiedenen Startpunkten beteiligt sind.

=> "sentinel nodes" (Wächter)

Optimizing surveillance for livestock disease spreading through animal movements

Paolo Bajardi^{1,2}, Alain Barrat^{2,3}, Lara Savini⁴
and Vittoria Colizza^{5,6,7,*}

Idee: Vergleich von Überlapp von Ausbreitungspfaden Γ_1 und Γ_2 beginnend bei zwei unterschiedlichen Knoten:

Jaccard-Index $\Theta_{12} = \frac{|V_1 \cap V_2|}{|V_1 \cup V_2|}$

$|V_i|$: #Knoten entlang Pfad Γ_i

Relative Größe der Schnittmenge

$\Rightarrow \Theta_{12} = 1$ für $|V_1 \cap V_2| = |V_1 \cup V_2|$

$\Theta_{12} = 0$ für $|V_1 \cap V_2| = 0, V_1 \cap V_2 = \emptyset$

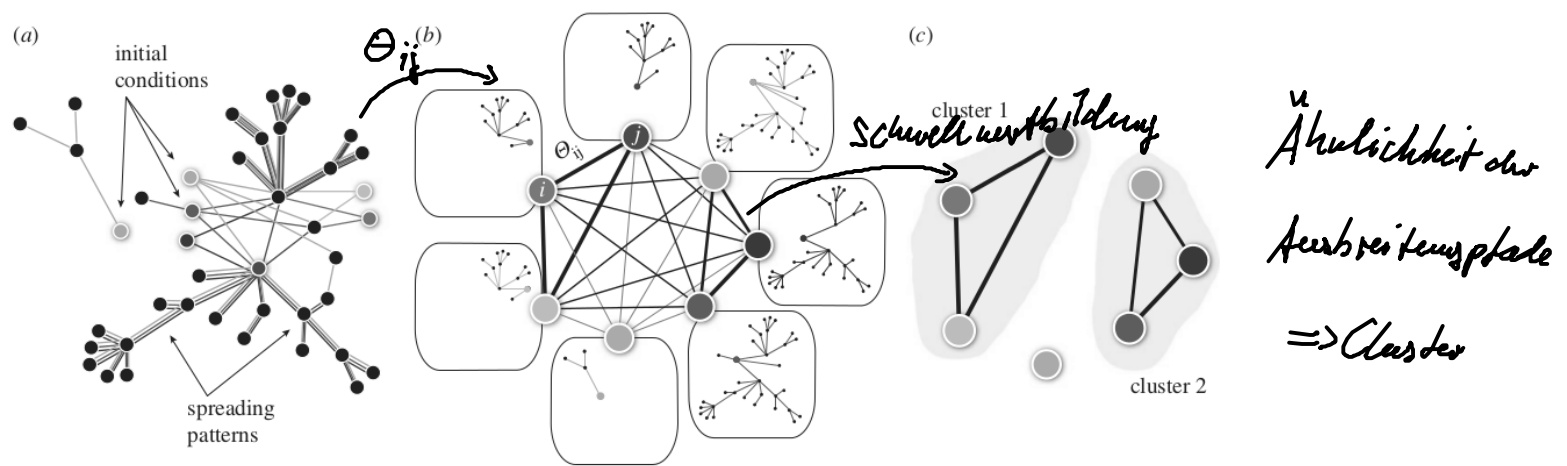
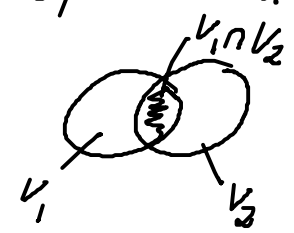
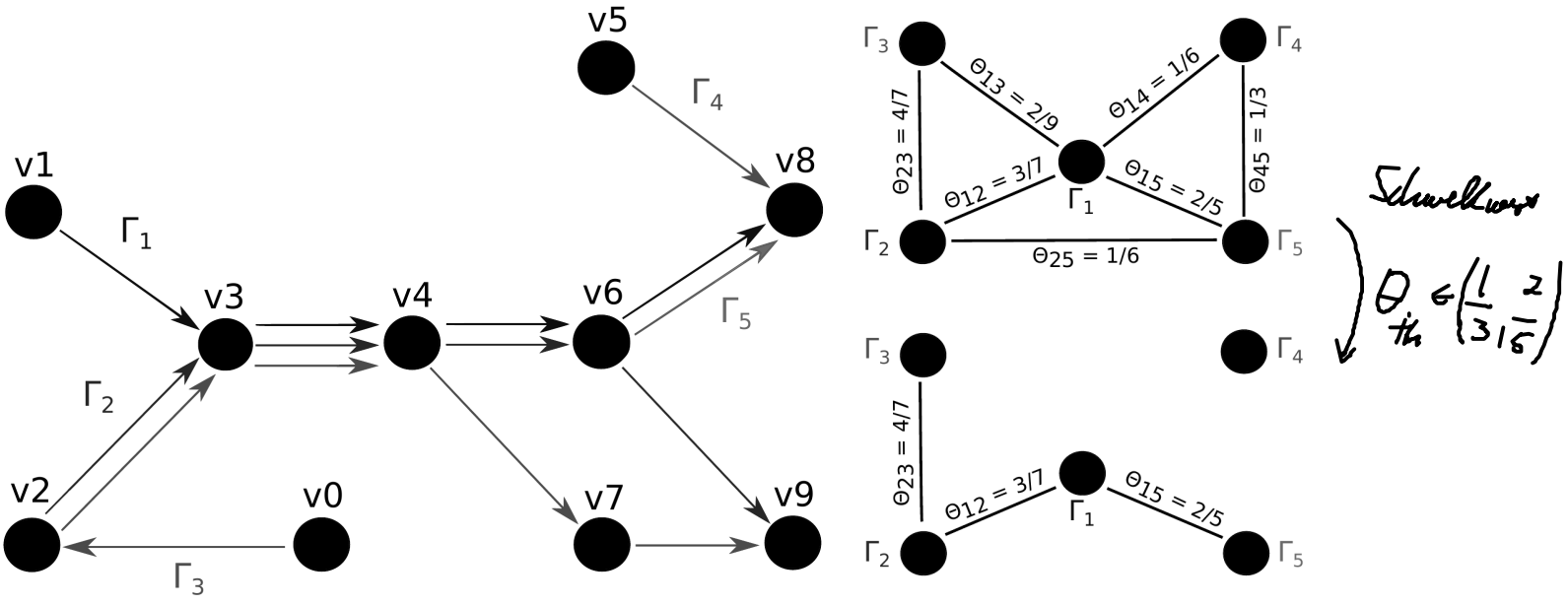


Figure 2. Schematic of the cluster detection procedure. (a) Different simulated invasion paths (coloured lines) obtained for different seeders (corresponding coloured nodes) are shown on the network. (b) The initial conditions similarity network (ICSN) is obtained by calculating, for any pair of initial conditions i and j , the overlap Θ_{ij} measuring the similarity between the invasion paths originated by i and j . Thicker lines in the ICSN indicate a higher overlap. (c) By removing all links of the ICSN with an overlap lower than a given threshold Θ_{th} , clusters of nodes leading to similar propagation paths emerge.



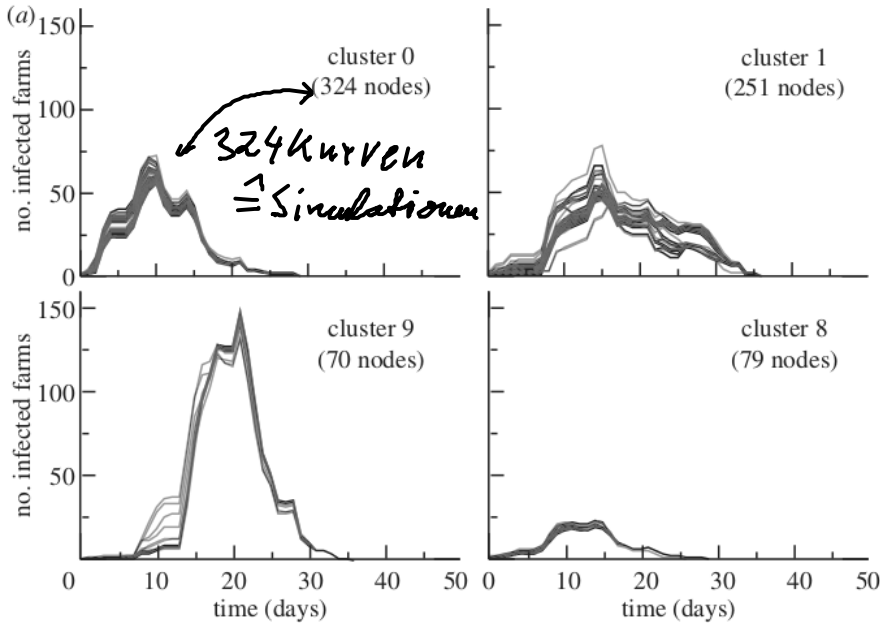
Modell: deterministisches SIR-Modell

⇒ (i) Ausbreitung mit Wahrscheinlichkeit 1 (worst case scenario) $S \rightarrow I$

(ii) Erholung nach γ^{-1} Tagen (hier $\gamma^{-1} = 7$ Tage) $I \rightarrow R$

• Betrachte alle möglichen Knoten als Startpunkte

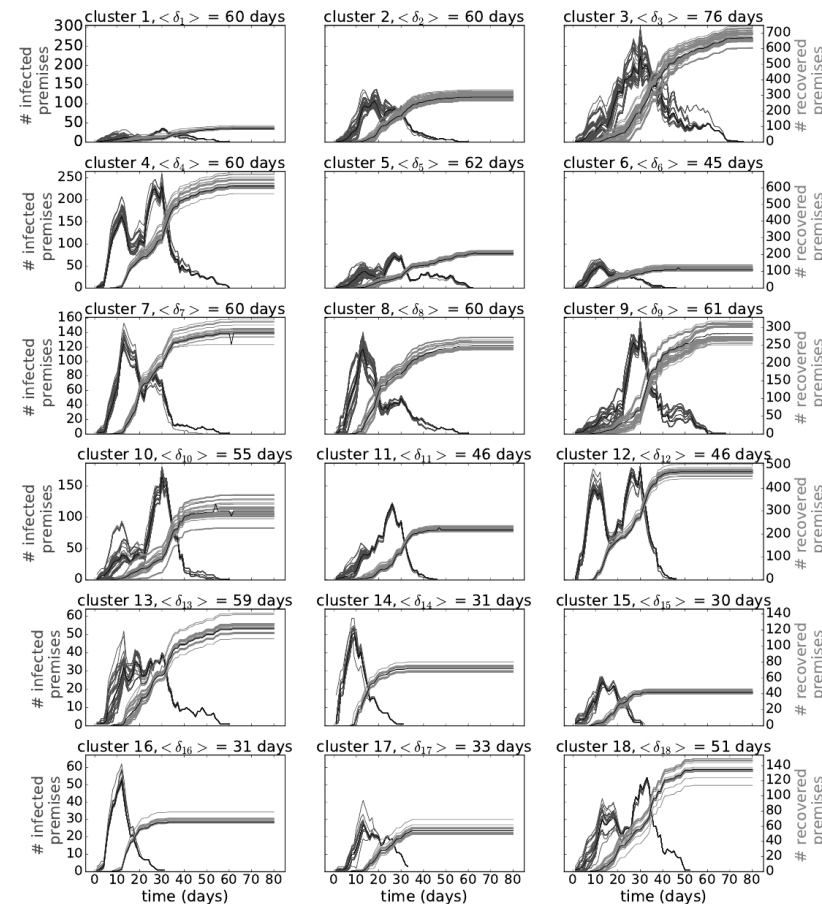
• Sortiere Anfangsknoten in (funktionelle) Cluster gemäß des Überlapps der Ausbreitungspfade



Sehr große Ähnlichkeit in den Zeitserien

Daten / Handelsnetzwerk: italienische Rinderhandel mit zeitlich aufgelösten Links

Figure 6. Seed clusters characterization. (a) Number of infected farms as a function of time. Each panel reports the profiles of the epidemics starting from initial conditions belonging to the same cluster. Four clusters of different sizes are shown as examples. (b)



deutsches Schweinehandelsnetzwerk

Property	Value
Number of nodes	97,980
Number of edges	315,333
Edge density	3.2×10^{-5}
Size of GSCC	28 %
Diameter	18
Average shortest path length	5.5
Path density	0.24
Median and average trade volume of a premises	
on a day	32.0, 113.4
in a month	88.0, 355.0
in a year	280.0, 2587.6

große Ähnlichkeit der Ausbreitungspfade

Berechne Wahrscheinlichkeit, dass Knoten k bei insgesamt n_k Ausstechungen bei Staat in Cluster j erreicht wird: $\pi_j(k)$

Bsp.: Ausstechung nur von einem Cluster: $\pi_j(k) = 1$, $\pi_{m \neq j}(k) = 0$

Ausstechung von n_k verschiedenen Clustern: $\pi_j(k) = \frac{1}{n_k}$

\Rightarrow Entropie: $\xi(k) = - \frac{1}{\log n_k} \sum_j \pi_j(k) \log \pi_j(k) \rightarrow 0$ immer von seltenen Clustern
 $\rightarrow 1$ immer von verschiedenen Clustern