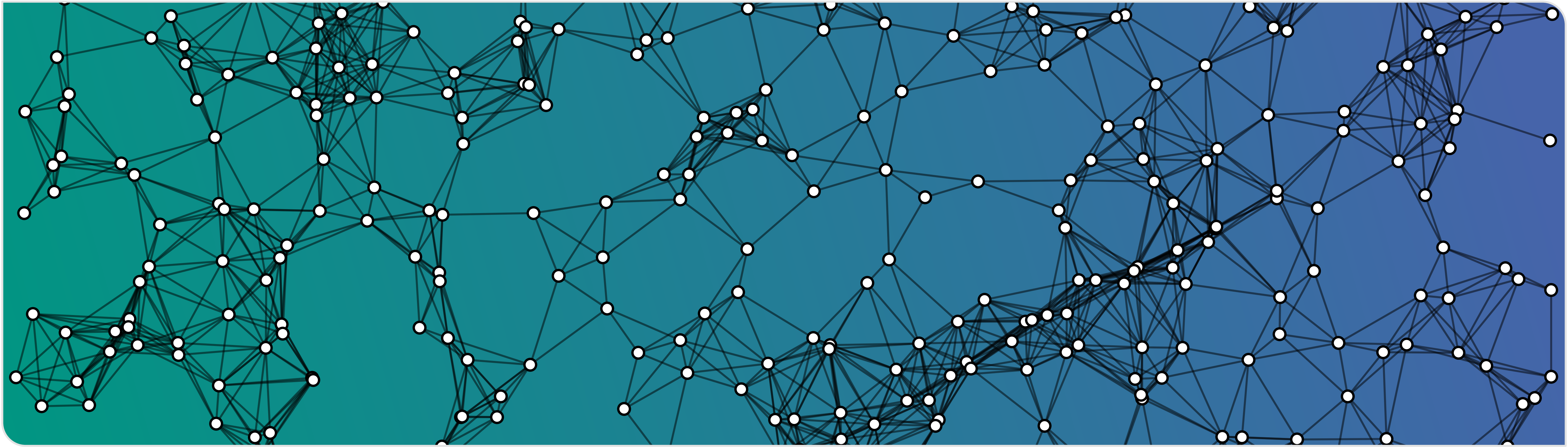
Karlsruher Institut für Technologie

Algorithmen 1

Vorlesung 20
Average-Case Analyse, Zusammfassung & Ausblick



Why is everything so heavy?

- die Welt braucht effiziente Algorithmen

Why is everything so heavy?

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}

Why is everything so heavy?

Karlsruher Institut für Technologie

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}
sub-linear															

Why is everything so heavy?

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}

binäre Suche

Why is everything so heavy?

Karlsruher Institut für Technologie

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}
					linear										

Why is everything so heavy?

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}

lineare Suche

Why is everything so heavy?

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}

quasi-linear

Why is everything so heavy?

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}

quasi-lineare Suche^^

Why is everything so heavy?

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}

Sortieren

Why is everything so heavy?

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}

polynomiell

Why is everything so heavy?

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}

Floyd-Warshall

Why is everything so heavy?

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}

quasi-polynomiell

Why is everything so heavy?

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}

super-polynomiell, sub-exponentiell

Why is everything so heavy?

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}
											exponentiell				

Why is everything so heavy?

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}

Teilmengen aufzählen

Why is everything so heavy?

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}

super-exponentiell

Why is everything so heavy?

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}

Why is everything so heavy?

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

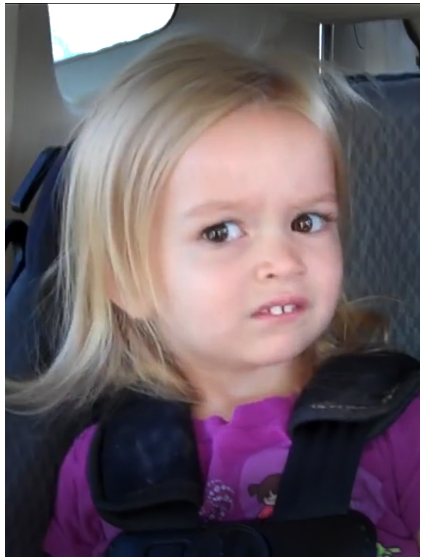
1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}

https://i.imgflip.com/uhusg.jpg?a460592

Why is everything so heavy?

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}



https://i.imgflip.com/1vu8iu.jpg?a460592

Why is everything so heavy?

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}

https://i.imgflip.com/3idgb5.jpg?a460593

Why is everything so heavy?

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}

https://imgflip.com/s/meme/Waiting-Skeleton.jpg

Why is everything so heavy?

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}

- super viele praktisch relevante Probleme scheinen hier zu leben

Why is everything so heavy?

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}

- super viele praktisch relevante Probleme scheinen hier zu leben
- Was heißt das?
  - Wir wissen, dass diese Probleme gleich schwer zu lösen sind

Why is everything so heavy?

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}

- super viele praktisch relevante Probleme scheinen hier zu leben
- Was heißt das?
  - Wir wissen, dass diese Probleme gleich schwer zu lösen sind
  - Wir kennen keine (unbedingten) unteren Schranken

Why is everything so heavy?

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}

- super viele praktisch relevante Probleme scheinen hier zu leben
- Was heißt das?
  - Wir wissen, dass diese Probleme gleich schwer zu lösen sind
  - Wir kennen keine (unbedingten) unteren Schranken
  - Bisher hat niemand einen polynomiellen Algorithmus gefunden

Why is everything so heavy?

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}

- super viele praktisch relevante Probleme scheinen hier zu leben
- Was heißt das?
  - Wir wissen, dass diese Probleme gleich schwer zu lösen sind
  - Wir kennen keine (unbedingten) unteren Schranken
  - Bisher hat niemand einen polynomiellen Algorithmus gefunden
- Bekannte Algorithmen haben exponentielle Laufzeit im Worst Case

Why is everything so heavy?

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}

- super viele praktisch relevante Probleme scheinen hier zu leben
- Was heißt das?
  - Wir wissen, dass diese Probleme gleich schwer zu lösen sind
  - Wir kennen keine (unbedingten) unteren Schranken
  - Bisher hat niemand einen polynomiellen Algorithmus gefunden
- Bekannte Algorithmen haben exponentielle Laufzeit im Worst Case
- Ändert nichts daran, dass wir sie in der Praxis trotzdem lösen müssen ...

Why is everything so heavy?

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}

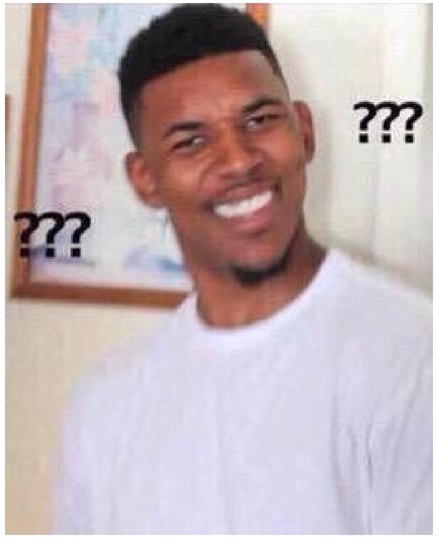
- super viele praktisch relevante Probleme scheinen hier zu leben
- Was heißt das?
  - Wir wissen, dass diese Probleme gleich schwer zu lösen sind
  - Wir kennen keine (unbedingten) unteren Schranken
  - Bisher hat niemand einen polynomiellen Algorithmus gefunden
- Bekannte Algorithmen haben exponentielle Laufzeit im Worst Case
- Ändert nichts daran, dass wir sie in der Praxis trotzdem lösen müssen …
- Häufig sind die Algorithmen in der Praxis super effizient

Why is everything so heavy?

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}

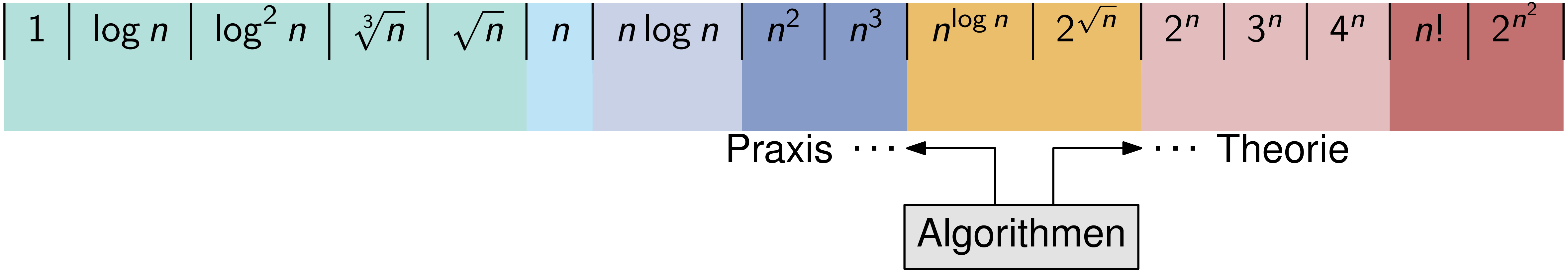
- super viele praktisch relevante Probleme scheinen hier zu leben
- Was heißt das?
  - Wir wissen, dass diese Probleme gleich schwer zu lösen sind
  - Wir kennen keine (unbedingten) unteren Schranken
  - Bisher hat niemand einen polynomiellen Algorithmus gefunden
- Bekannte Algorithmen haben exponentielle Laufzeit im Worst Case
- Ändert nichts daran, dass wir sie in der Praxis trotzdem lösen müssen .
- Häufig sind die Algorithmen in der Praxis super effizient



https://i.imgflip.com/o63vh.jpg?a460593 (cropped)

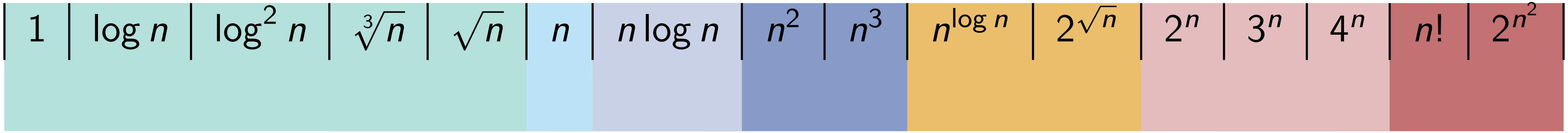
Why is everything so easy?

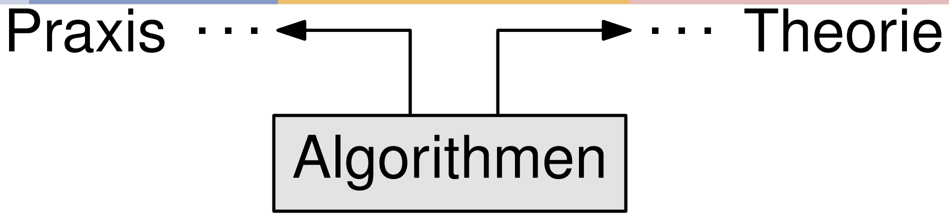
- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben



Why is everything so easy?

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben





- theoretische Analyse unbrauchbar?

Why is everything so easy?

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}

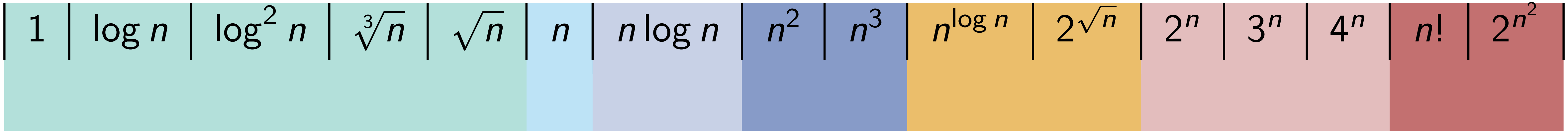
Praxis $\cdots$ ← → $\cdots$ Theorie

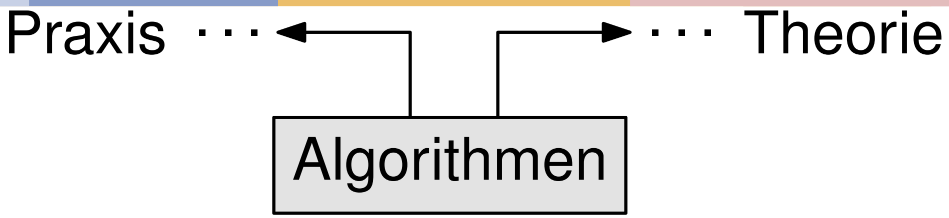
Algorithmen

- theoretische Analyse ~~unbrauchbar~~?
  zu pessimistisch!

Why is everything so easy?

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben





- theoretische Analyse ~~unbrauchbar~~?

  zu pessimistisch!
- bisher typischerweise betrachtet: Worst-Case Laufzeit

Why is everything so easy?

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}

Praxis ··· ← Algorithmen → ··· Theorie

- theoretische Analyse ~~unbrauchbar~~? zu pessimistisch!
- bisher typischerweise betrachtet: Worst-Case Laufzeit
- ein Adversary kennt den Algorithmus und baut eine Instanz die die Laufzeit maximiert

https://i.imgflip.com/3w723.jpg?a460595 (cropped)

Why is everything so easy?

Karlsruher Institut für Technologie

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}

Praxis $\cdots$ ← Algorithmen → $\cdots$ Theorie

- theoretische Analyse ~~unbrauchbar~~? zu pessimistisch!
- bisher typischerweise betrachtet: Worst-Case Laufzeit
- ein Adversary kennt den Algorithmus und baut eine Instanz die die Laufzeit maximiert
- so gut wie immer die richtige Sichtweise (stärkst-mögliche Aussage, insbesondere beim Entwurf von Algorithmen)

https://i.imgflip.com/3w723.jpg?a460595 (cropped)

Why is everything so easy?

Karlsruher Institut für Technologie

- die Welt braucht effiziente Algorithmen
- elementare Funktionen die Laufzeiten beschreiben

1	$\log n$	$\log^2 n$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{n}$	n	$n \log n$	n^2	n^3	$n^{\log n}$	$2^{\sqrt{n}}$	2^n	3^n	4^n	$n!$	2^{n^2}

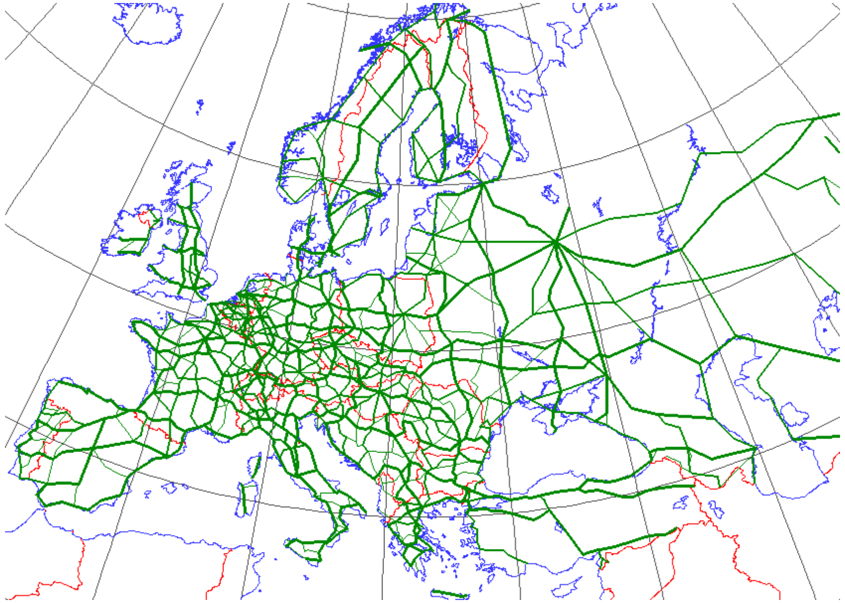
Praxis $\cdots \leftarrow$ Algorithmen $\rightarrow \cdots$ Theorie

- theoretische Analyse ~~unbrauchbar~~?
  zu pessimistisch!
- bisher typischerweise betrachtet: Worst-Case Laufzeit
- ein Adversary kennt den Algorithmus und baut eine Instanz die die Laufzeit maximiert
- so gut wie immer die richtige Sichtweise (stärkst-mögliche Aussage, insbesondere beim Entwurf von Algorithmen)
- aber... so entstehen keine Instanzen in der Praxis ...

https://i.imgflip.com/3w723.jpg?a460595 (cropped)

Praktische Instanzen: Graphen

Straßen

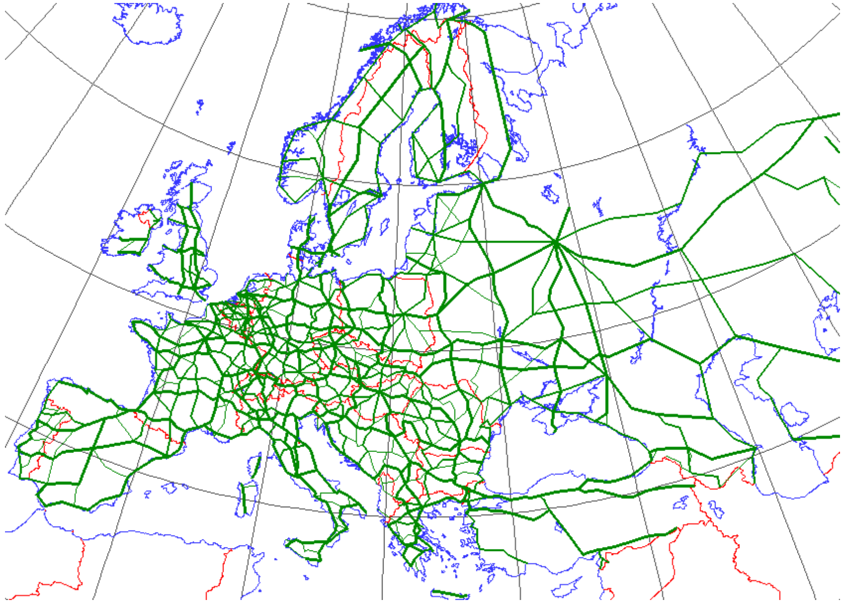


http://en.wikipedia.org/wiki/Image:International_
E_Road_Network.png

Praktische Instanzen: Graphen

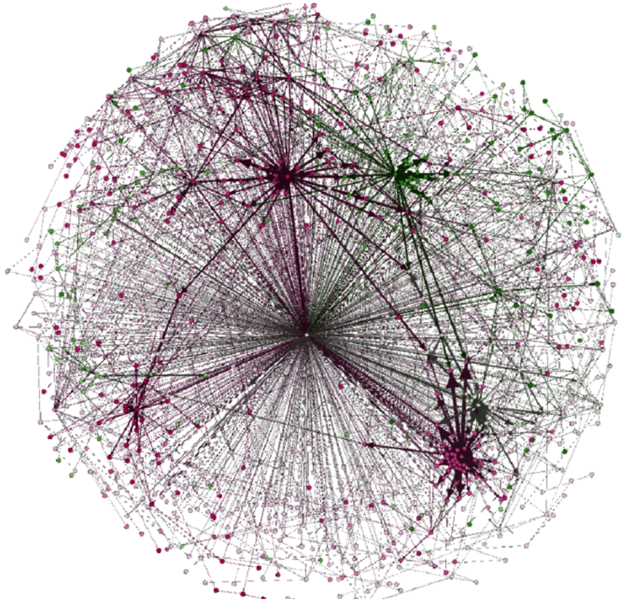
Karlsruher Institut für Technologie

Straßen



http://en.wikipedia.org/wiki/Image:International_
E_Road_Network.png

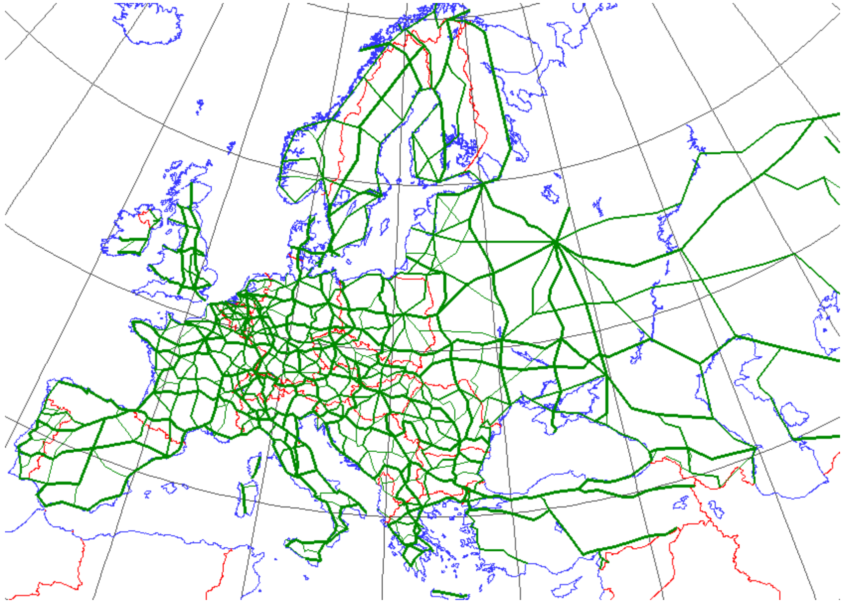
Soziale Interaktionen



Nia et al. SIN: A Platform to Make Interactions in
Social Networks Accessible, SocialInformatics 2012

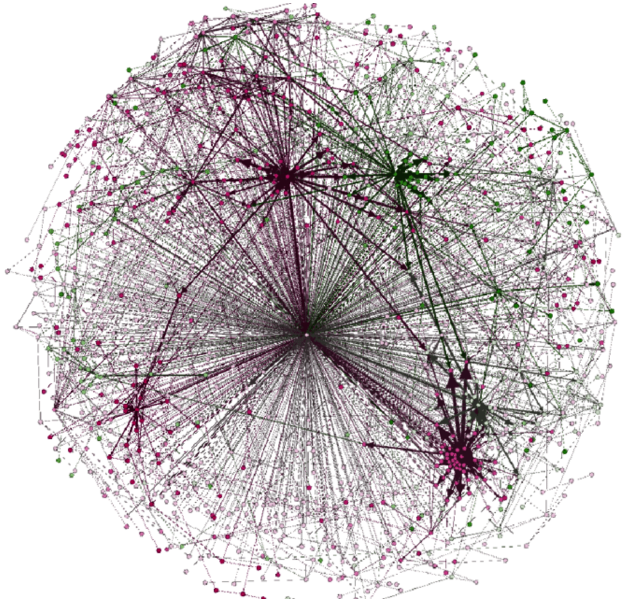
Praktische Instanzen: Graphen

Straßen



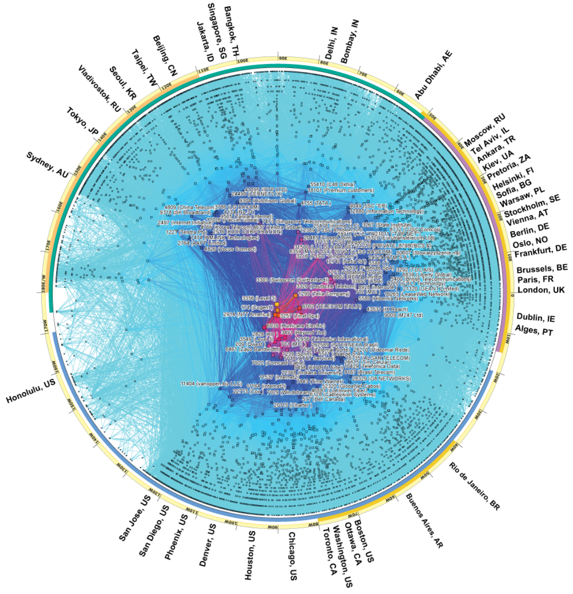
http://en.wikipedia.org/wiki/Image:International_E_Road_Network.png

Soziale Interaktionen



Nia et al. SIN: A Platform to Make Interactions in Social Networks Accessible, SocialInformatics 2012

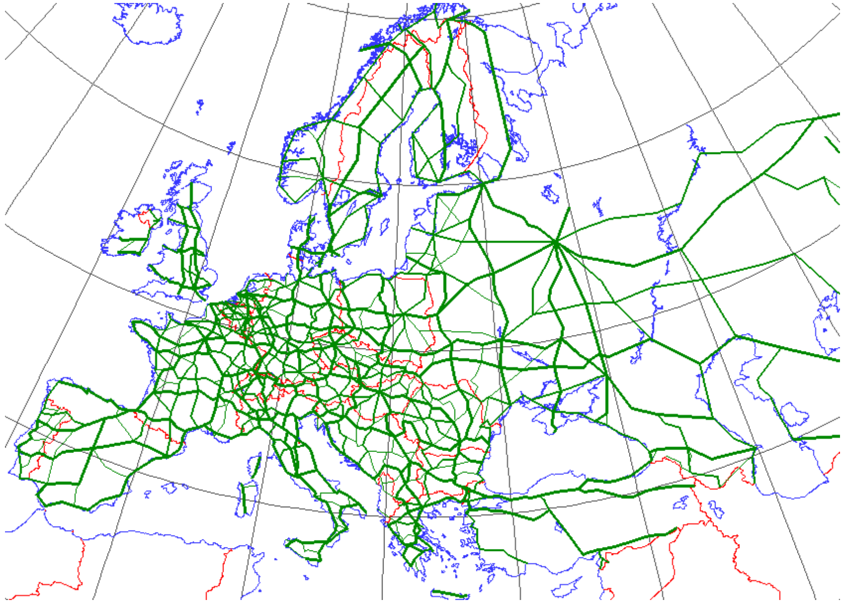
Internet



https://www.caida.org/projects/as-core/pics/2017/ascore-2017-feb-ipv4-standalone-1000x1037.png

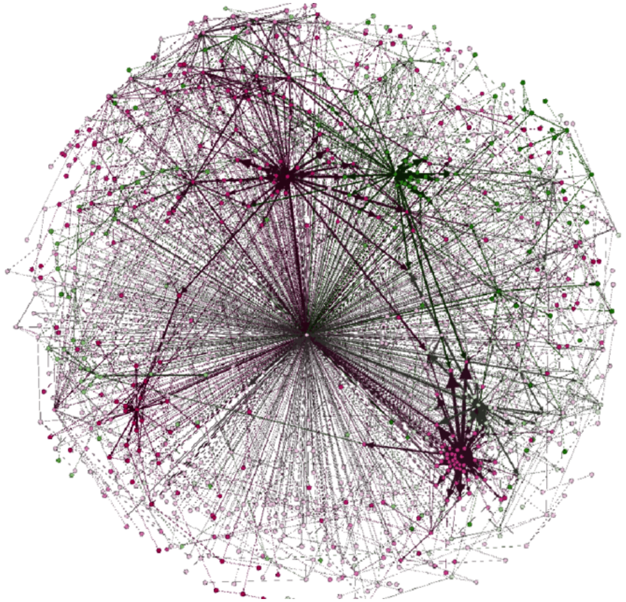
Praktische Instanzen: Graphen

Straßen



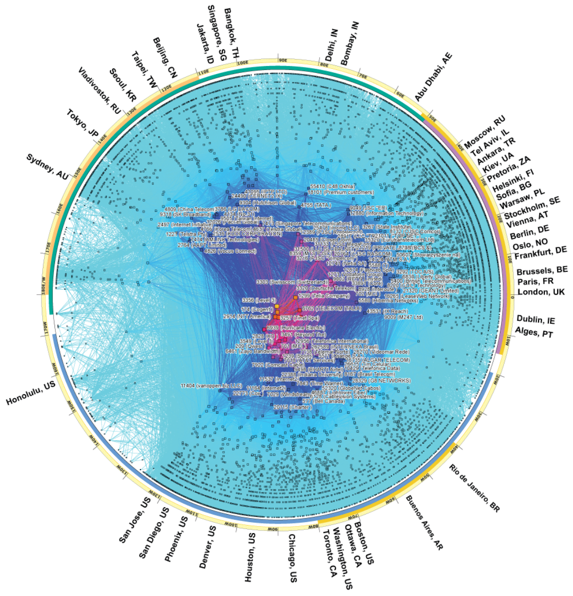
http://en.wikipedia.org/wiki/Image:International_
E_Road_Network.png

Soziale Interaktionen



Nia et al. SIN: A Platform to Make Interactions in
Social Networks Accessible, SocialInformatics 2012

Internet



https://www.caida.org/projects/as-
core/pics/2017/ascore-2017-feb-ipv4-
standalone-1000x1037.png

- werden nicht gebaut um deinen Algorithmus langsam zu machen
- echte Netzwerke unterscheiden sich von Worst-Case Instanzen

Zurück in die Theorie?

- theoretisch erklären warum Algorithmen in der Praxis schnell sind $\rightarrow$ Analyse einschränken auf realistische Instanzen

Zurück in die Theorie?

- theoretisch erklären warum Algorithmen in der Praxis schnell sind $\rightarrow$ Analyse einschränken auf realistische Instanzen

Menge aller Graphen

Zurück in die Theorie?

- theoretisch erklären warum Algorithmen in der Praxis schnell sind $\rightarrow$ Analyse einschränken auf realistische Instanzen

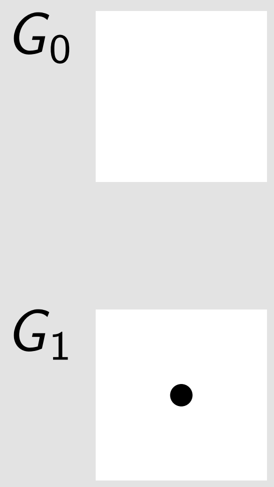
Menge aller Graphen

G_0

Zurück in die Theorie?

- theoretisch erklären warum Algorithmen in der Praxis schnell sind $\rightarrow$ Analyse einschränken auf realistische Instanzen

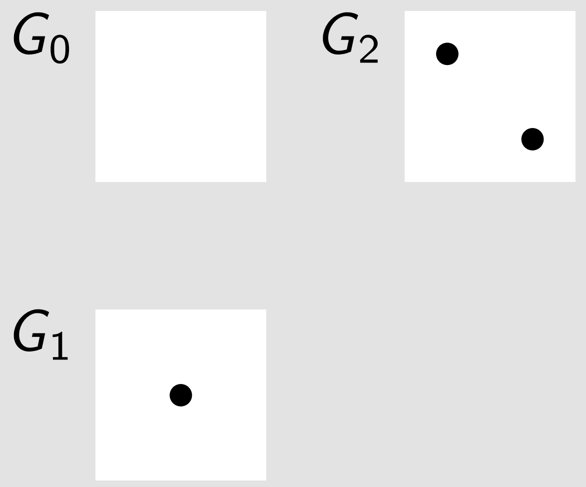
Menge aller Graphen



Zurück in die Theorie?

- theoretisch erklären warum Algorithmen in der Praxis schnell sind $\rightarrow$ Analyse einschränken auf realistische Instanzen

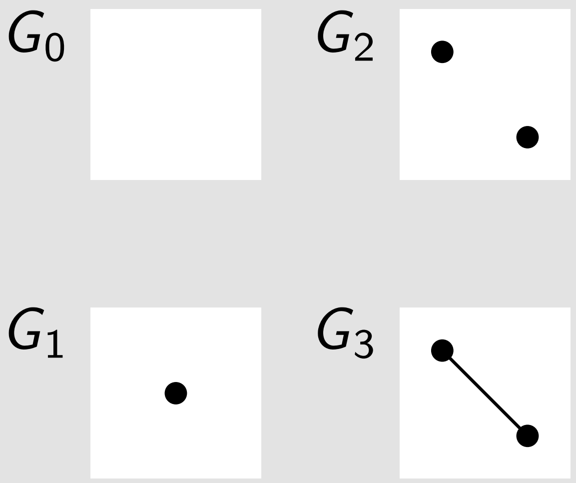
Menge aller Graphen



Zurück in die Theorie?

- theoretisch erklären warum Algorithmen in der Praxis schnell sind $\rightarrow$ Analyse einschränken auf realistische Instanzen

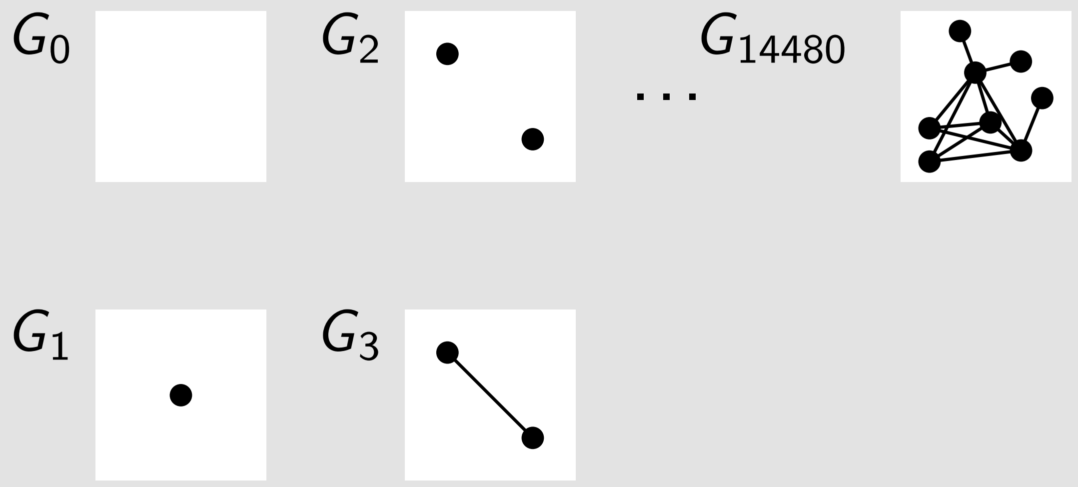
Menge aller Graphen



Zurück in die Theorie?

- theoretisch erklären warum Algorithmen in der Praxis schnell sind → Analyse einschränken auf realistische Instanzen

Menge aller Graphen

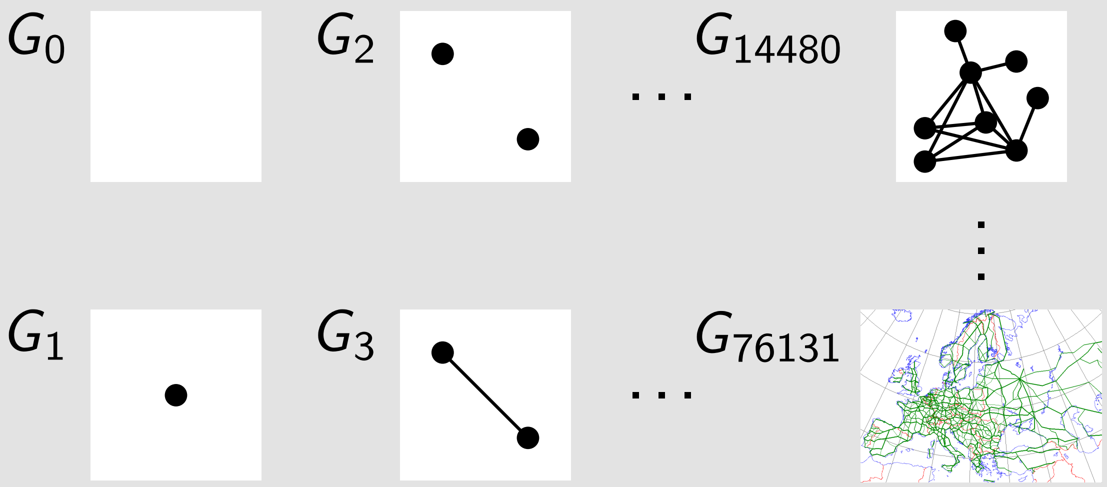


Zurück in die Theorie?

Karlsruher Institut für Technologie

- theoretisch erklären warum Algorithmen in der Praxis schnell sind → Analyse einschränken auf realistische Instanzen

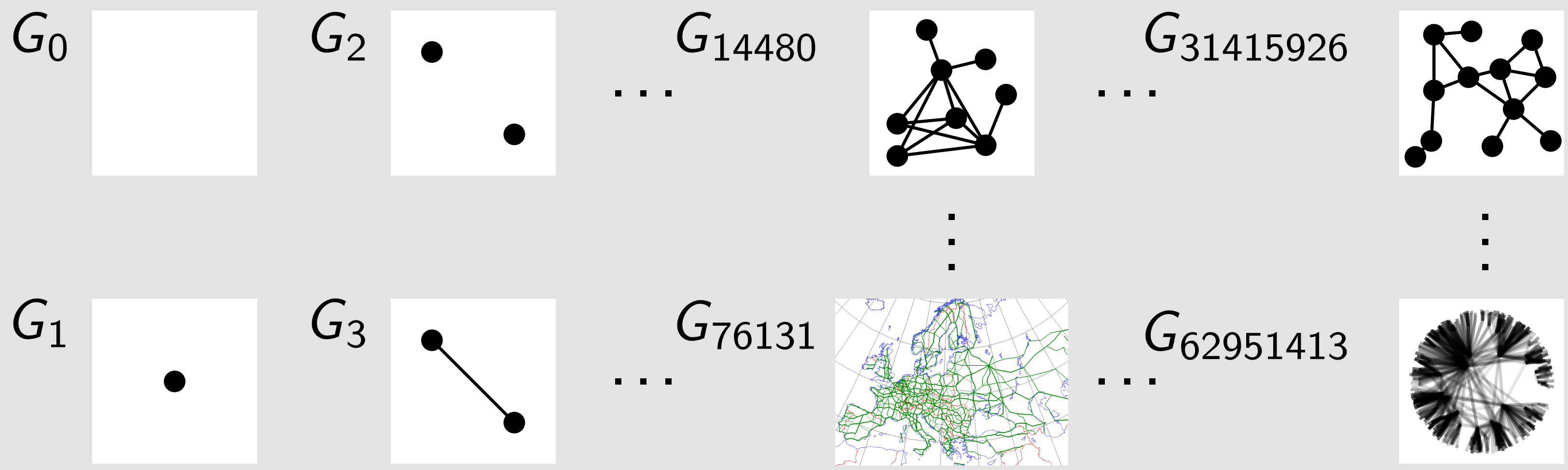
Menge aller Graphen



Zurück in die Theorie?

- theoretisch erklären warum Algorithmen in der Praxis schnell sind → Analyse einschränken auf realistische Instanzen

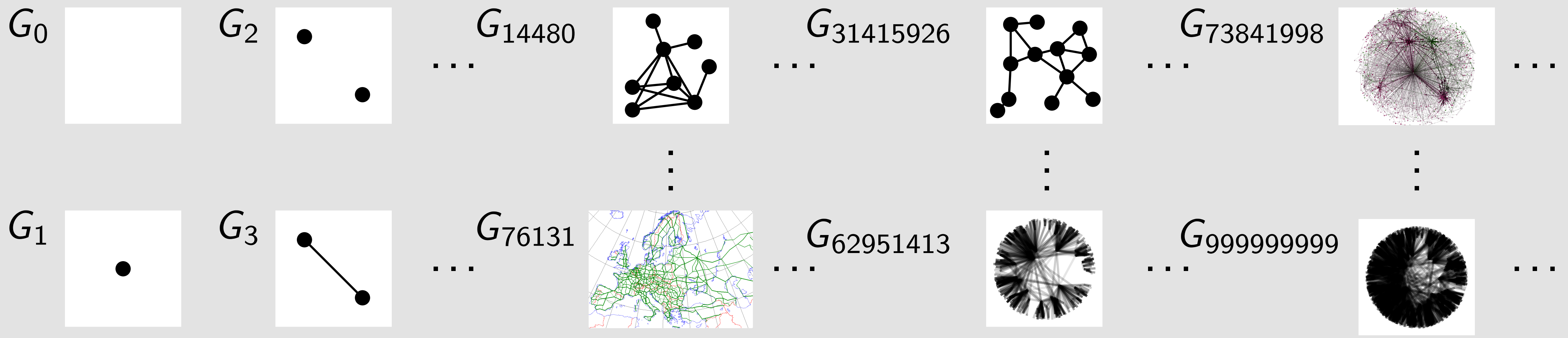
Menge aller Graphen



Zurück in die Theorie?

- theoretisch erklären warum Algorithmen in der Praxis schnell sind $\rightarrow$ Analyse einschränken auf realistische Instanzen

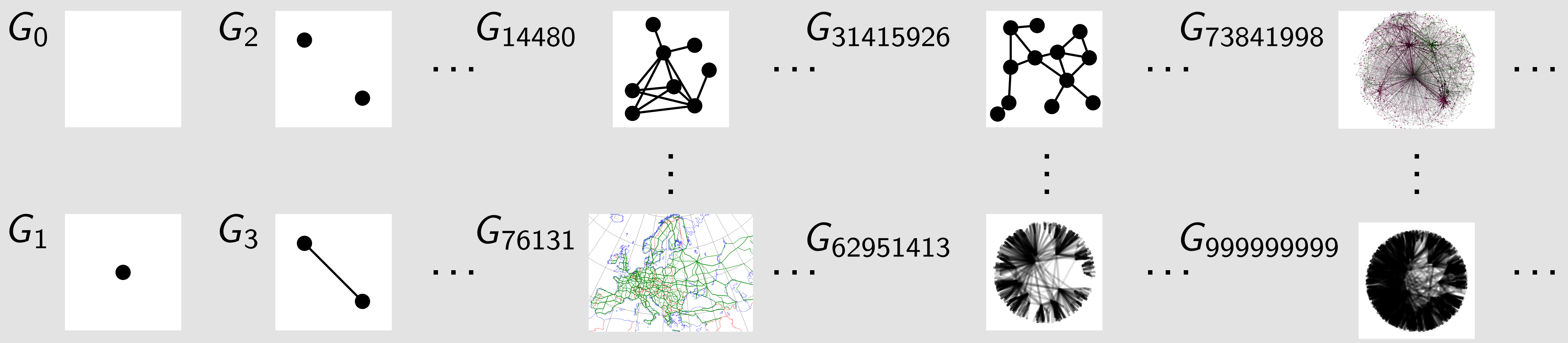
Menge aller Graphen



Zurück in die Theorie?

- theoretisch erklären warum Algorithmen in der Praxis schnell sind $\rightarrow$ Analyse einschränken auf realistische Instanzen

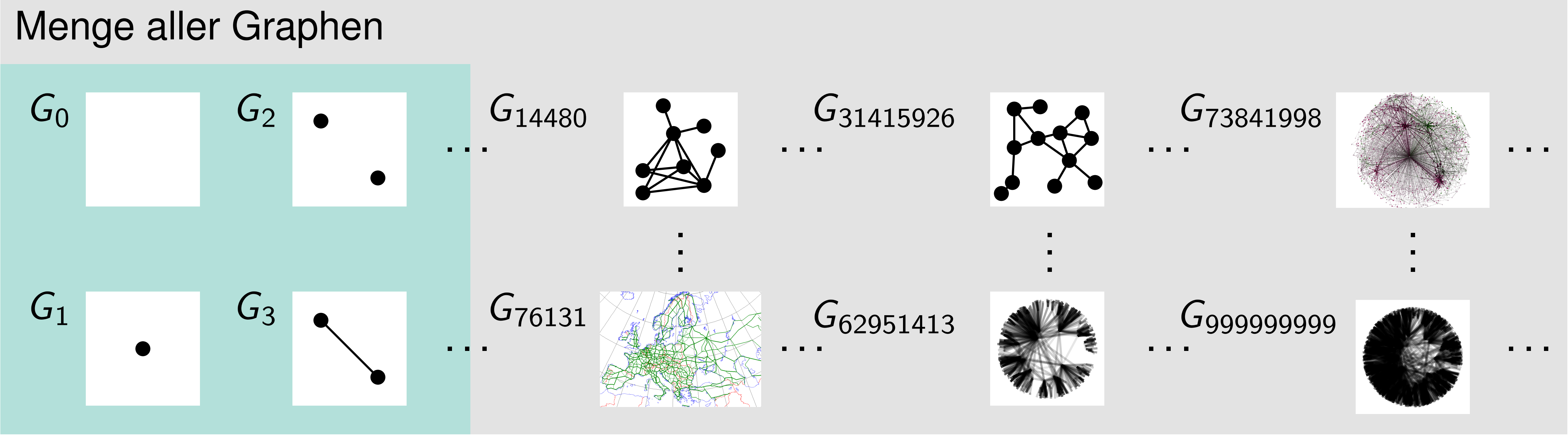
Menge aller Graphen



- Wie können wir mathematisch beschreiben wie der Adversary Instanzen wählen darf?

Zurück in die Theorie?

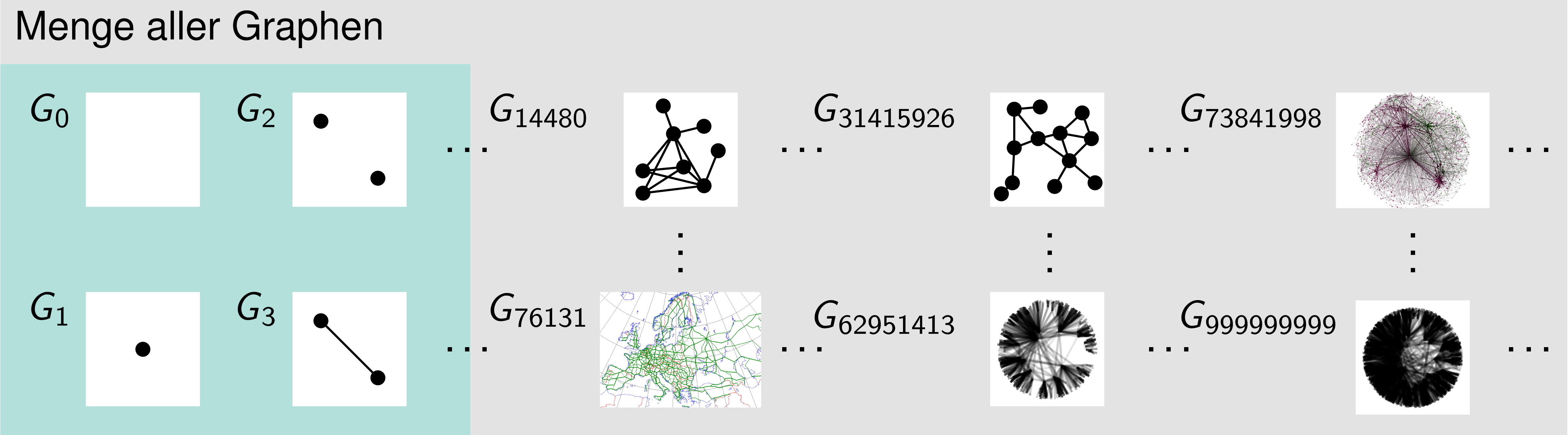
- theoretisch erklären warum Algorithmen in der Praxis schnell sind $\rightarrow$ Analyse einschränken auf realistische Instanzen



- Wie können wir mathematisch beschreiben wie der Adversary Instanzen wählen darf?
  - “alle Graphen mit Maximalgrad höchstens 2”

Zurück in die Theorie?

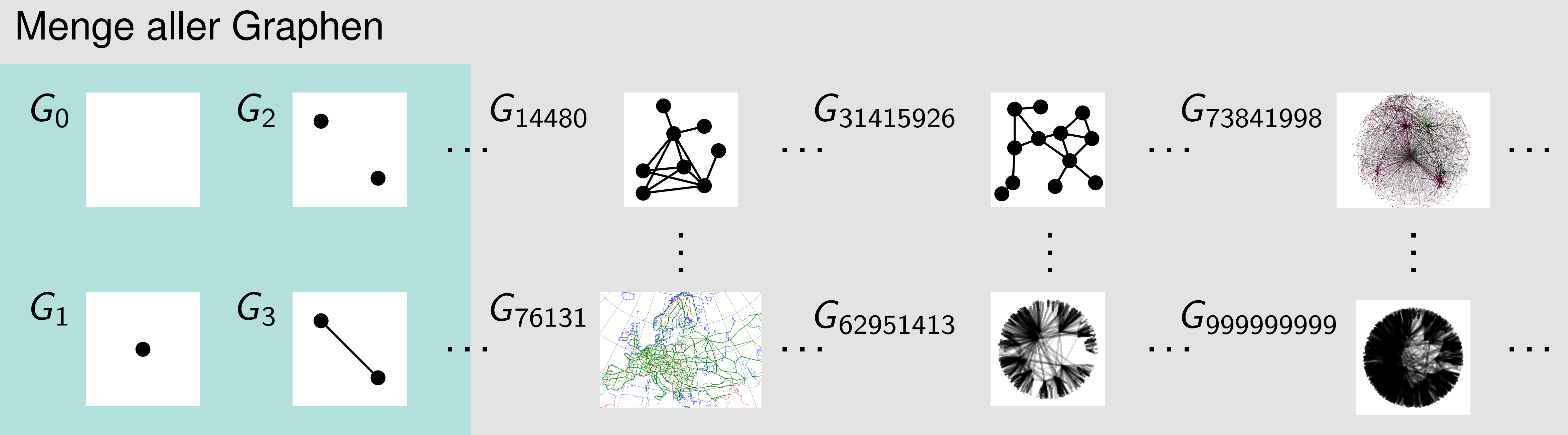
- theoretisch erklären warum Algorithmen in der Praxis schnell sind $\rightarrow$ Analyse einschränken auf realistische Instanzen



- Wie können wir mathematisch beschreiben wie der Adversary Instanzen wählen darf?
  - "alle Graphen mit Maximalgrad höchstens 2" $\longleftarrow$ Einschränkung über Eigenschaften von Graphen

Zurück in die Theorie?

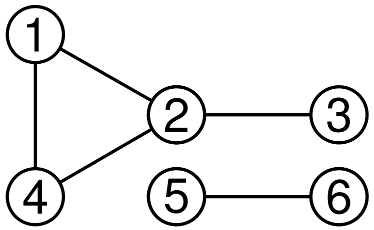
- theoretisch erklären warum Algorithmen in der Praxis schnell sind $\rightarrow$ Analyse einschränken auf realistische Instanzen



- Wie können wir mathematisch beschreiben wie der Adversary Instanzen wählen darf?
  - "alle Graphen mit Maximalgrad höchstens 2" $\longleftarrow$ Einschränkung über Eigenschaften von Graphen
- Welche Eigenschaften haben realistische Instanzen?

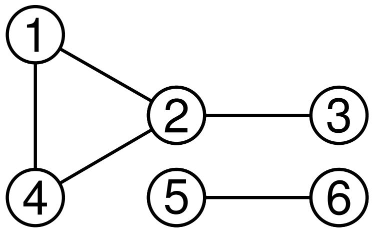
Eigenschaften von echten Graphen

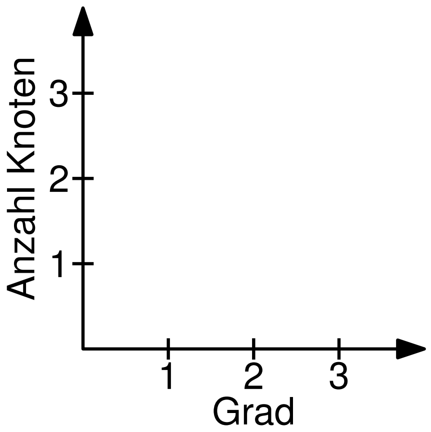
Gradverteilung



Eigenschaften von echten Graphen

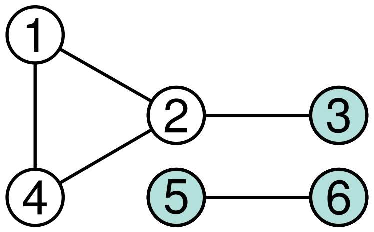
Gradverteilung

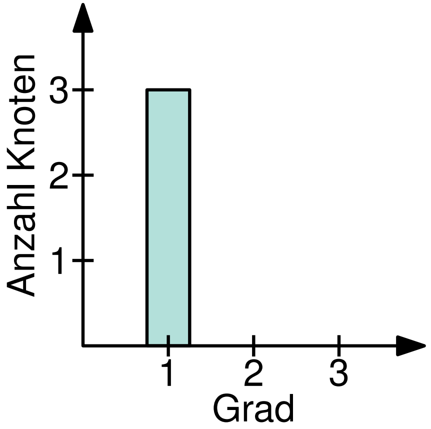




Eigenschaften von echten Graphen

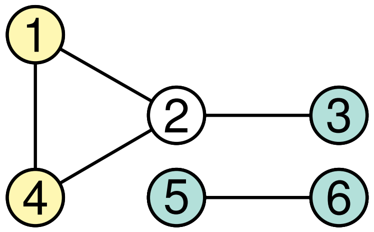
Gradverteilung

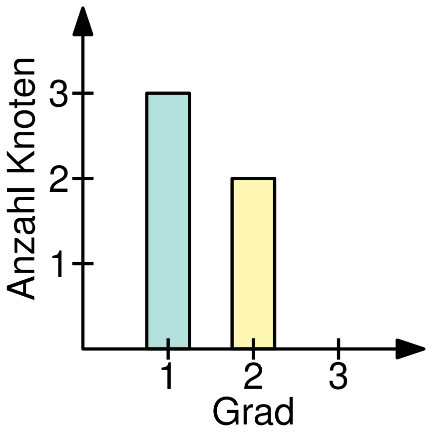




Eigenschaften von echten Graphen

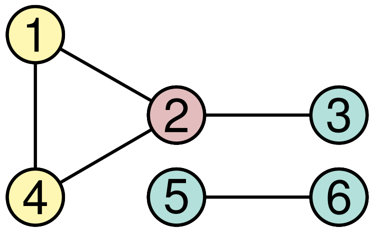
Gradverteilung

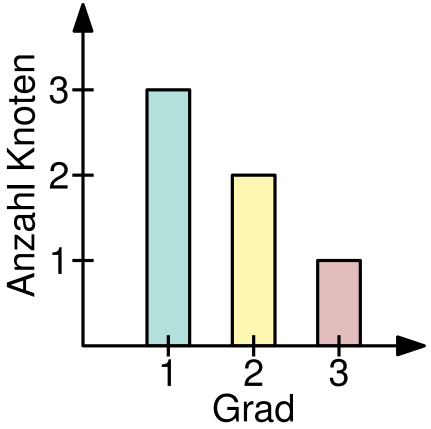




Eigenschaften von echten Graphen

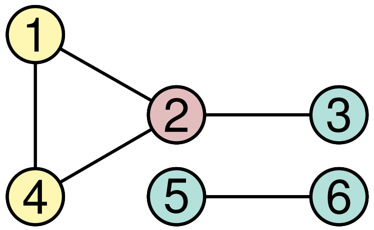
Gradverteilung

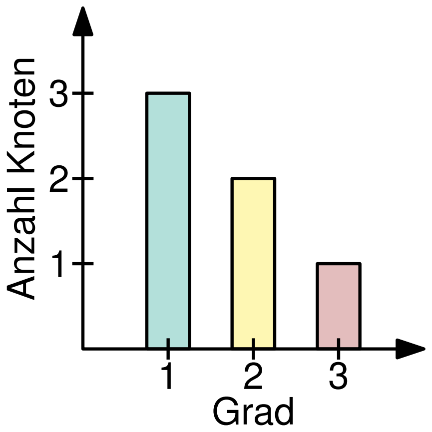


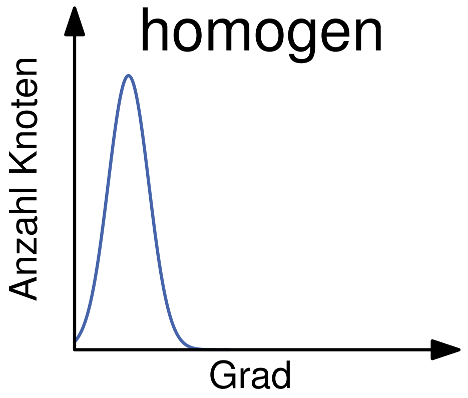


Eigenschaften von echten Graphen

Gradverteilung

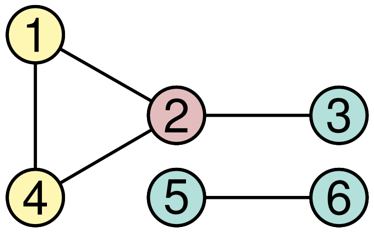


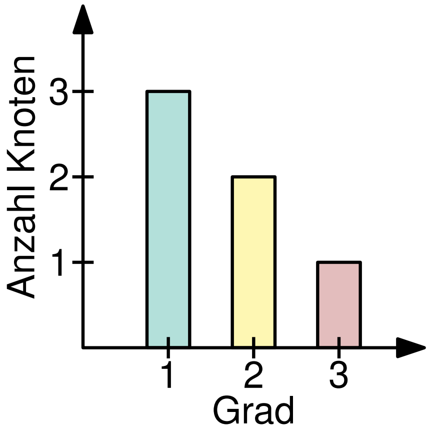


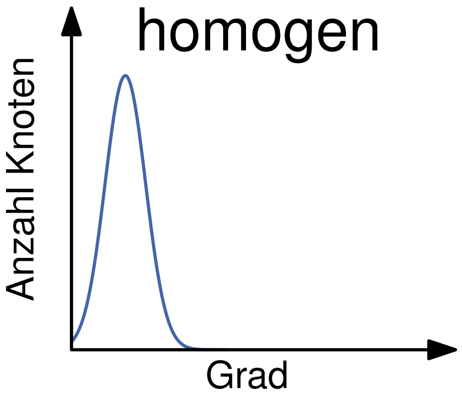


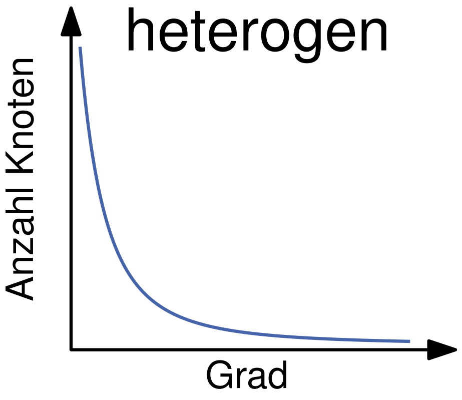
Eigenschaften von echten Graphen

Gradverteilung



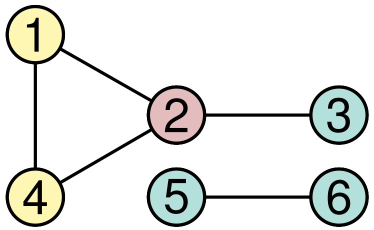


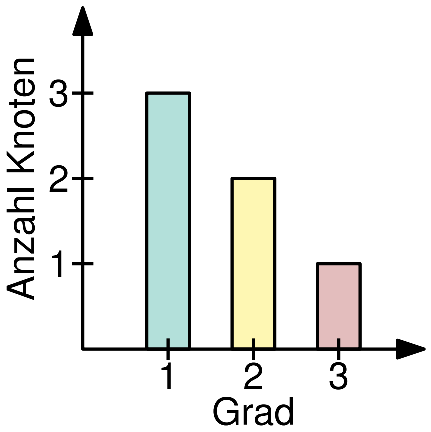


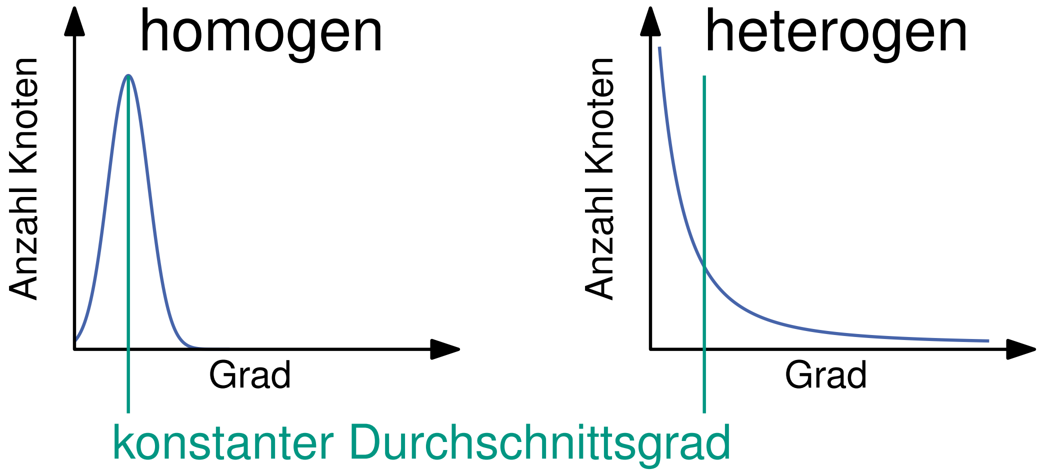


Eigenschaften von echten Graphen

Gradverteilung

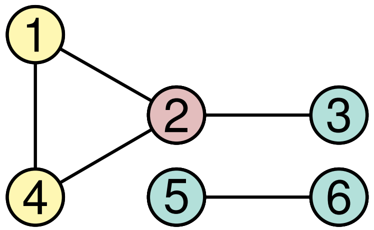


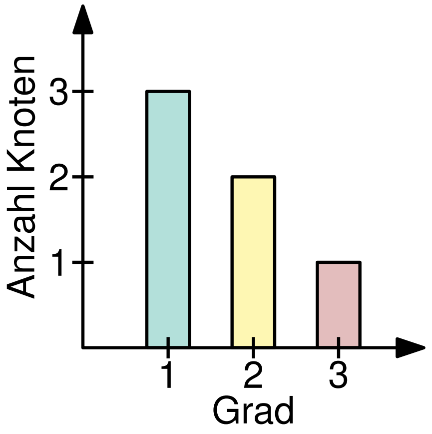


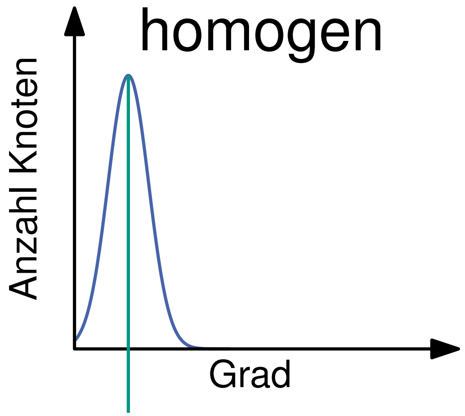


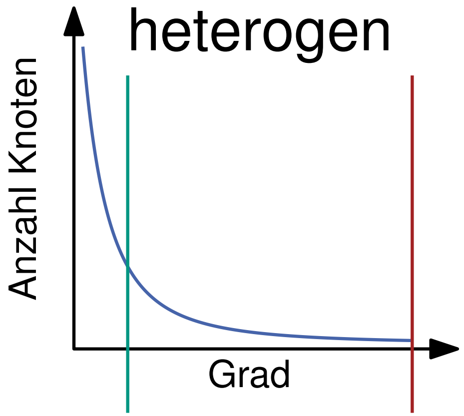
Eigenschaften von echten Graphen

Gradverteilung





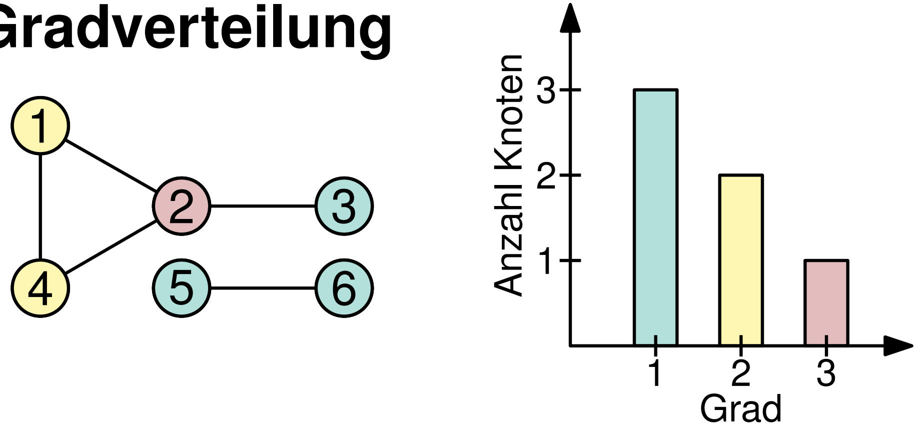


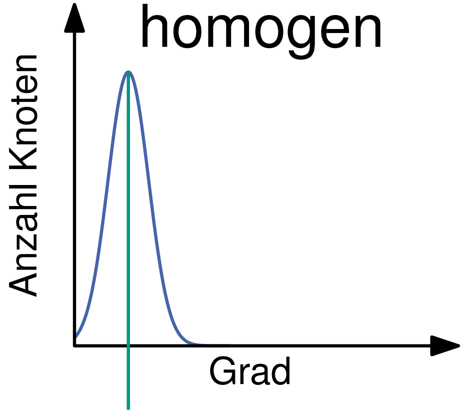


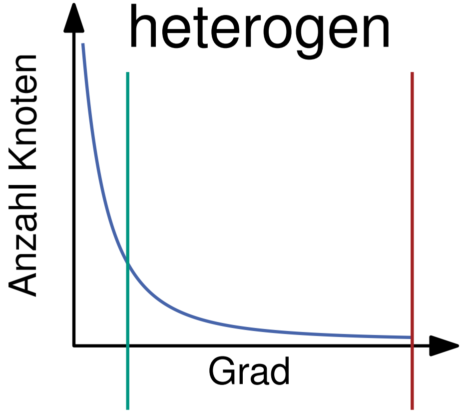
konstanter Durchschnittsgrad wurzeliger Maximalgrad app.klicker.uzh.ch/join/algo1

Eigenschaften von echten Graphen

Gradverteilung

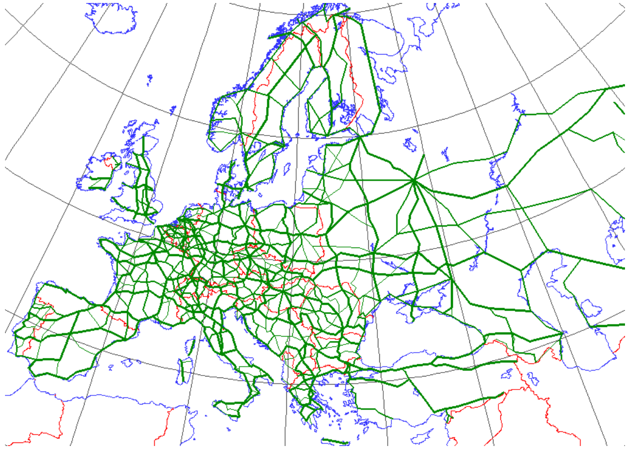






konstanter Durchschnittsgrad

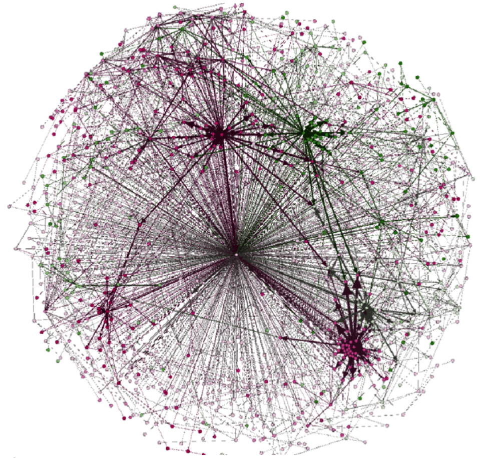
wurzeliger Maximalgrad



http://en.wikipedia.org/wiki/Image:International_E_Road_Network.png

Die Gradverteilung eines Straßennetzwerks ist eher...

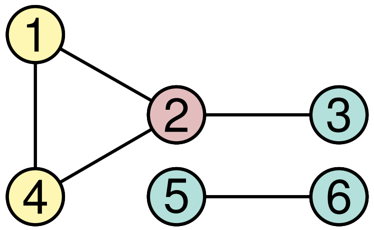
Die Gradverteilung eines sozialen Netzwerks ist eher...

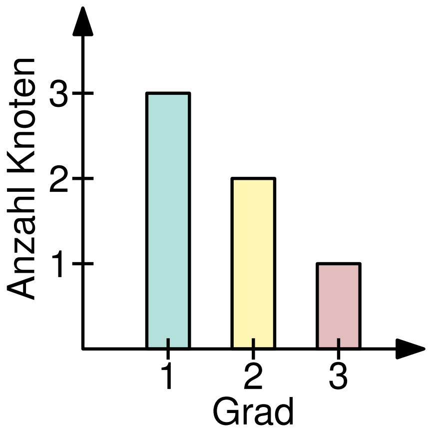


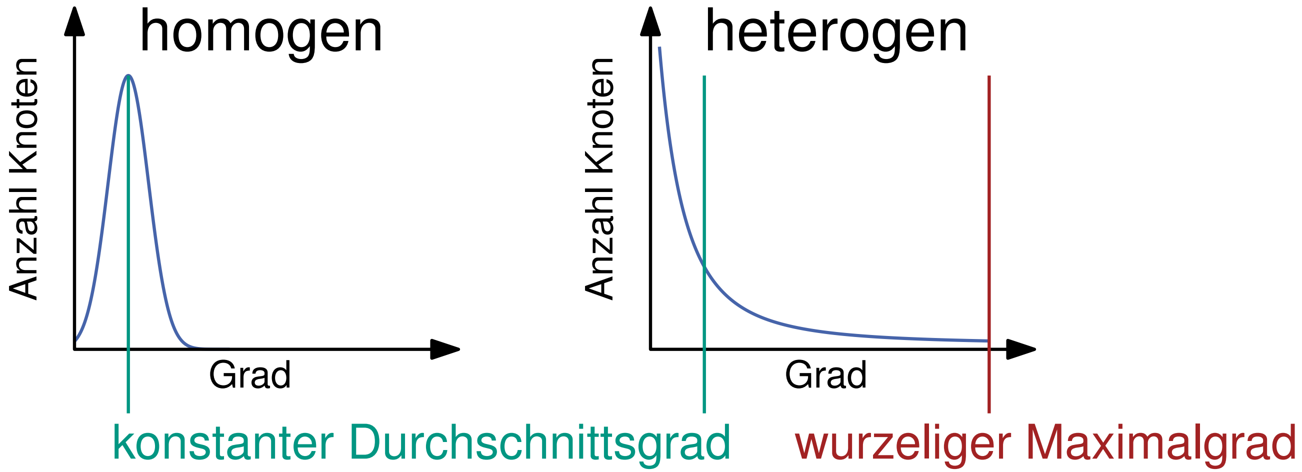
Nia et al. SIN: A Platform to Make Interactions in Social Networks Accessible, SocialInformatics 2012

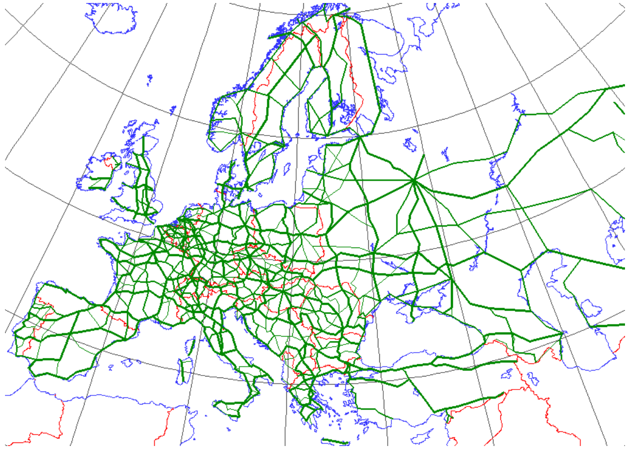
Eigenschaften von echten Graphen

Gradverteilung



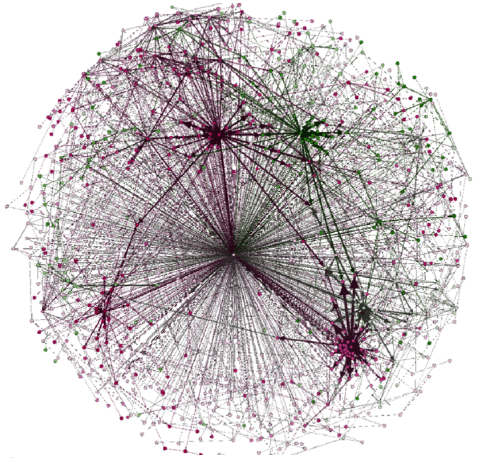






http://en.wikipedia.org/wiki/Image:International_E_Road_Network.png

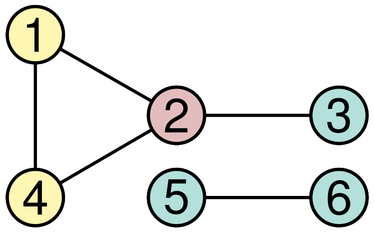
https://www.instagram.com/cristiano/

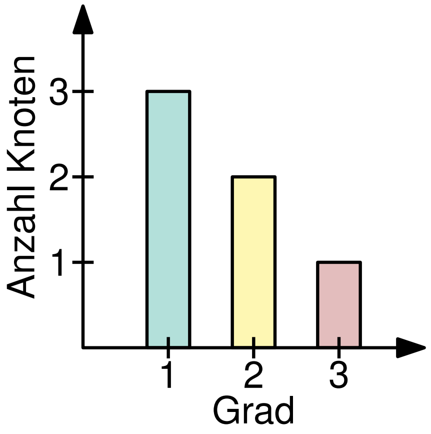


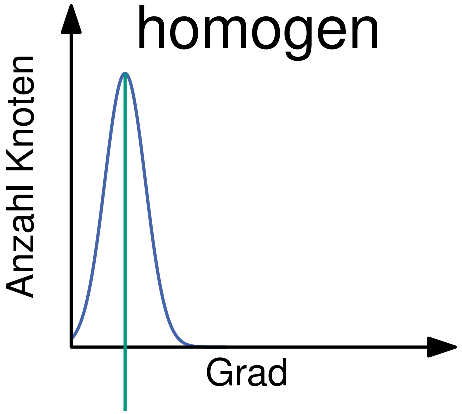
Nia et al. SIN: A Platform to Make Interactions in Social Networks Accessible, SocialInformatics 2012

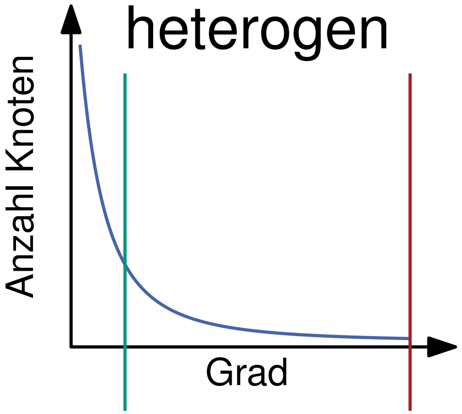
Eigenschaften von echten Graphen

Gradverteilung

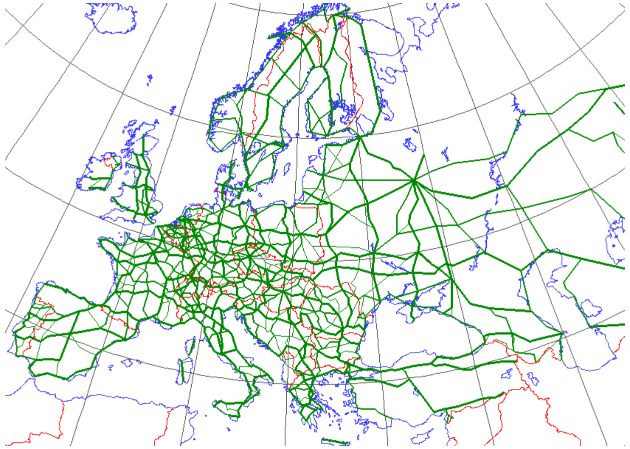






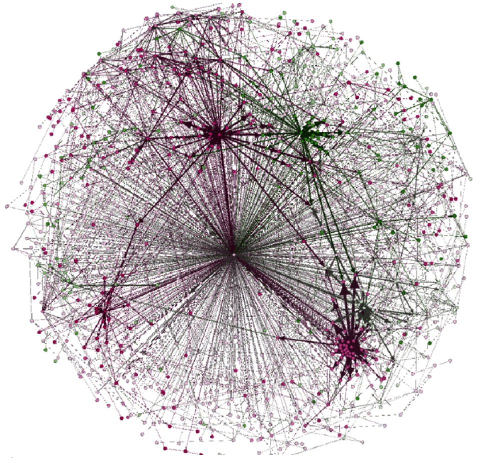


konstanter Durchschnittsgrad   wurzeliger Maximalgrad



http://en.wikipedia.org/wiki/Image:International_E_Road_Network.png

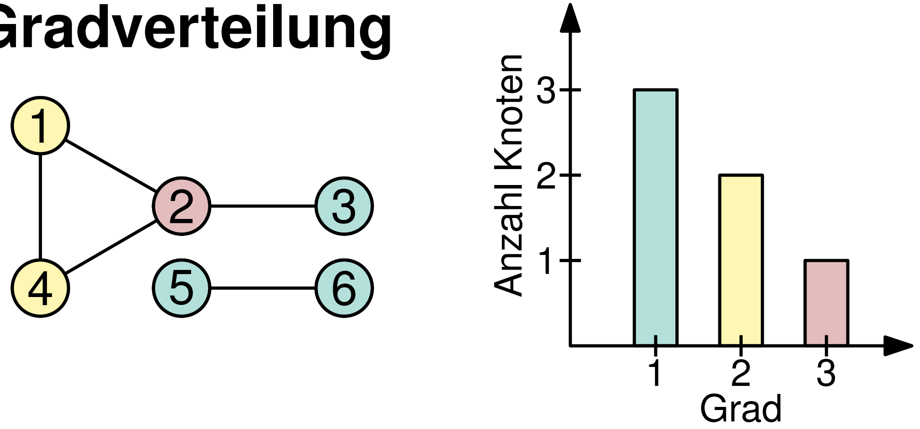
https://images.fineartamerica.com/images/artworkimages/mediumlarge/3/beverly-hills-california-six-way-intersection-aerial-trekkerimages-photography.jpg

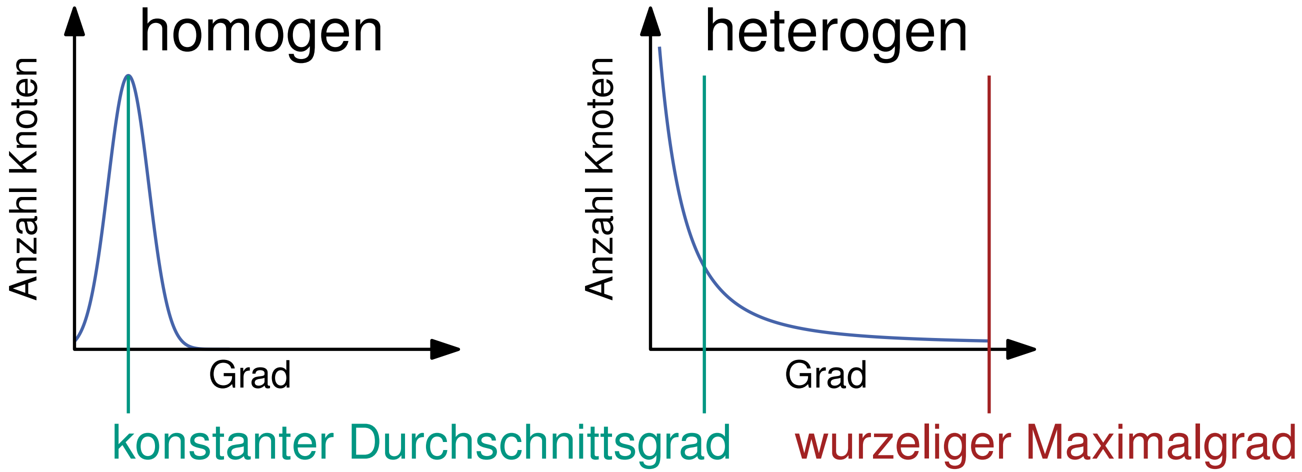


Nia et al. SIN: A Platform to Make Interactions in Social Networks Accessible, SocialInformatics 2012

Eigenschaften von echten Graphen

Gradverteilung



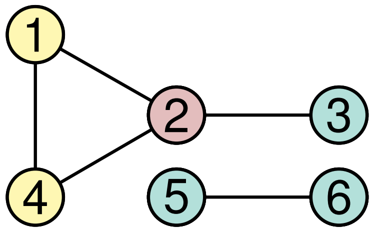


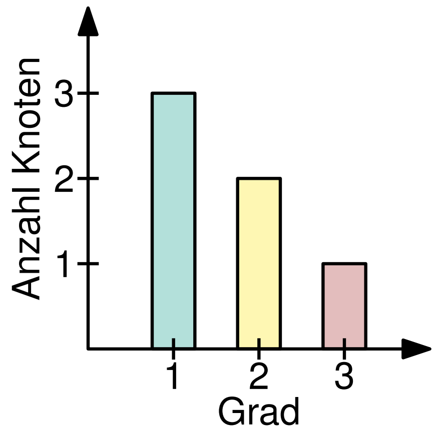
Lokalität

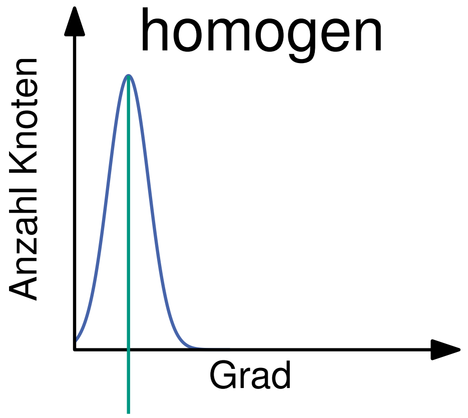
- "Kanten sind kurz"

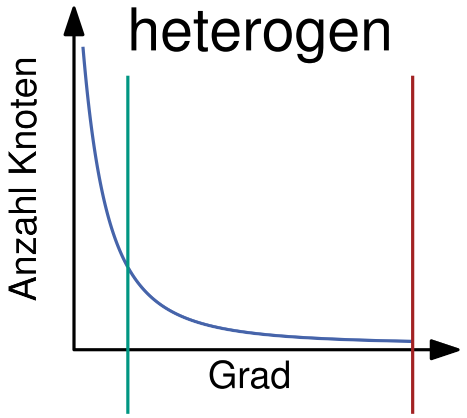
Eigenschaften von echten Graphen

Gradverteilung









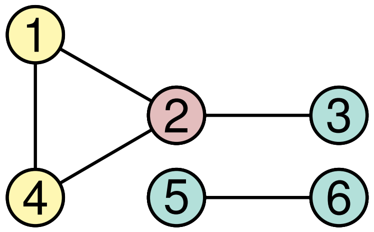
konstanter Durchschnittsgrad wurzeliger Maximalgrad

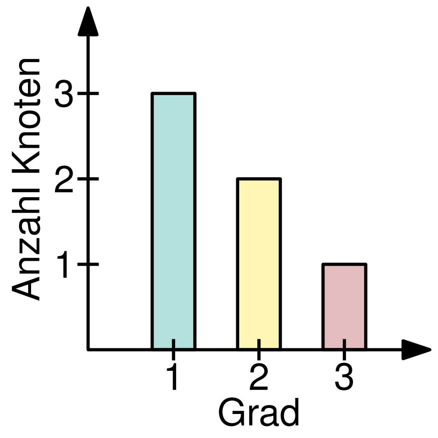
Lokalität

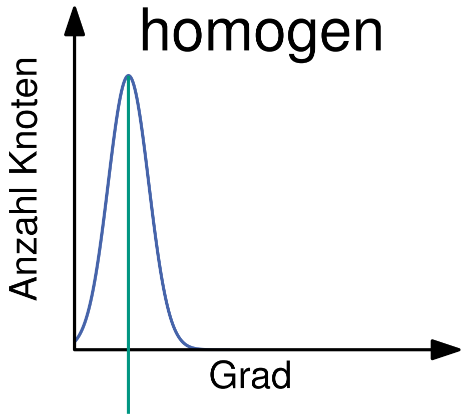
- “Kanten sind kurz”
- Kanten verbinden Knoten zwischen denen es schon kurze Pfade gibt

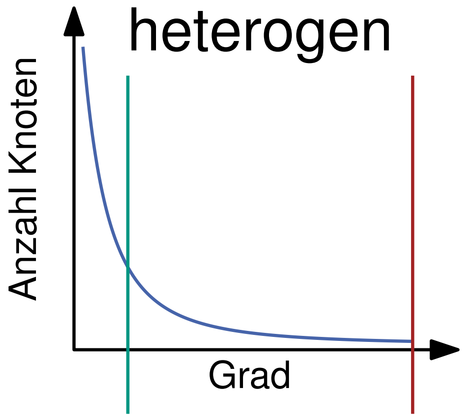
Eigenschaften von echten Graphen

Gradverteilung









konstanter Durchschnittsgrad   wurzeliger Maximalgrad

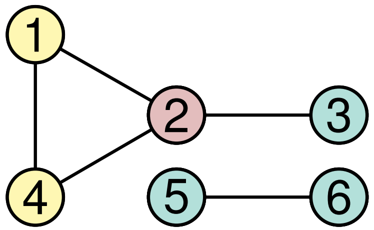
Lokalität

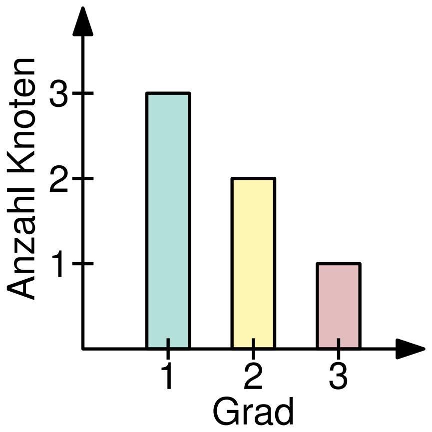
- “Kanten sind kurz”
- Kanten verbinden Knoten zwischen denen es schon kurze Pfade gibt

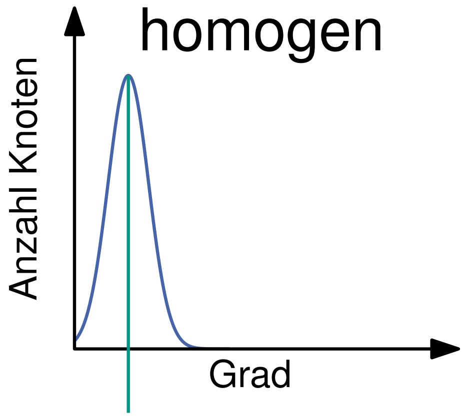
Du

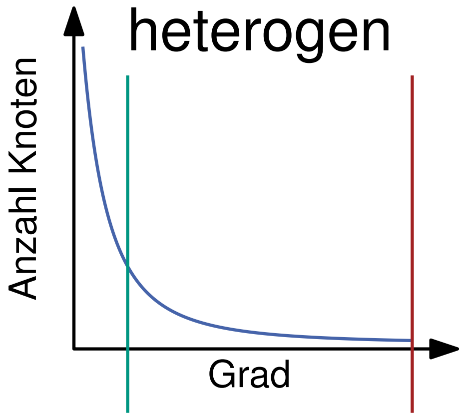
Eigenschaften von echten Graphen

Gradverteilung







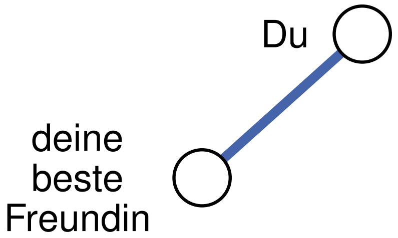


konstanter Durchschnittsgrad

wurzeliger Maximalgrad

Lokalität

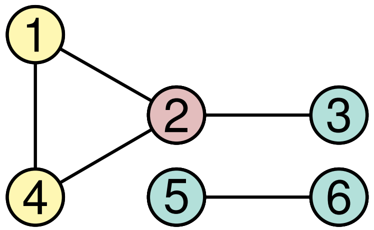
- “Kanten sind kurz”
- Kanten verbinden Knoten zwischen denen es schon kurze Pfade gibt

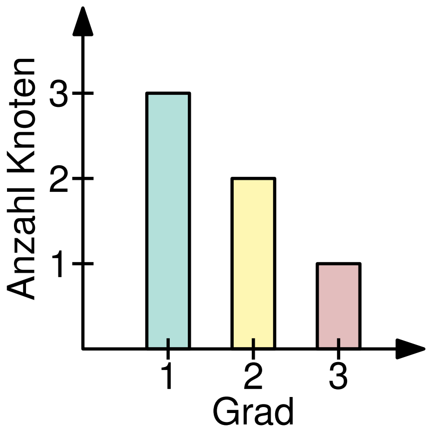


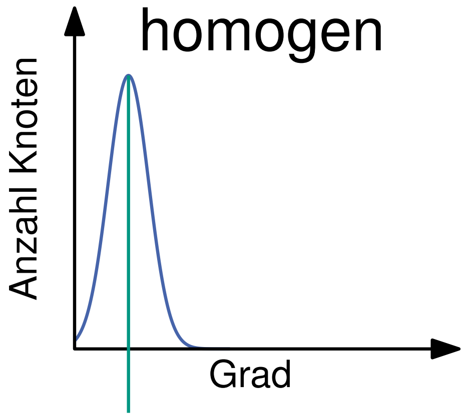
Eigenschaften von echten Graphen

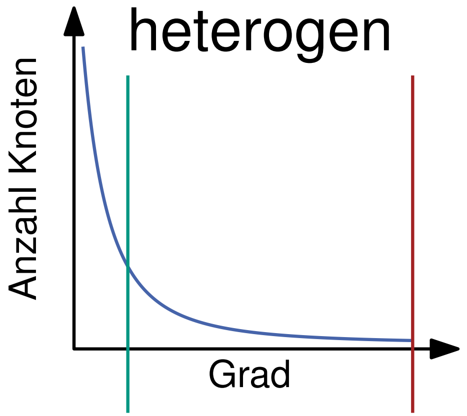
Karlsruher Institut für Technologie

Gradverteilung





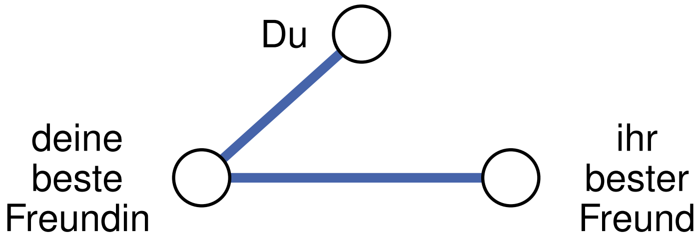




konstanter Durchschnittsgrad   wurzeliger Maximalgrad

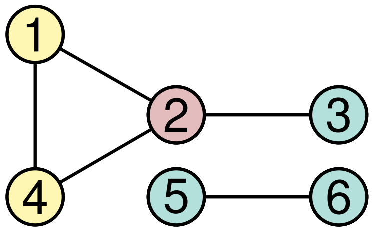
Lokalität

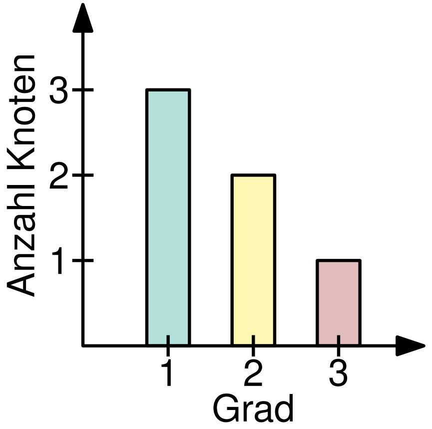
- “Kanten sind kurz”
- Kanten verbinden Knoten zwischen denen es schon kurze Pfade gibt

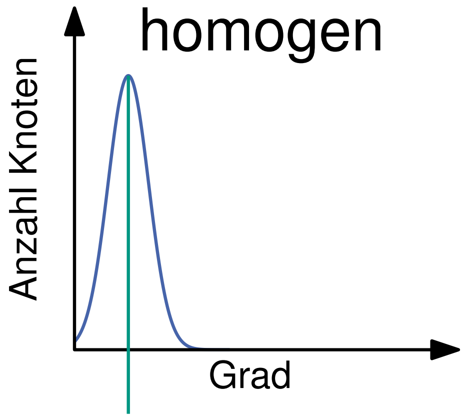


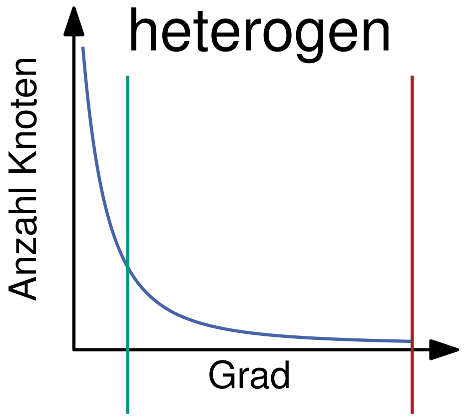
Eigenschaften von echten Graphen

Gradverteilung







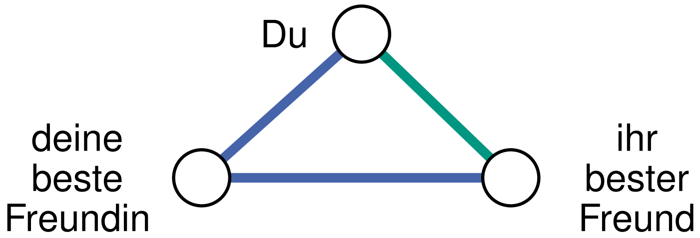


konstanter Durchschnittsgrad

wurzeliger Maximalgrad

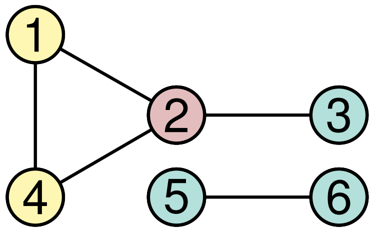
Lokalität

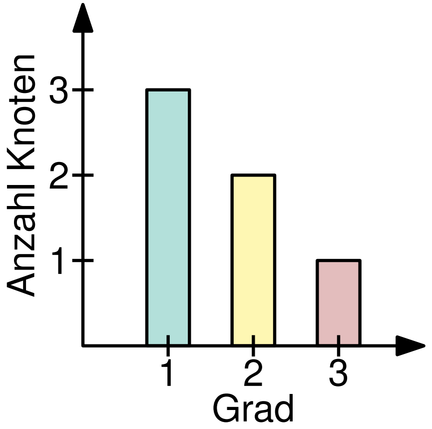
- “Kanten sind kurz”
- Kanten verbinden Knoten zwischen denen es schon kurze Pfade gibt

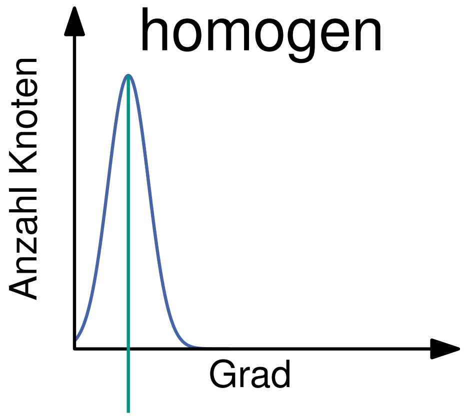


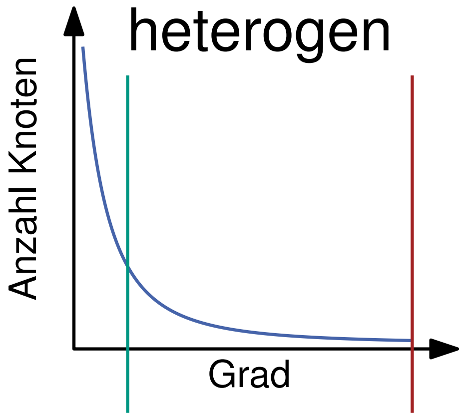
Eigenschaften von echten Graphen

Gradverteilung





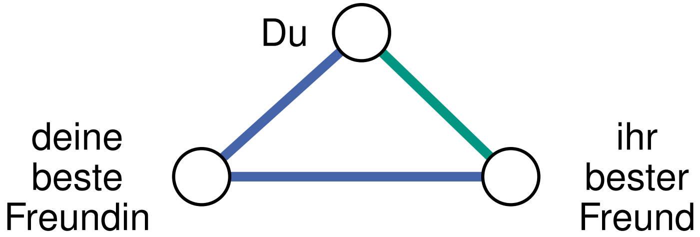




konstanter Durchschnittsgrad wurzeliger Maximalgrad

Lokalität

- "Kanten sind kurz"
- Kanten verbinden Knoten zwischen denen es schon kurze Pfade gibt

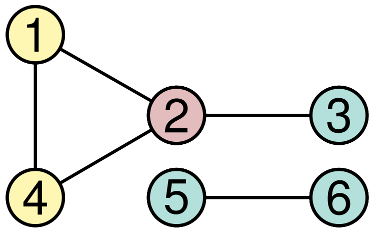


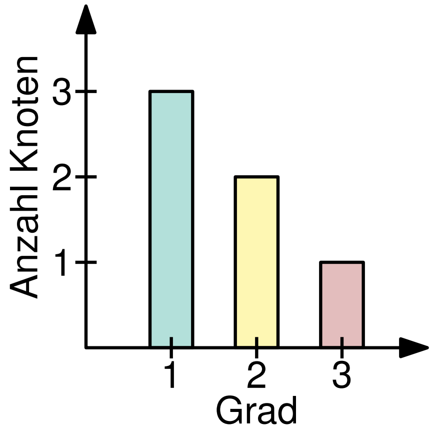
Durchmesser

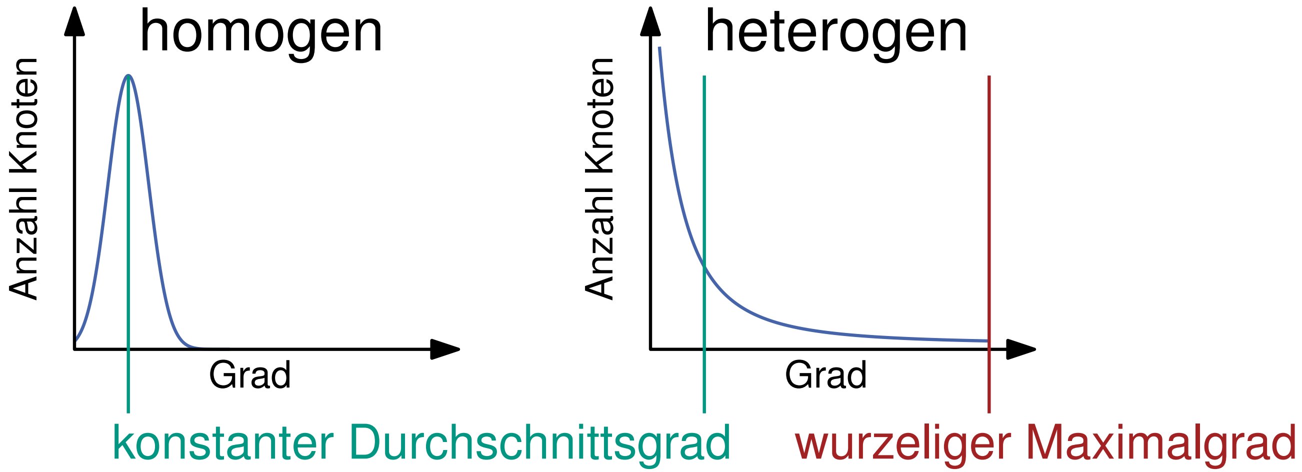
- "Jeder kennt jeden über 6 Ecken"

Eigenschaften von echten Graphen

Gradverteilung

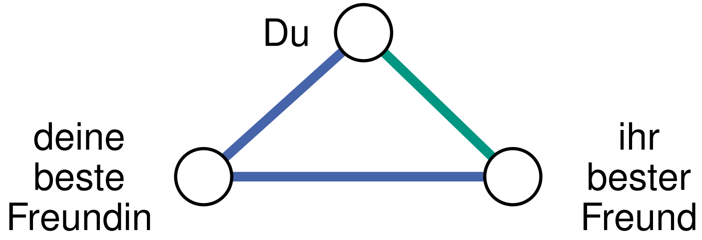






Lokalität

- “Kanten sind kurz”
- Kanten verbinden Knoten zwischen denen es schon kurze Pfade gibt

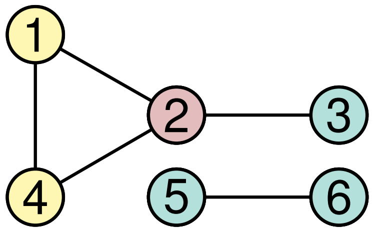


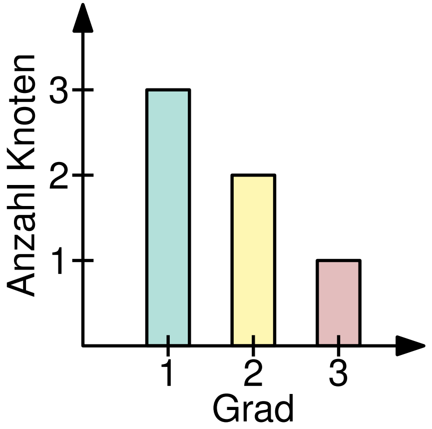
Durchmesser

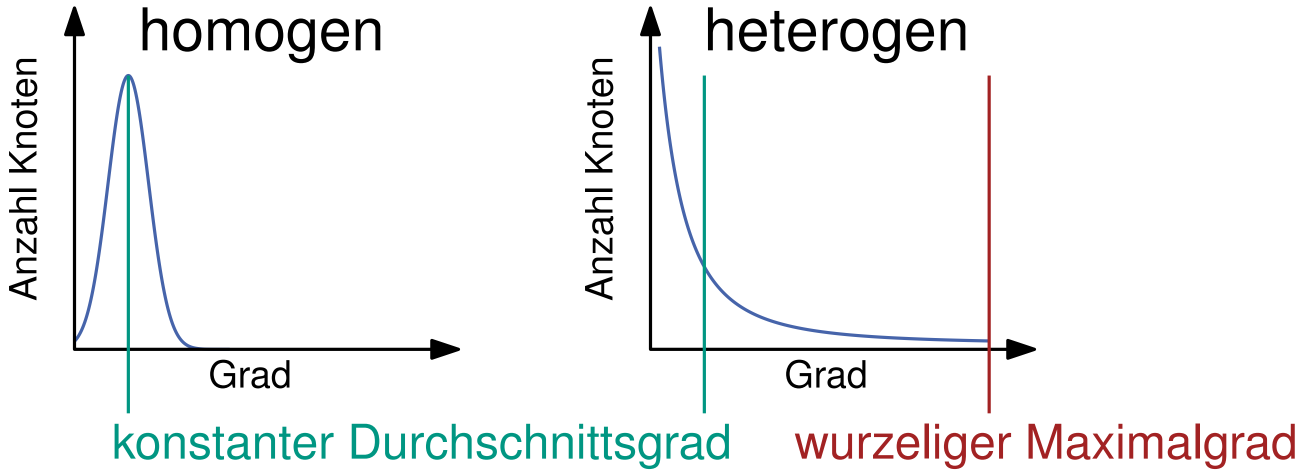
- “Jeder kennt jeden über 6 Ecken”
- der längste kürzeste Pfad ist kurz

Eigenschaften von echten Graphen

Gradverteilung

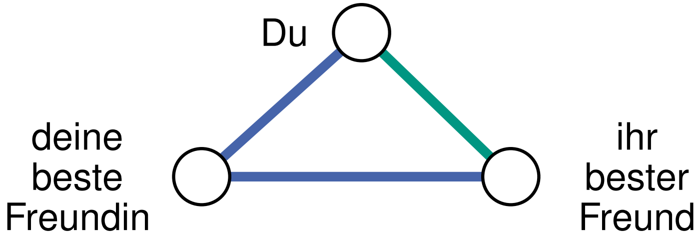






Lokalität

- “Kanten sind kurz”
- Kanten verbinden Knoten zwischen denen es schon kurze Pfade gibt



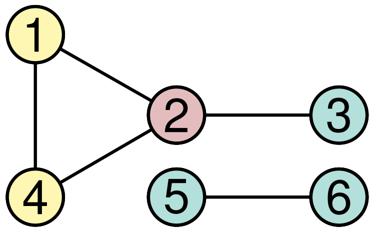
Durchmesser

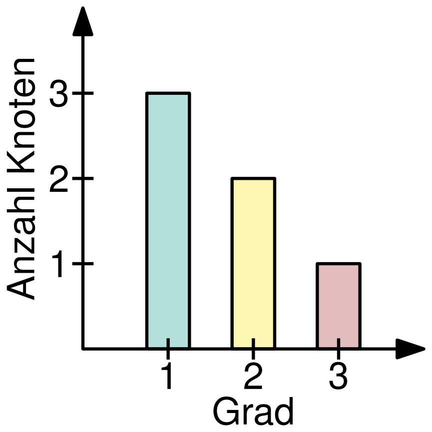
- “Jeder kennt jeden über 6 Ecken”
- der längste kürzeste Pfad ist kurz
- in Facebook kennt jeder jeden über 3.57 Ecken (im Durchschnitt)

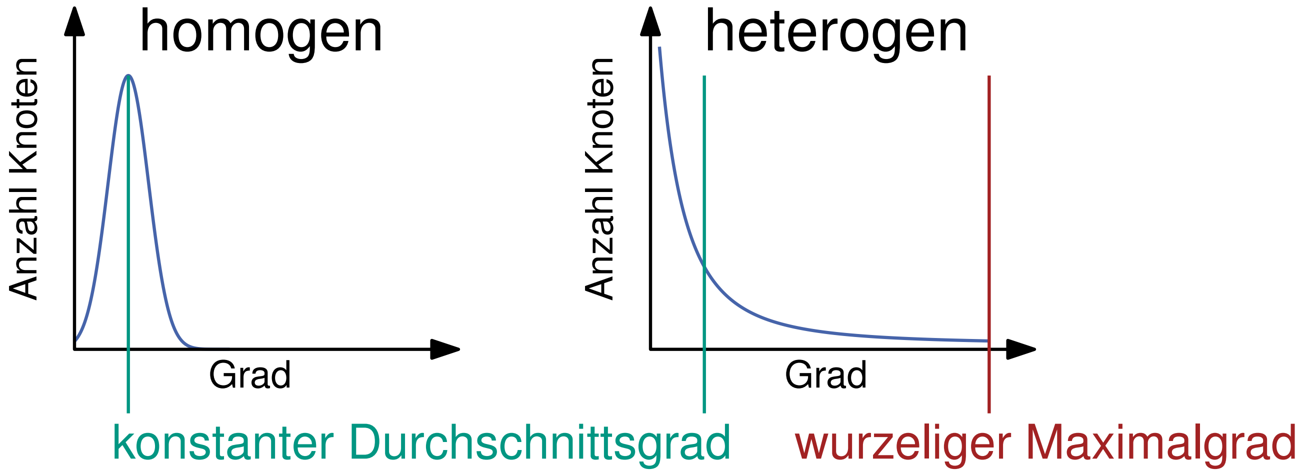
https://research.facebook.com/blog/2016/2/three-and-a-half-degrees-of-separation/

Eigenschaften von echten Graphen

Gradverteilung

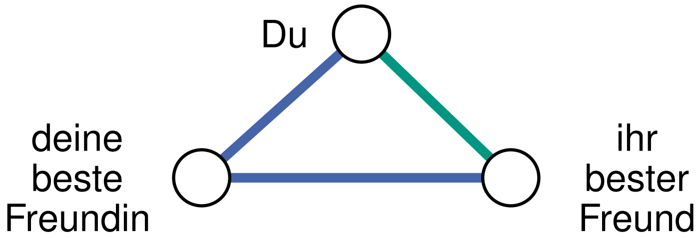






Lokalität

- “Kanten sind kurz”
- Kanten verbinden Knoten zwischen denen es schon kurze Pfade gibt

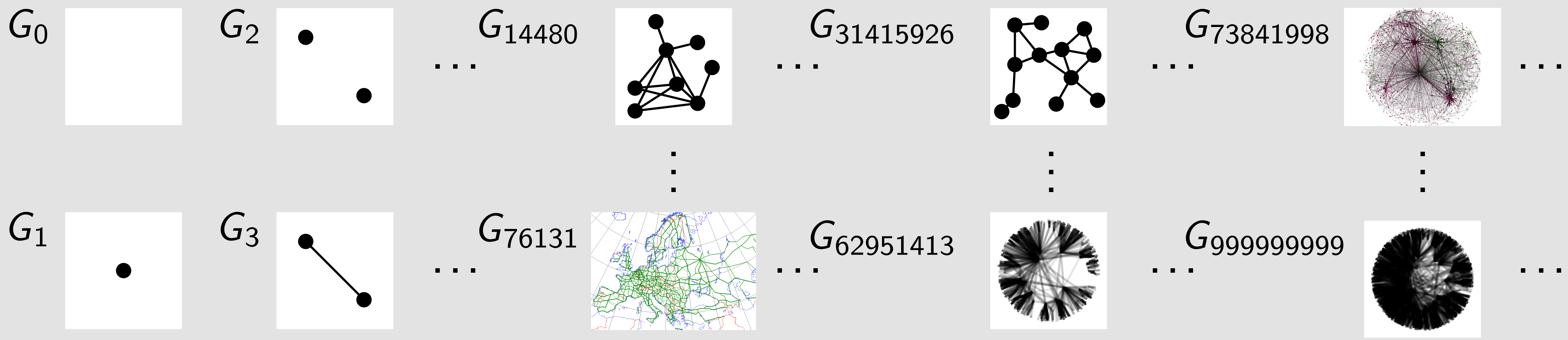


Durchmesser

- “Jeder kennt jeden über 6 Ecken”
- der längste kürzeste Pfad ist kurz
- in Facebook kennt jeder jeden über 3.57 Ecken (im Durchschnitt)
  https://research.facebook.com/blog/2016/2/three-and-a-half-degrees-of-separation/
- in Straßennetzwerken eher nicht

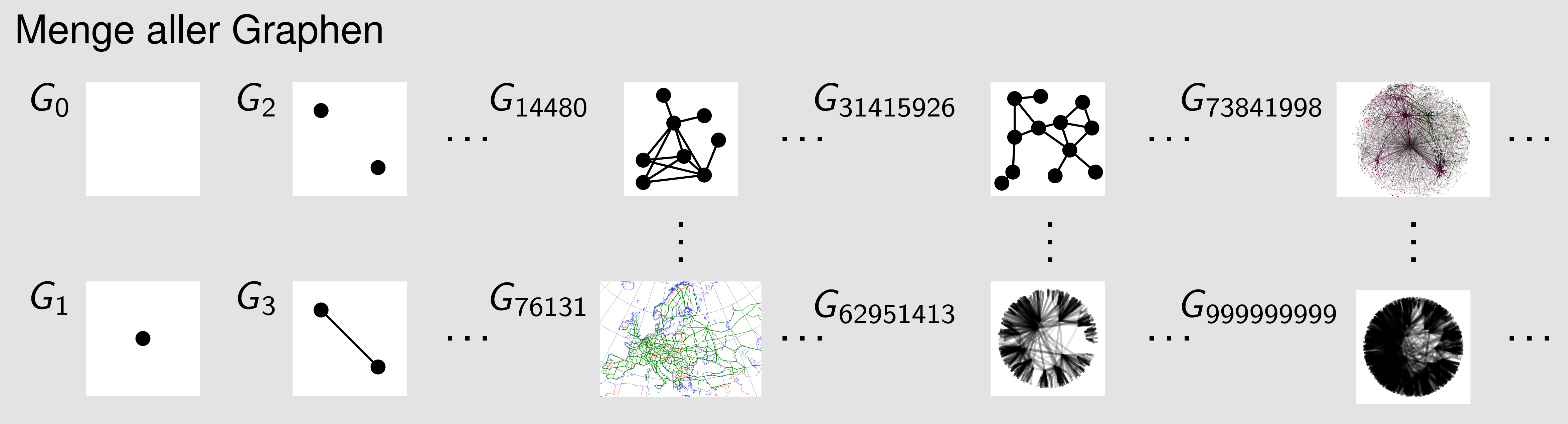
Zurück in die Theorie?

Menge aller Graphen



- Wie können wir mathematisch beschreiben wie der Adversary Instanzen wählen darf?

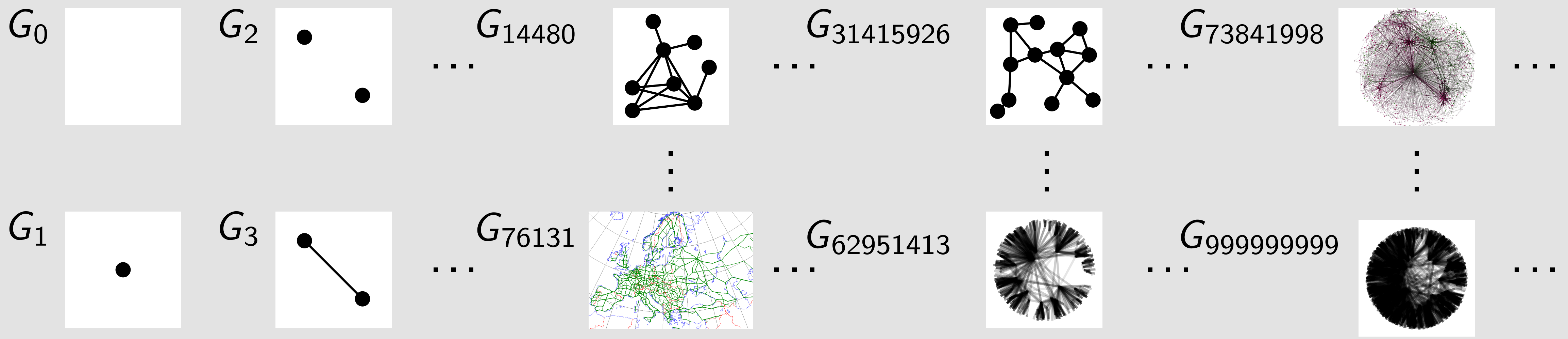
Zurück in die Theorie?



- Wie können wir mathematisch beschreiben wie der Adversary Instanzen wählen darf?
  - “Graphen mit heterogener Gradverteilung”

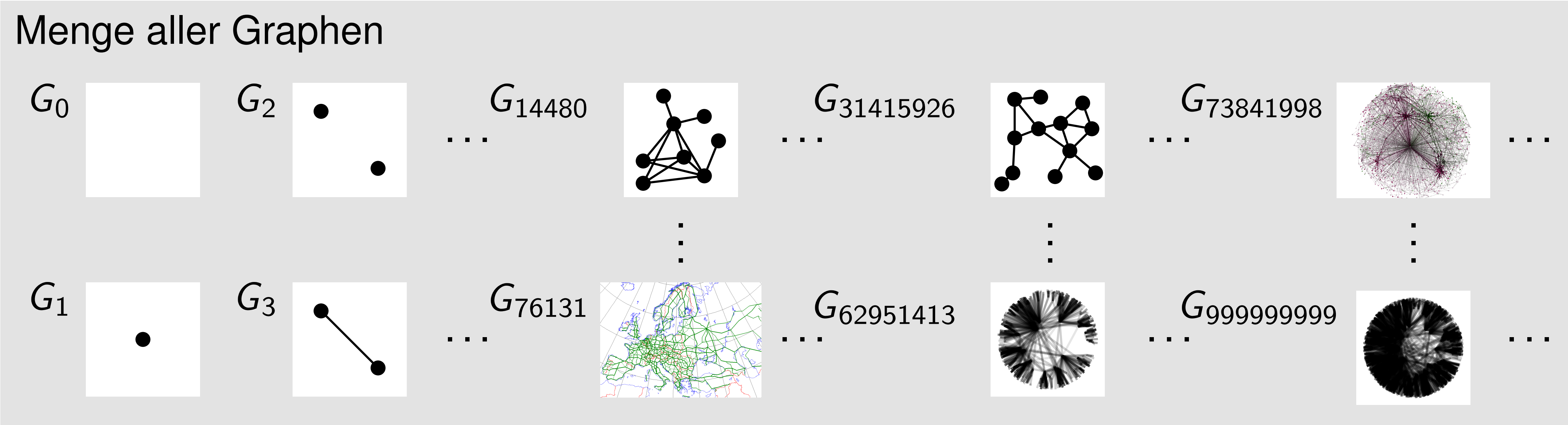
Zurück in die Theorie?

Menge aller Graphen



- Wie können wir mathematisch beschreiben wie der Adversary Instanzen wählen darf?
  - “Graphen mit heterogener Gradverteilung”
  - “...und hoher Lokalität”

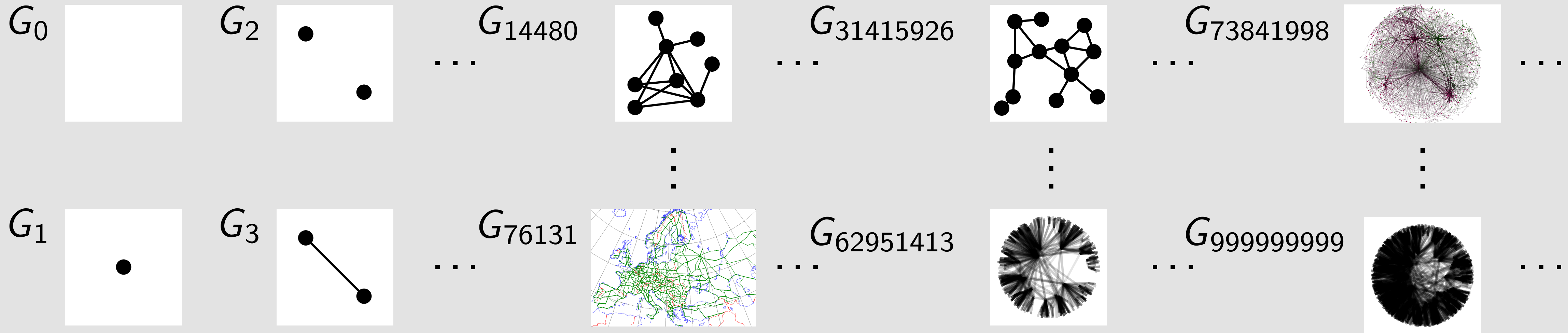
Zurück in die Theorie?



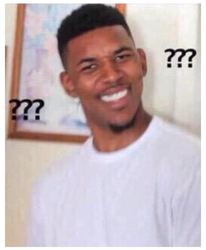
- Wie können wir mathematisch beschreiben wie der Adversary Instanzen wählen darf?
  - “Graphen mit heterogener Gradverteilung”
  - “...und hoher Lokalität”
  - “...und kleinem Durchmesser”

Zurück in die Theorie?

Menge aller Graphen



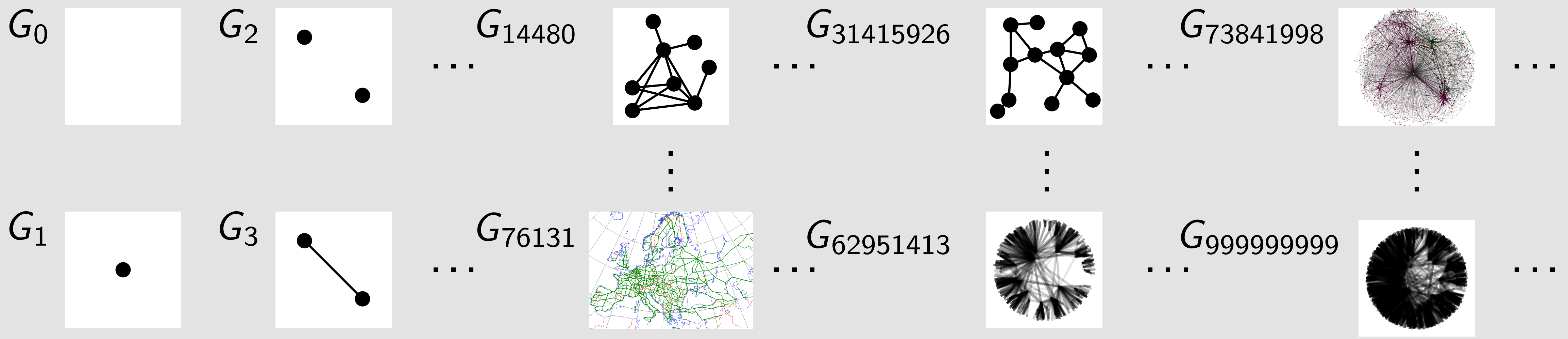
- Wie können wir mathematisch beschreiben wie der $\boxed{\text{Adversary}}$ Instanzen wählen darf?
  - “Graphen mit heterogener Gradverteilung”
  - “…und hoher Lokalität”
  - “…und kleinem Durchmesser”



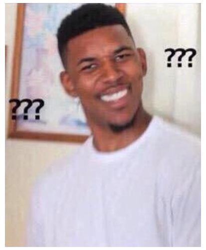
https://i.imgflip.com/o63vh.jpg?a460593 (cropped)

Zurück in die Theorie?

Menge aller Graphen



- Wie können wir mathematisch beschreiben wie der Adversary Instanzen wählen darf?
  - “Graphen mit heterogener Gradverteilung”
  - “. . . und hoher Lokalität”
  - “. . . und kleinem Durchmesser”
- Das ist alles zu unkonkret!



https://i.imgflip.com/o63vh.jpg?a460593 (cropped)

Zufallsgraph

Ein **Zufallsgraph** ist ein Graph $G = (V, E)$ bei dem E eine Zufallsvariable ist.

Zufallsgraph

Ein **Zufallsgraph** ist ein Graph $G = (V, E)$ bei dem E eine Zufallsvariable ist.

- **Erdős-Rényi Modell**
  - $V = \{1, \dots, n\}$
  - $X_{u,v}$ Indikatorzufallsvariable mit $p(X_{u,v} = 1) = p$ für alle $1 \leq u < v \leq n$.
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid X_{u,v} = 1\}$

Zufallsgraph

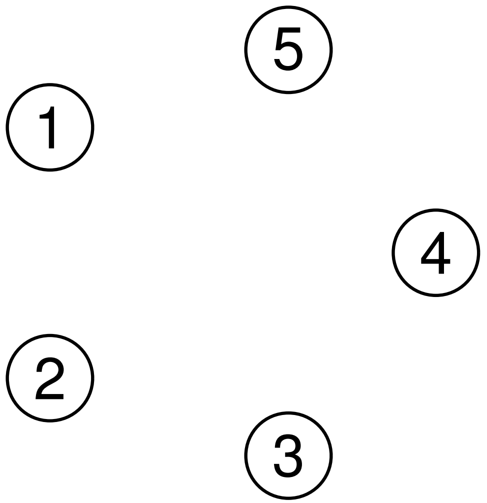
Ein **Zufallsgraph** ist ein Graph $G = (V, E)$ bei dem E eine Zufallsvariable ist.

- **Erdős-Rényi Modell**
  - $V = \{1, \dots, n\}$
  - $X_{u,v}$ Indikatorzufallsvariable mit $p(X_{u,v} = 1) = p$ für alle $1 \leq u < v \leq n$.
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid X_{u,v} = 1\}$

Beispiel

$V = \{1, \dots, 5\}$

$p = 1/2$



Zufallsgraph

Ein **Zufallsgraph** ist ein Graph $G = (V, E)$ bei dem E eine Zufallsvariable ist.

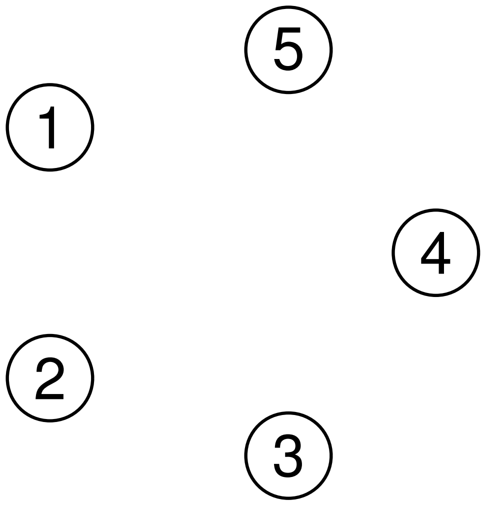
- **Erdős-Rényi Modell**
  - $V = \{1, \ldots, n\}$
  - $X_{u,v}$ Indikatorzufallsvariable mit $p(X_{u,v} = 1) = p$ für alle $1 \leq u < v \leq n$.
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid X_{u,v} = 1\}$

Beispiel

$V = \{1, \ldots, 5\}$

$p = 1/2$

$X_{1,2} = 0$	$X_{2,4} = 0$
$X_{1,3} = 1$	$X_{2,5} = 0$
$X_{1,4} = 1$	$X_{3,4} = 0$
$X_{1,5} = 0$	$X_{3,5} = 1$
$X_{2,3} = 1$	$X_{4,5} = 1$



Zufallsgraph

Ein **Zufallsgraph** ist ein Graph $G = (V, E)$ bei dem E eine Zufallsvariable ist.

- **Erdős-Rényi Modell**
  - $V = \{1, \ldots, n\}$
  - $X_{u,v}$ Indikatorzufallsvariable mit $p(X_{u,v} = 1) = p$ für alle $1 \leq u < v \leq n$.
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid X_{u,v} = 1\}$

Beispiel

$V = \{1, \ldots, 5\}$

$p = 1/2$

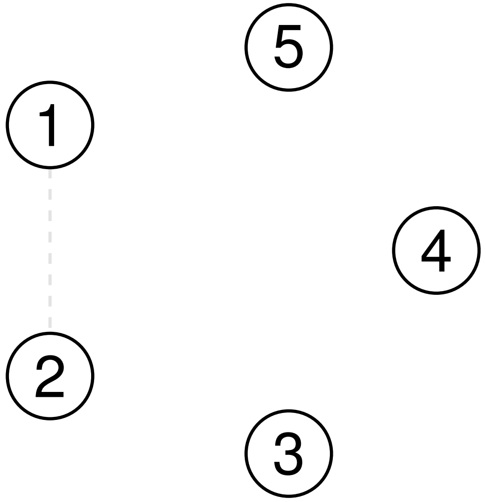
$X_{1,2} = 0$ $\quad X_{2,4} = 0$

$X_{1,3} = 1$ $\quad X_{2,5} = 0$

$X_{1,4} = 1$ $\quad X_{3,4} = 0$

$X_{1,5} = 0$ $\quad X_{3,5} = 1$

$X_{2,3} = 1$ $\quad X_{4,5} = 1$



Zufallsgraph

Ein **Zufallsgraph** ist ein Graph $G = (V, E)$ bei dem E eine Zufallsvariable ist.

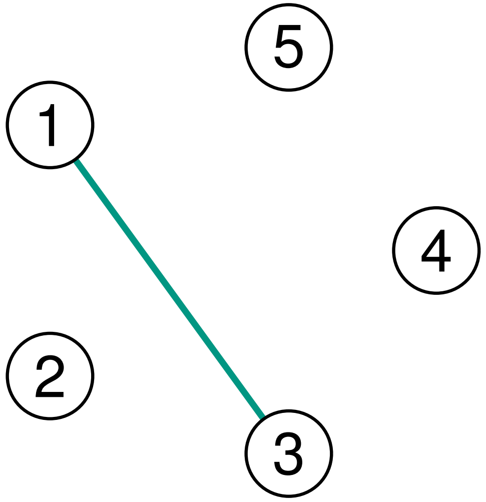
- **Erdős-Rényi Modell**
  - $V = \{1, \dots, n\}$
  - $X_{u,v}$ Indikatorzufallsvariable mit $p(X_{u,v} = 1) = p$ für alle $1 \leq u < v \leq n$.
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid X_{u,v} = 1\}$

Beispiel

$V = \{1, \dots, 5\}$

$p = 1/2$

$X_{1,2} = 0$	$X_{2,4} = 0$
$X_{1,3} = 1$	$X_{2,5} = 0$
$X_{1,4} = 1$	$X_{3,4} = 0$
$X_{1,5} = 0$	$X_{3,5} = 1$
$X_{2,3} = 1$	$X_{4,5} = 1$



Zufallsgraph

Ein **Zufallsgraph** ist ein Graph $G = (V, E)$ bei dem E eine Zufallsvariable ist.

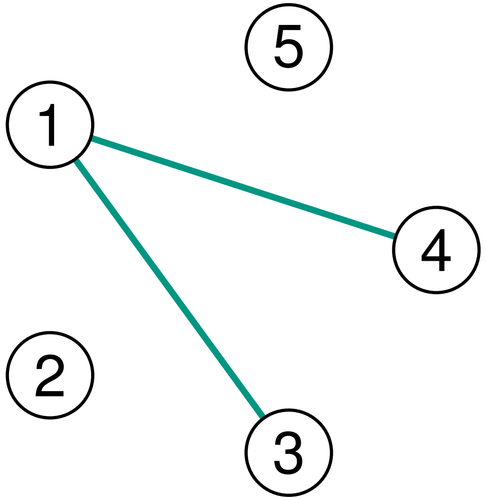
- **Erdős-Rényi Modell**
  - $V = \{1, \dots, n\}$
  - $X_{u,v}$ Indikatorzufallsvariable mit $p(X_{u,v} = 1) = p$ für alle $1 \leq u < v \leq n$.
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid X_{u,v} = 1\}$

Beispiel

$V = \{1, \dots, 5\}$

$p = 1/2$

$X_{1,2} = 0$	$X_{2,4} = 0$
$X_{1,3} = 1$	$X_{2,5} = 0$
$X_{1,4} = 1$	$X_{3,4} = 0$
$X_{1,5} = 0$	$X_{3,5} = 1$
$X_{2,3} = 1$	$X_{4,5} = 1$



Zufallsgraph

Ein **Zufallsgraph** ist ein Graph $G = (V, E)$ bei dem E eine Zufallsvariable ist.

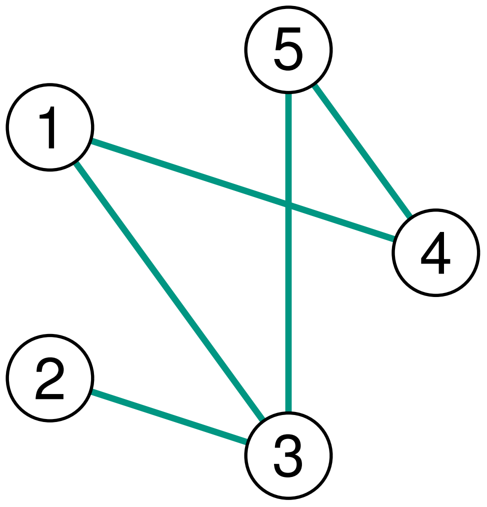
- **Erdős-Rényi Modell**
  - $V = \{1, \dots, n\}$
  - $X_{u,v}$ Indikatorzufallsvariable mit $p(X_{u,v} = 1) = p$ für alle $1 \leq u < v \leq n$.
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid X_{u,v} = 1\}$

Beispiel

$V = \{1, \dots, 5\}$

$p = 1/2$

$X_{1,2} = 0$	$X_{2,4} = 0$
$X_{1,3} = 1$	$X_{2,5} = 0$
$X_{1,4} = 1$	$X_{3,4} = 0$
$X_{1,5} = 0$	$X_{3,5} = 1$
$X_{2,3} = 1$	$X_{4,5} = 1$



Zufallsgraph

Ein **Zufallsgraph** ist ein Graph $G = (V, E)$ bei dem E eine Zufallsvariable ist.

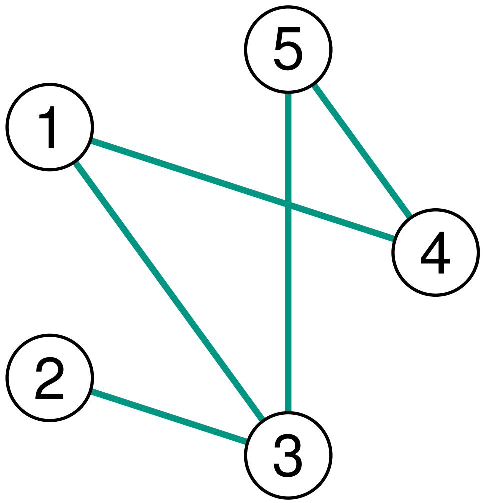
- **Erdős-Rényi Modell**
  - $V = \{1, \ldots, n\}$
  - $X_{u,v}$ Indikatorzufallsvariable mit $p(X_{u,v} = 1) = p$ für alle $1 \leq u < v \leq n$.
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid X_{u,v} = 1\}$
    - folgt einer Verteilung über alle Graphen mit n Knoten

Beispiel

$V = \{1, \ldots, 5\}$

$p = 1/2$

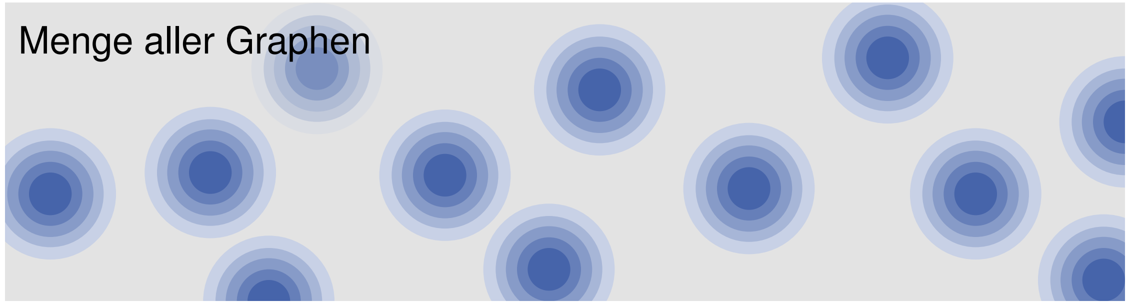
$X_{1,2} = 0$	$X_{2,4} = 0$
$X_{1,3} = 1$	$X_{2,5} = 0$
$X_{1,4} = 1$	$X_{3,4} = 0$
$X_{1,5} = 0$	$X_{3,5} = 1$
$X_{2,3} = 1$	$X_{4,5} = 1$



Zufallsgraph

Ein **Zufallsgraph** ist ein Graph $G = (V, E)$ bei dem E eine Zufallsvariable ist.

- **Erdős-Rényi Modell**
  - $V = \{1, \ldots, n\}$
  - $X_{u,v}$ Indikatorzufallsvariable mit $p(X_{u,v} = 1) = p$ für alle $1 \leq u < v \leq n$.
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid X_{u,v} = 1\}$
    - folgt einer Verteilung über alle Graphen mit n Knoten



(unter der Annahme, dass wir nach der Generierung die Knoten-IDs vergessen)

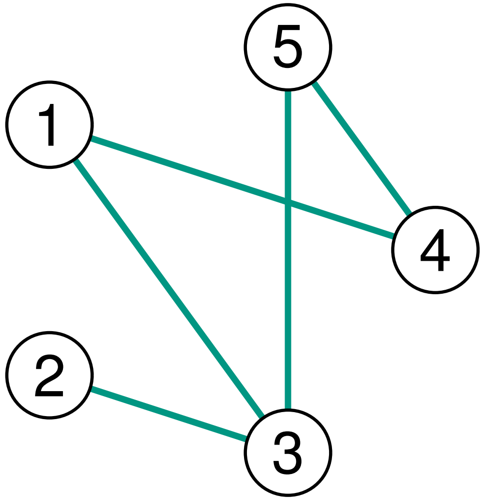
"Adversary soll Erdős-Rényi Zufallsgraph generieren"

Beispiel

$V = \{1, \ldots, 5\}$

$p = 1/2$

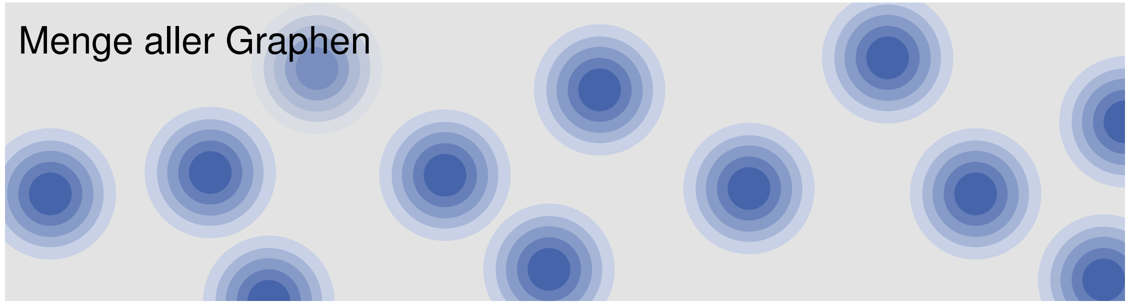
$X_{1,2} = 0$	$X_{2,4} = 0$
$X_{1,3} = 1$	$X_{2,5} = 0$
$X_{1,4} = 1$	$X_{3,4} = 0$
$X_{1,5} = 0$	$X_{3,5} = 1$
$X_{2,3} = 1$	$X_{4,5} = 1$



Zufallsgraph

Ein **Zufallsgraph** ist ein Graph $G = (V, E)$ bei dem E eine Zufallsvariable ist.

- **Erdős-Rényi Modell**
  - $V = \{1, \dots, n\}$
  - $X_{u,v}$ Indikatorzufallsvariable mit $p(X_{u,v} = 1) = p$ für alle $1 \leq u < v \leq n$.
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid X_{u,v} = 1\}$
    - folgt einer Verteilung über alle Graphen mit n Knoten



(unter der Annahme, dass wir nach der Generierung die Knoten-IDs vergessen)

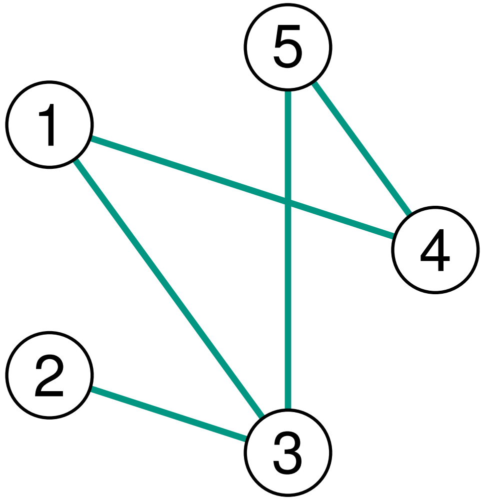
"Adversary soll Erdős-Rényi Zufallsgraph generieren"

Beispiel

$V = \{1, \dots, 5\}$

$p = 1/2$

$X_{1,2} = 0$	$X_{2,4} = 0$
$X_{1,3} = 1$	$X_{2,5} = 0$
$X_{1,4} = 1$	$X_{3,4} = 0$
$X_{1,5} = 0$	$X_{3,5} = 1$
$X_{2,3} = 1$	$X_{4,5} = 1$



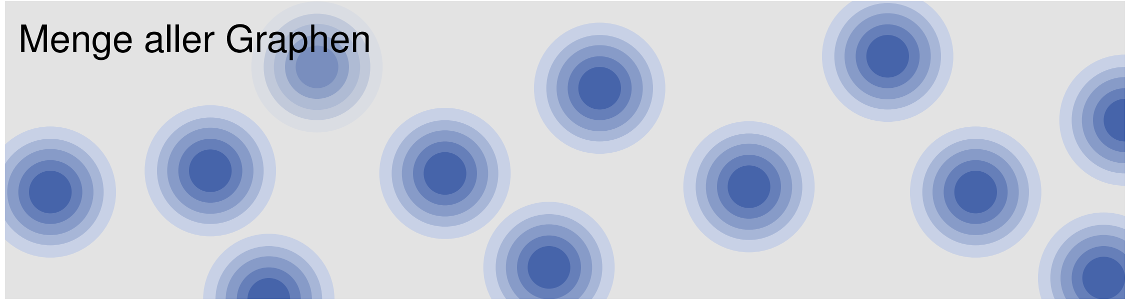
Eigenschaften

- erwarteter Grad eines Knotens
  $\mathbb{E}[\deg(v)] = \sum_{u \neq v} X_{u,v} = p \cdot (n - 1)$

Zufallsgraph

Ein **Zufallsgraph** ist ein Graph $G = (V, E)$ bei dem E eine Zufallsvariable ist.

- **Erdős-Rényi Modell**
  - $V = \{1, \dots, n\}$
  - $X_{u,v}$ Indikatorzufallsvariable mit $p(X_{u,v} = 1) = p$ für alle $1 \leq u < v \leq n$.
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid X_{u,v} = 1\}$
    - folgt einer Verteilung über alle Graphen mit n Knoten



(unter der Annahme, dass wir nach der Generierung die Knoten-IDs vergessen)

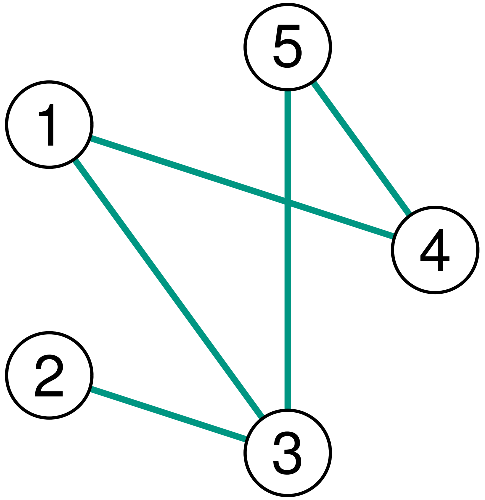
"Adversary soll Erdős-Rényi Zufallsgraph generieren"

Beispiel

$V = \{1, \dots, 5\}$

$p = 1/2$

$X_{1,2} = 0$	$X_{2,4} = 0$
$X_{1,3} = 1$	$X_{2,5} = 0$
$X_{1,4} = 1$	$X_{3,4} = 0$
$X_{1,5} = 0$	$X_{3,5} = 1$
$X_{2,3} = 1$	$X_{4,5} = 1$



Eigenschaften

- erwarteter Grad eines Knotens homogen

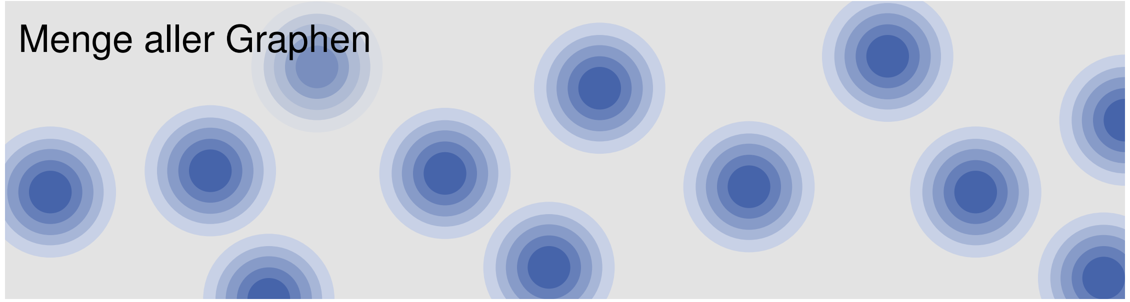
  $\mathbb{E}[\deg(v)] = \sum_{u \neq v} X_{u,v} = p \cdot (n - 1)$

Zufallsgraph

Karlsruher Institut für Technologie

Ein **Zufallsgraph** ist ein Graph $G = (V, E)$ bei dem E eine Zufallsvariable ist.

- **Erdős-Rényi Modell**
  - $V = \{1, \ldots, n\}$
  - $X_{u,v}$ Indikatorzufallsvariable mit $p(X_{u,v} = 1) = p$ für alle $1 \leq u < v \leq n$.
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid X_{u,v} = 1\}$
    - folgt einer Verteilung über alle Graphen mit n Knoten



(unter der Annahme, dass wir nach der Generierung die Knoten-IDs vergessen)

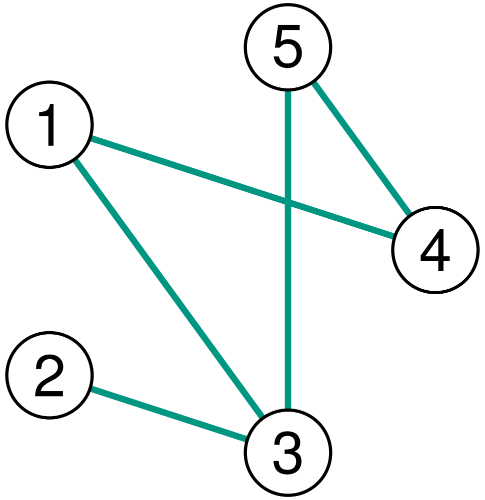
"Adversary soll Erdős-Rényi Zufallsgraph generieren"

Beispiel

$V = \{1, \ldots, 5\}$

$p = 1/2$

$X_{1,2} = 0$	$X_{2,4} = 0$
$X_{1,3} = 1$	$X_{2,5} = 0$
$X_{1,4} = 1$	$X_{3,4} = 0$
$X_{1,5} = 0$	$X_{3,5} = 1$
$X_{2,3} = 1$	$X_{4,5} = 1$



Eigenschaften

- erwarteter Grad eines Knotens homogen
  $\mathbb{E}[\deg(v)] = \sum_{u \neq v} X_{u,v} = p \cdot (n - 1)$
- Kanten unabhängig keine Lokalität

Geometrischer Zufallsgraph

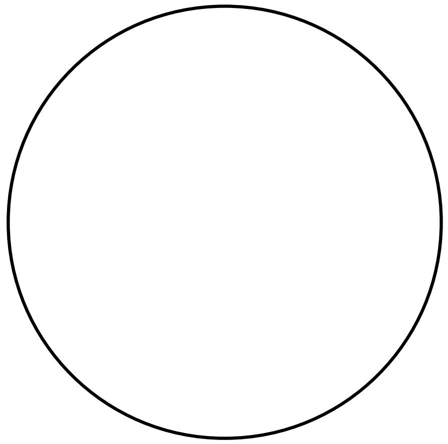
- **Euklidisch**
  - $V = \{1, \ldots, n\}$

Geometrischer Zufallsgraph

- **Euklidisch**
  - $V = \{1, \ldots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus dem Einheitskreis

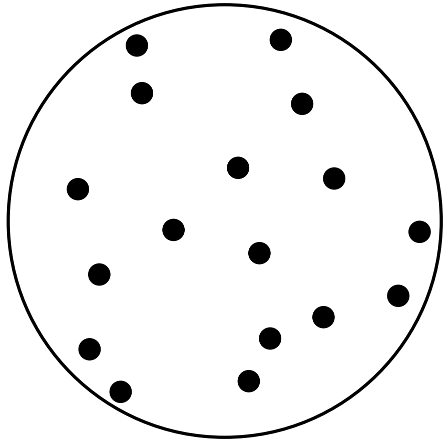
Geometrischer Zufallsgraph

- **Euklidisch**
  - $V = \{1, \dots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus dem Einheitskreis



Geometrischer Zufallsgraph

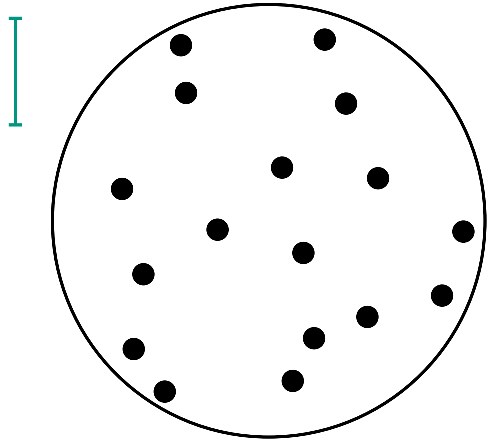
- **Euklidisch**
  - $V = \{1, ..., n\}$
  - X_v gleichverteilt aus dem Einheitskreis



Geometrischer Zufallsgraph

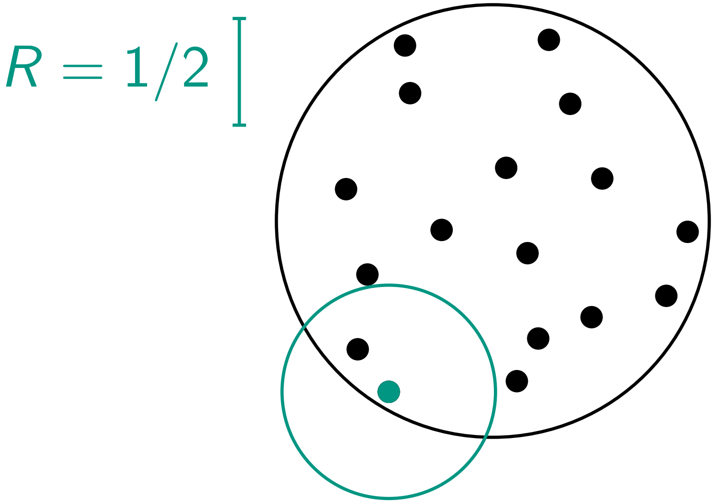
- **Euklidisch**
  - $V = \{1, \dots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus dem Einheitskreis
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid ||X_u - X_v||_2 \leq R\}$

$R = 1/2$



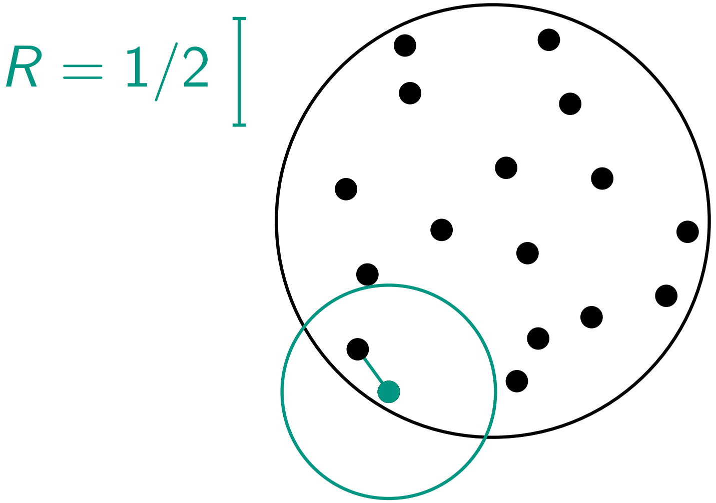
Geometrischer Zufallsgraph

- **Euklidisch**
  - $V = \{1, \dots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus dem Einheitskreis
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid ||X_u - X_v||_2 \leq R\}$



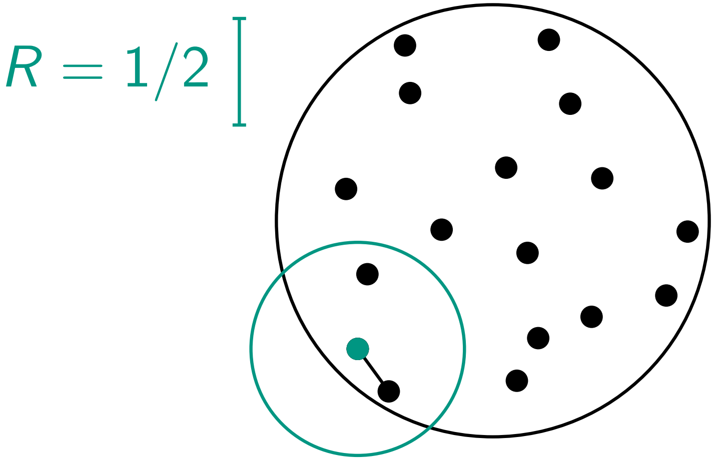
Geometrischer Zufallsgraph

- **Euklidisch**
  - $V = \{1, \ldots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus dem Einheitskreis
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid ||X_u - X_v||_2 \leq R\}$



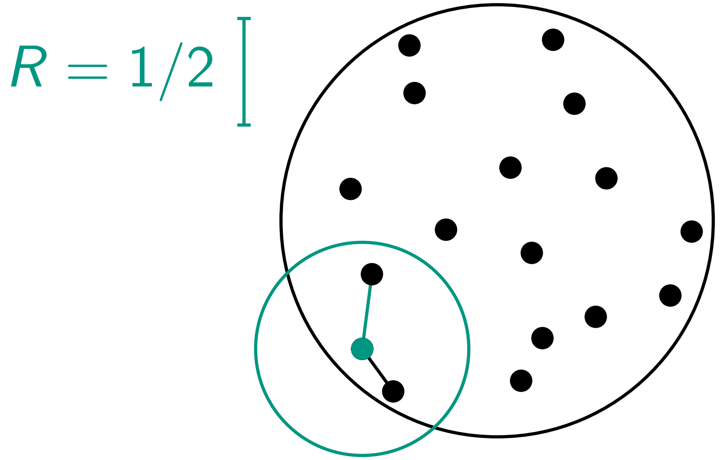
Geometrischer Zufallsgraph

- **Euklidisch**
  - $V = \{1, \ldots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus dem Einheitskreis
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid ||X_u - X_v||_2 \leq R\}$



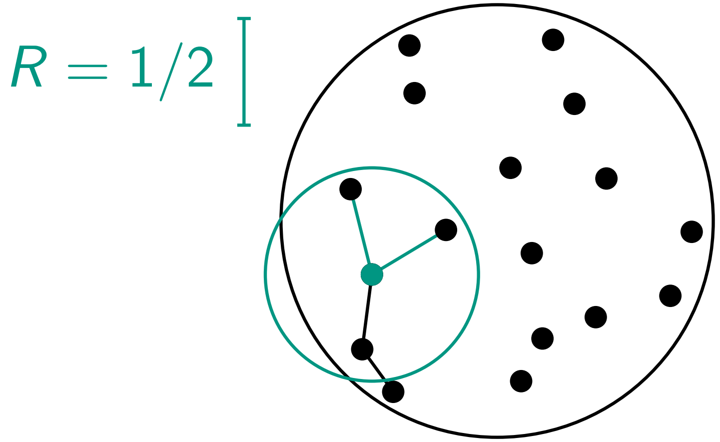
Geometrischer Zufallsgraph

- **Euklidisch**
  - $V = \{1, ..., n\}$
  - X_v gleichverteilt aus dem Einheitskreis
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid ||X_u - X_v||_2 \leq R\}$



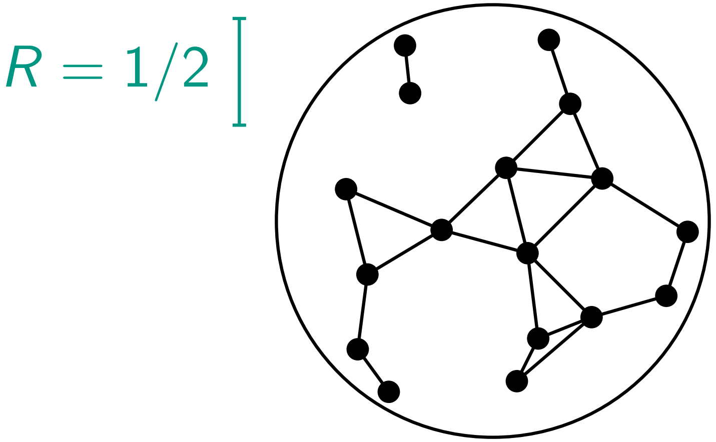
Geometrischer Zufallsgraph

- **Euklidisch**
  - $V = \{1, ..., n\}$
  - X_v gleichverteilt aus dem Einheitskreis
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid ||X_u - X_v||_2 \leq R\}$



Geometrischer Zufallsgraph

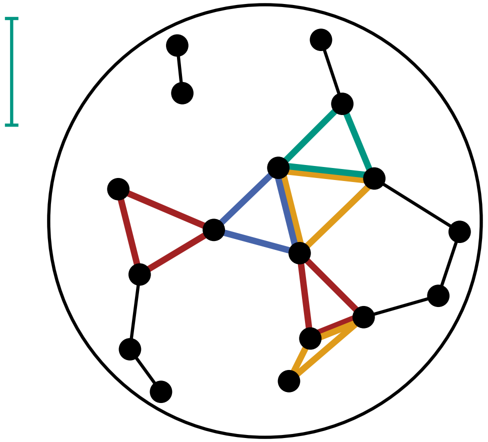
- **Euklidisch**
  - $V = \{1, \dots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus dem Einheitskreis
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid ||X_u - X_v||_2 \leq R\}$



Geometrischer Zufallsgraph

- **Euklidisch**
  - $V = \{1, \ldots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus dem Einheitskreis
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid ||X_u - X_v||_2 \leq R\}$
- Lokalität Sind zwei Knoten mit gemeinsamem Nachbar wahrscheinlicher verbunden, als zwei zufällig gewählte Knoten?

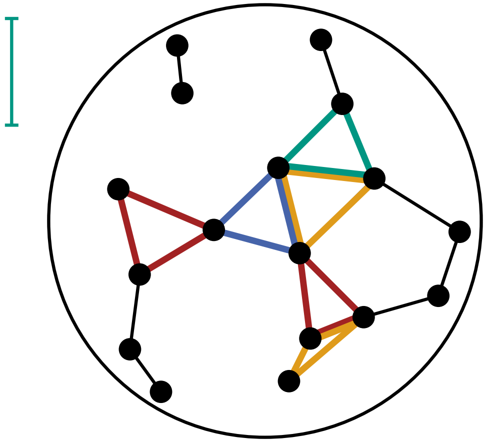
$R = 1/2$



Geometrischer Zufallsgraph

- **Euklidisch**
  - $V = \{1, \ldots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus dem Einheitskreis
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid ||X_u - X_v||_2 \leq R\}$
- Lokalität Sind zwei Knoten mit gemeinsamem Nachbar wahrscheinlicher verbunden, als zwei zufällig gewählte Knoten?
  - u, w sind zwei zufällig gewählte Knoten

$R = 1/2$



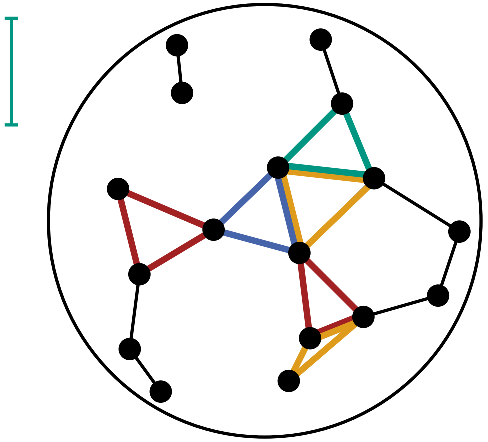
Geometrischer Zufallsgraph

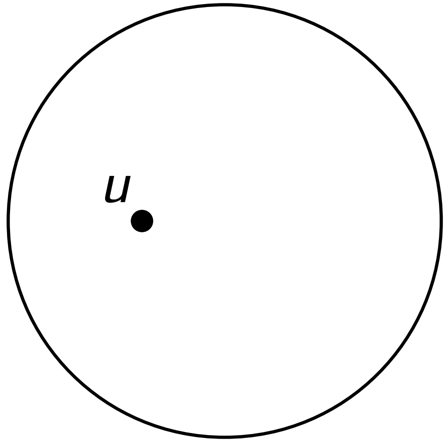
- **Euklidisch**
  - $V = \{1, \ldots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus dem Einheitskreis
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid ||X_u - X_v||_2 \leq R\}$
- Lokalität

Sind zwei Knoten mit gemeinsamem Nachbar wahrscheinlicher verbunden, als zwei zufällig gewählte Knoten?

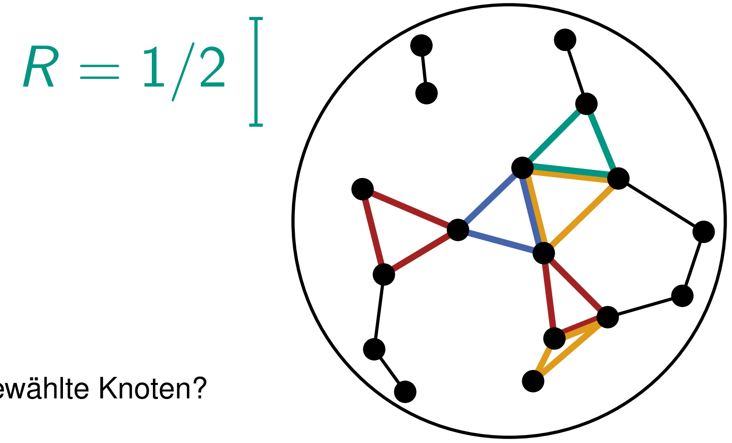
  - u, w sind zwei zufällig gewählte Knoten

$R = 1/2$

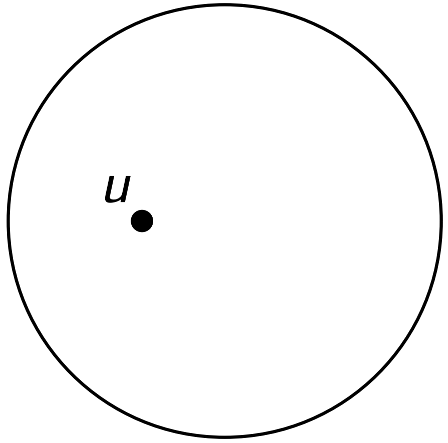




Geometrischer Zufallsgraph

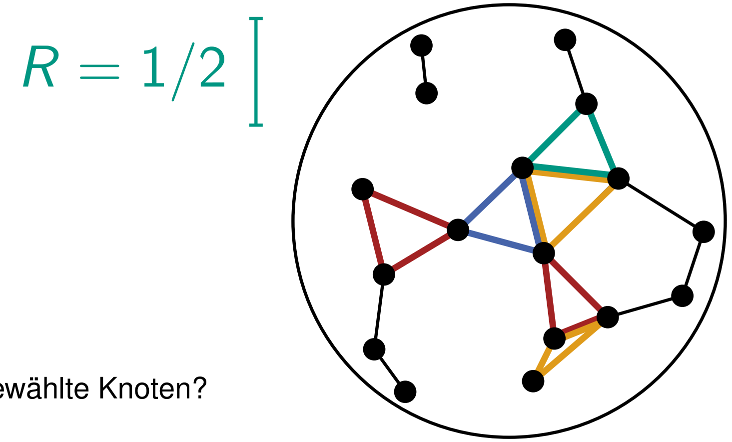


- **Euklidisch**
  - $V = \{1, \ldots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus dem Einheitskreis
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid ||X_u - X_v||_2 \leq R\}$
- Lokalität Sind zwei Knoten mit gemeinsamem Nachbar wahrscheinlicher verbunden, als zwei zufällig gewählte Knoten?
  - u, w sind zwei zufällig gewählte Knoten
    - $\{u, w\} \in E \leftrightarrow ||X_u - X_w||_2 \leq R$

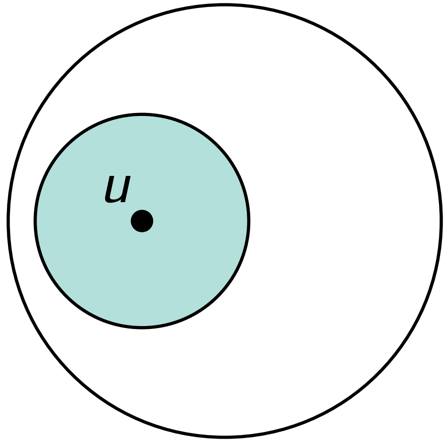


Geometrischer Zufallsgraph

- **Euklidisch**
  - $V = \{1, ..., n\}$
  - X_v gleichverteilt aus dem Einheitskreis
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid ||X_u - X_v||_2 \leq R\}$



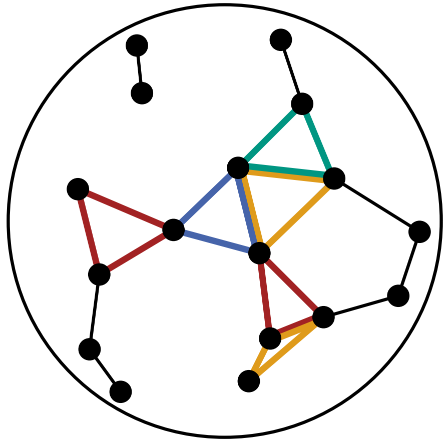
- Lokalität Sind zwei Knoten mit gemeinsamem Nachbar wahrscheinlicher verbunden, als zwei zufällig gewählte Knoten?
  - u, w sind zwei zufällig gewählte Knoten
    - $\{u, w\} \in E \leftrightarrow ||X_u - X_w||_2 \leq R$
      $\leftrightarrow w \in$



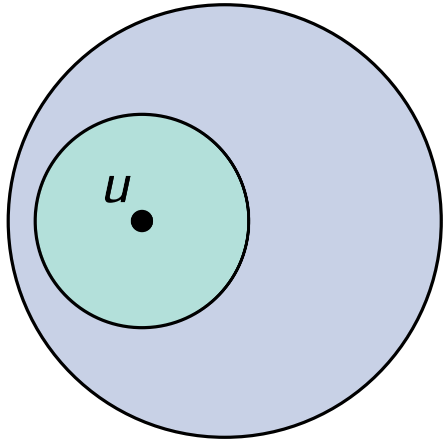
Geometrischer Zufallsgraph

- **Euklidisch**
  - $V = \{1, \dots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus dem Einheitskreis
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid ||X_u - X_v||_2 \leq R\}$

$R = 1/2$

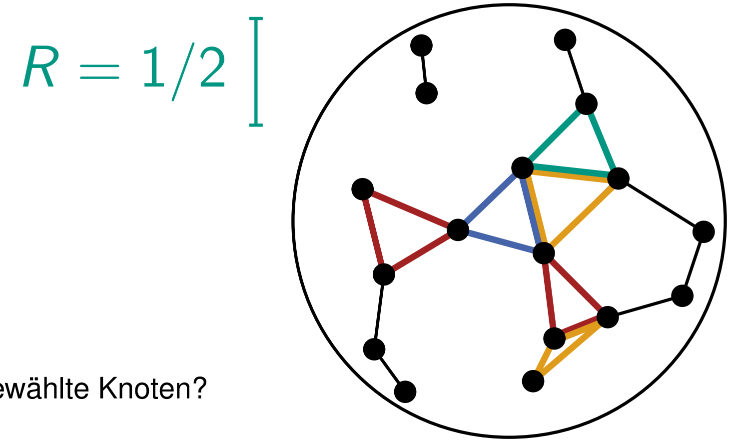


- Lokalität Sind zwei Knoten mit gemeinsamem Nachbar wahrscheinlicher verbunden, als zwei zufällig gewählte Knoten?
  - u, w sind zwei zufällig gewählte Knoten
    - $\{u, w\} \in E \leftrightarrow ||X_u - X_w||_2 \leq R$
      $\leftrightarrow w \in \bigcirc$
    - $\Pr[\{u, v\} \in E] \leq \frac{A(\bigcirc)}{A(\bigcirc)}$

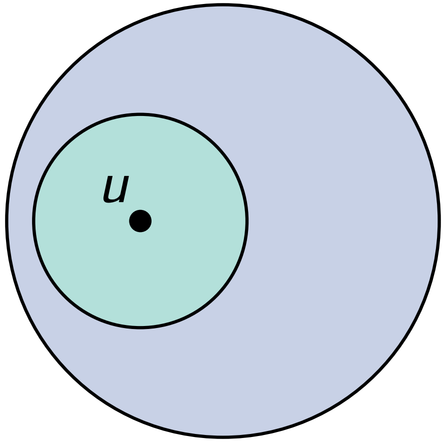


Geometrischer Zufallsgraph

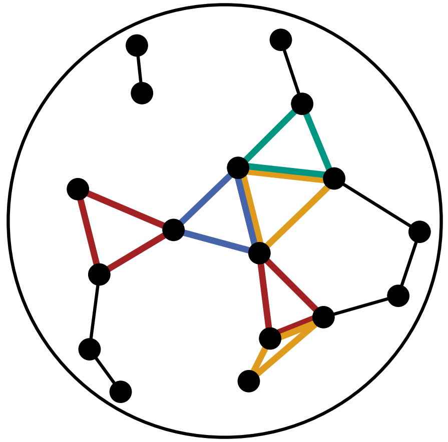
- **Euklidisch**
  - $V = \{1, \dots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus dem Einheitskreis
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid ||X_u - X_v||_2 \leq R\}$



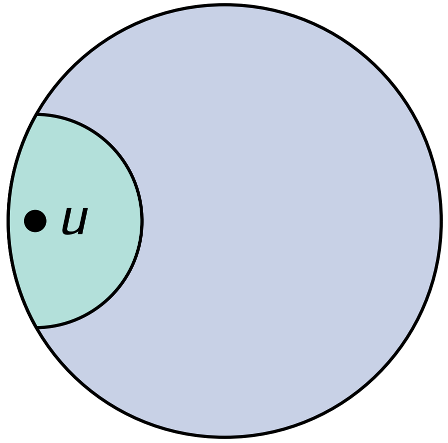
- Lokalität Sind zwei Knoten mit gemeinsamem Nachbar wahrscheinlicher verbunden, als zwei zufällig gewählte Knoten?
  - u, w sind zwei zufällig gewählte Knoten
    - $\{u, w\} \in E \leftrightarrow ||X_u - X_w||_2 \leq R$
      $\leftrightarrow w \in \bigcirc$
    - $\Pr[\{u, v\} \in E] \leq \frac{A(\bigcirc)}{A(\bigcirc)}$
      ?



Geometrischer Zufallsgraph

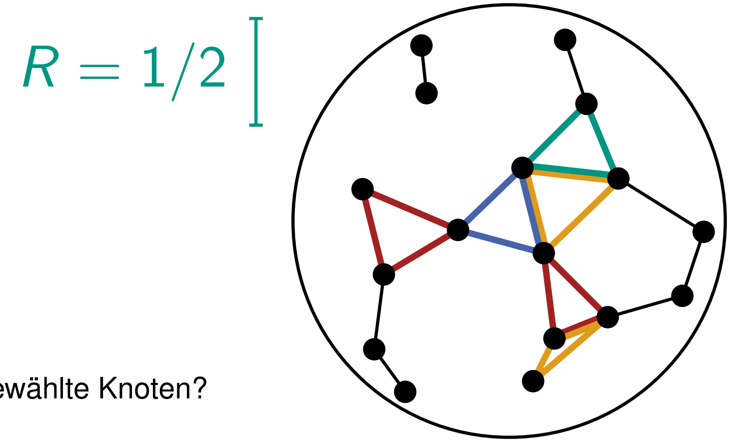


- **Euklidisch**
  - $V = \{1, \dots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus dem Einheitskreis
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid ||X_u - X_v||_2 \leq R\}$
- Lokalität Sind zwei Knoten mit gemeinsamem Nachbar wahrscheinlicher verbunden, als zwei zufällig gewählte Knoten?
  - u, w sind zwei zufällig gewählte Knoten
    - $\{u, w\} \in E \leftrightarrow ||X_u - X_w||_2 \leq R$
      $\leftrightarrow w \in \bigcirc$
    - $\Pr[\{u, v\} \in E] \leq \frac{A(\bigcirc)}{A(\bigcirc)}$
      ?

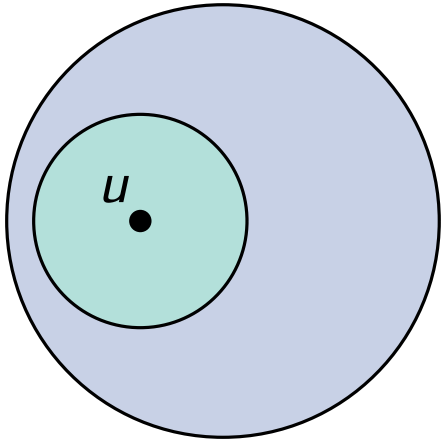


Geometrischer Zufallsgraph

- **Euklidisch**
  - $V = \{1, \dots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus dem Einheitskreis
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid ||X_u - X_v||_2 \leq R\}$

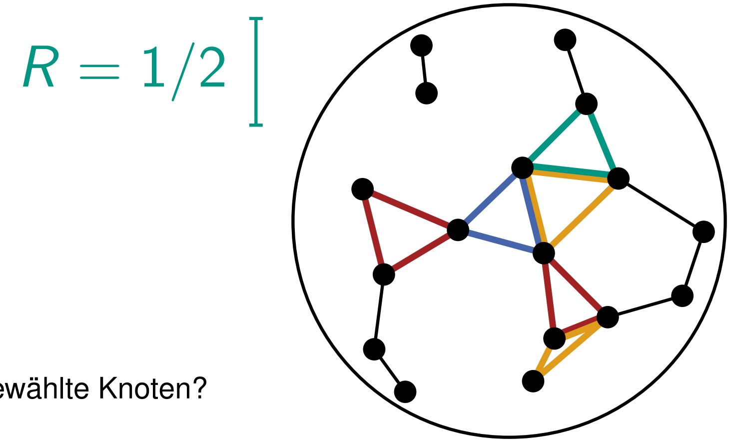


- Lokalität Sind zwei Knoten mit gemeinsamem Nachbar wahrscheinlicher verbunden, als zwei zufällig gewählte Knoten?
  - u, w sind zwei zufällig gewählte Knoten
    - $\{u, w\} \in E \leftrightarrow ||X_u - X_w||_2 \leq R$
      $\leftrightarrow w \in \bigcirc$
    - $\Pr[\{u, v\} \in E] \leq \frac{A(\bigcirc)}{A(\bigcirc)} = \frac{\pi R^2}{\pi 1^2} = R^2 = 0.25$

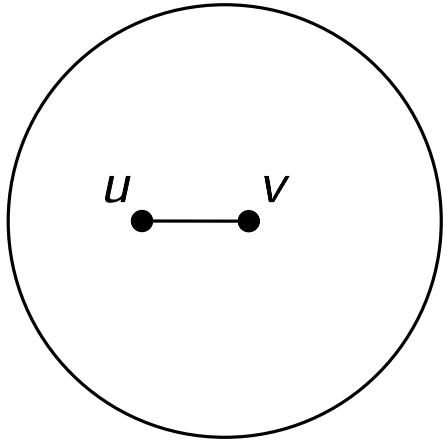


Geometrischer Zufallsgraph

- **Euklidisch**
  - $V = \{1, \dots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus dem Einheitskreis
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid ||X_u - X_v||_2 \leq R\}$

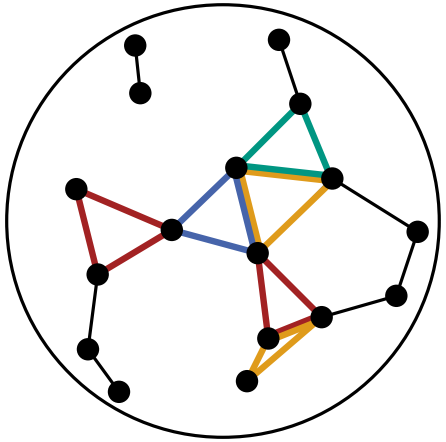


- Lokalität Sind zwei Knoten mit gemeinsamem Nachbar wahrscheinlicher verbunden, als zwei zufällig gewählte Knoten?
  - u, w sind zwei zufällig gewählte Knoten
    - $\{u, w\} \in E \leftrightarrow ||X_u - X_w||_2 \leq R$
      $\leftrightarrow w \in \bigcirc$
    - $\Pr[\{u, v\} \in E] \leq \frac{A(\circ)}{A(\bigcirc)} = \frac{\pi R^2}{\pi 1^2} = R^2 = 0.25$
  - u, w haben Nachbar v

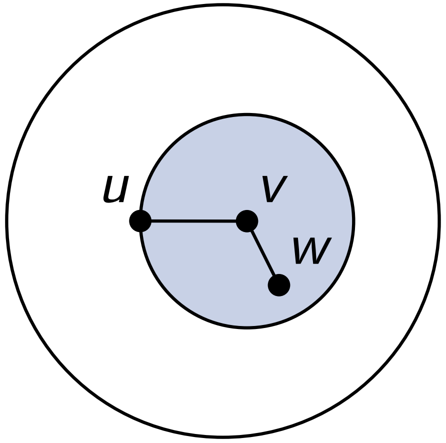


Geometrischer Zufallsgraph

- **Euklidisch**
  - $V = \{1, \dots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus dem Einheitskreis
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid ||X_u - X_v||_2 \leq R\}$

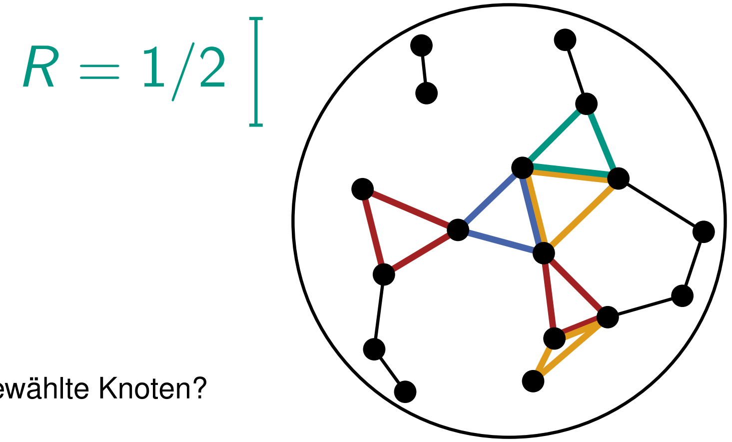


- Lokalität   Sind zwei Knoten mit gemeinsamem Nachbar wahrscheinlicher verbunden, als zwei zufällig gewählte Knoten?
  - u, w sind zwei zufällig gewählte Knoten
    - $\{u, w\} \in E \leftrightarrow ||X_u - X_w||_2 \leq R$
      $\leftrightarrow w \in \bigcirc$
    - $\Pr[\{u, v\} \in E] \leq \frac{A(\bigcirc)}{A(\bigcirc)} = \frac{\pi R^2}{\pi 1^2} = R^2 = 0.25$
  - u, w haben Nachbar v $\rightarrow w \in \bigcirc$

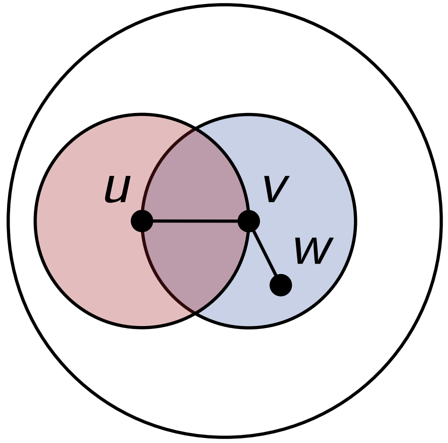


Geometrischer Zufallsgraph

- **Euklidisch**
  - $V = \{1, \ldots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus dem Einheitskreis
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid ||X_u - X_v||_2 \leq R\}$



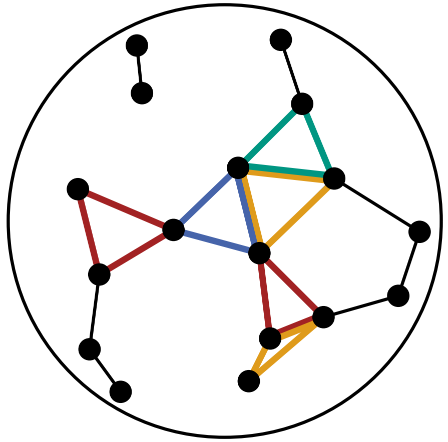
- Lokalität Sind zwei Knoten mit gemeinsamem Nachbar wahrscheinlicher verbunden, als zwei zufällig gewählte Knoten?
  - u, w sind zwei zufällig gewählte Knoten
    - $\{u, w\} \in E \leftrightarrow ||X_u - X_w||_2 \leq R$
      $\leftrightarrow w \in \bigcirc$
    - $\Pr[\{u, v\} \in E] \leq \frac{A(\bigcirc)}{A(\bigcirc)} = \frac{\pi R^2}{\pi 1^2} = R^2 = 0.25$
  - u, w haben Nachbar v $\rightarrow w \in \bigcirc$
    - $\{u, w\} \in E \leftrightarrow w \in \bigcirc$



Geometrischer Zufallsgraph

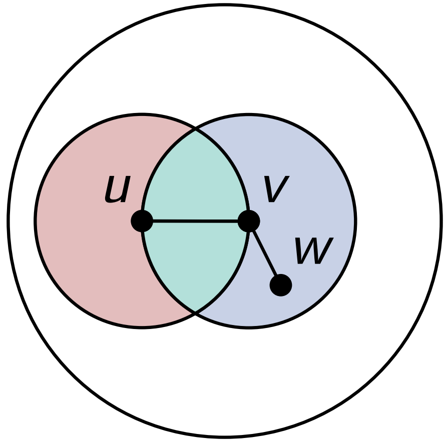
- **Euklidisch**
  - $V = \{1, \ldots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus dem Einheitskreis
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid ||X_u - X_v||_2 \leq R\}$

$R = 1/2$

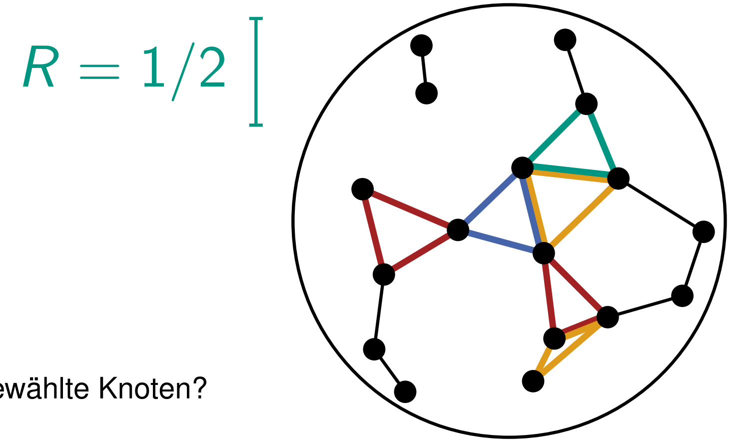


- Lokalität Sind zwei Knoten mit gemeinsamem Nachbar wahrscheinlicher verbunden, als zwei zufällig gewählte Knoten?
  - u, w sind zwei zufällig gewählte Knoten
    - $\{u, w\} \in E \leftrightarrow ||X_u - X_w||_2 \leq R$
      $\leftrightarrow w \in \bigcirc$
    - $\Pr[\{u, v\} \in E] \leq \frac{A(\bigcirc)}{A(\bigcirc)} = \frac{\pi R^2}{\pi 1^2} = R^2 = 0.25$
  - u, w haben Nachbar v $\rightarrow w \in \bigcirc$
    - $\{u, w\} \in E \leftrightarrow w \in \bigcirc$

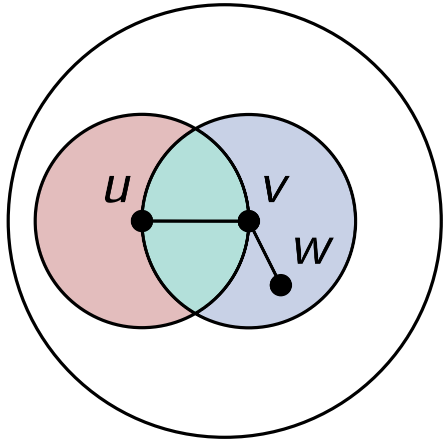
  $\rightarrow w \in \Diamond$



Geometrischer Zufallsgraph



- **Euklidisch**
  - $V = \{1, \ldots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus dem Einheitskreis
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid ||X_u - X_v||_2 \leq R\}$
- Lokalität Sind zwei Knoten mit gemeinsamem Nachbar wahrscheinlicher verbunden, als zwei zufällig gewählte Knoten?
  - u, w sind zwei zufällig gewählte Knoten
    - $\{u, w\} \in E \leftrightarrow ||X_u - X_w||_2 \leq R$
      $\leftrightarrow w \in \bigcirc$
    - $\Pr[\{u, v\} \in E] \leq \frac{A(\bigcirc)}{A(\bigcirc)} = \frac{\pi R^2}{\pi 1^2} = R^2 = 0.25$
  - u, w haben Nachbar v $\rightarrow w \in \bigcirc$
    - $\{u, w\} \in E \leftrightarrow w \in \bigcirc$
    - $\left.\right\} \rightarrow w \in \lozenge$
    - $\Pr[\{u, w\} \in E \mid \{u, v\}, \{v, w\} \in E] = \frac{A(\lozenge)}{A(\bigcirc)} \gtrapprox 0.391$

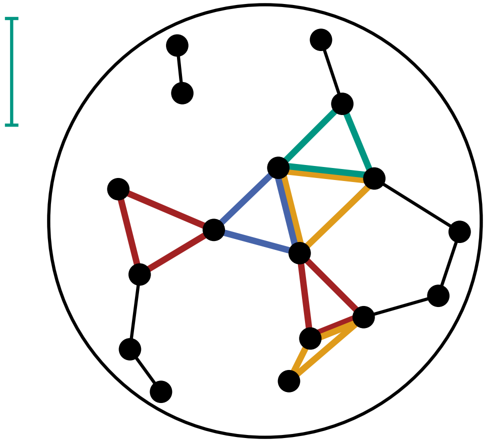


Geometrischer Zufallsgraph

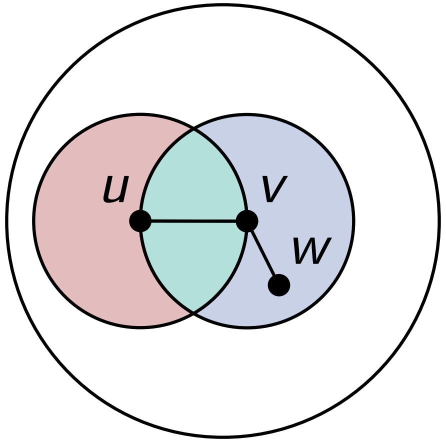
Karlsruher Institut für Technologie

- **Euklidisch**
  - $V = \{1, \ldots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus dem Einheitskreis
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid ||X_u - X_v||_2 \leq R\}$

$R = 1/2$

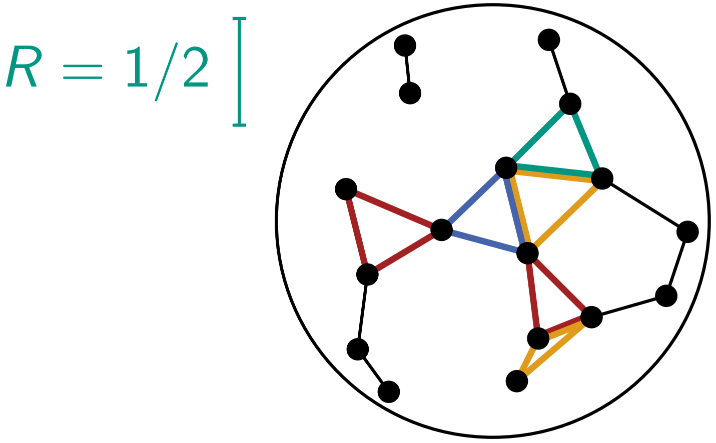


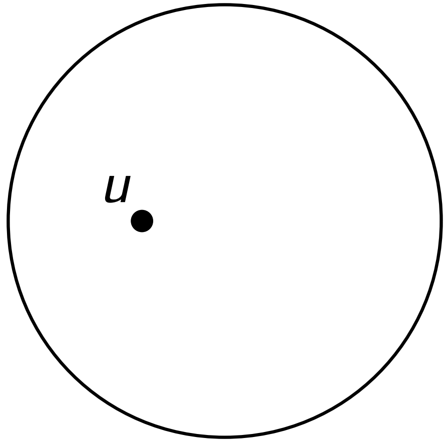
- Lokalität Sind zwei Knoten mit gemeinsamem Nachbar wahrscheinlicher verbunden, als zwei zufällig gewählte Knoten?
  - u, w sind zwei zufällig gewählte Knoten
    - $\{u, w\} \in E \leftrightarrow ||X_u - X_w||_2 \leq R$
      $\leftrightarrow w \in \bigcirc$
    - $\Pr[\{u, v\} \in E] \leq \frac{A(\bigcirc)}{A(\bigcirc)} = \frac{\pi R^2}{\pi 1^2} = R^2 = 0.25$
  - u, w haben Nachbar v $\rightarrow w \in \bigcirc$
    - $\{u, w\} \in E \leftrightarrow w \in \bigcirc$
      $\rightarrow w \in \lozenge$
    - $\Pr[\{u, w\} \in E \mid \{u, v\}, \{v, w\} \in E] = \frac{A(\lozenge)}{A(\bigcirc)} \gtrapprox 0.391$



Geometrischer Zufallsgraph

- **Euklidisch**
  - $V = \{1, \dots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus dem Einheitskreis
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid \|X_u - X_v\|_2 \leq R\}$
- Lokalität ✓
- Gradverteilung

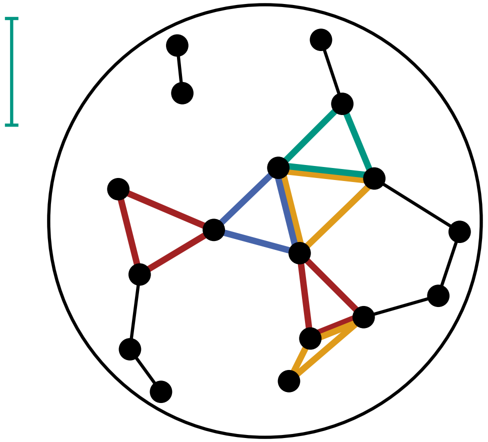


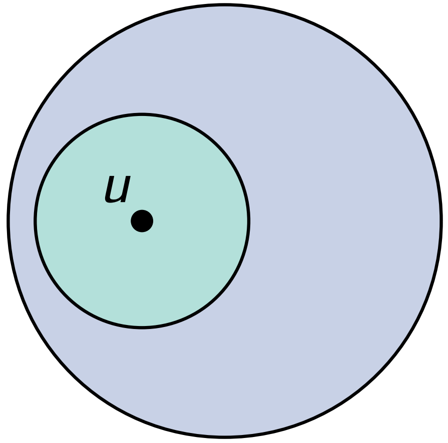


Geometrischer Zufallsgraph

- **Euklidisch**
  - $V = \{1, \dots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus dem Einheitskreis
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid \|X_u - X_v\|_2 \leq R\}$
- Lokalität ✓
- Gradverteilung
  - $\mathbb{E}[\deg(u)] \leq n \cdot \frac{A(\circ)}{A(\bigcirc)} = n \cdot 0.25$

$R = 1/2$

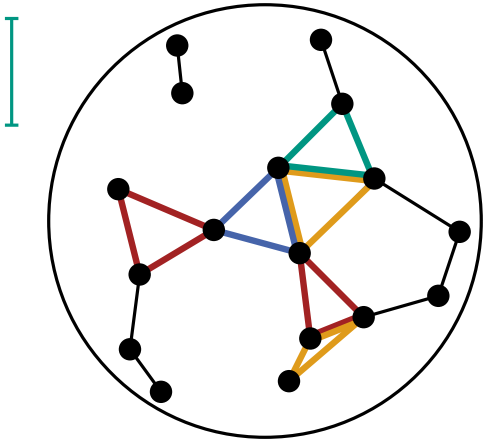


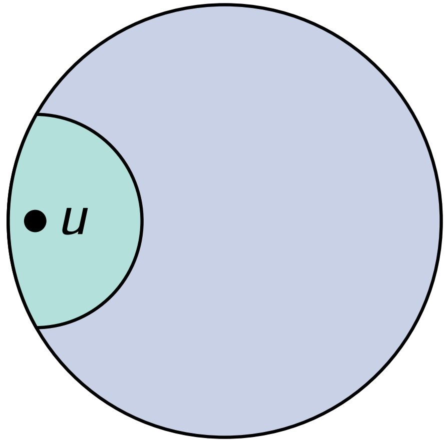


Geometrischer Zufallsgraph

- **Euklidisch**
  - $V = \{1, \dots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus dem Einheitskreis
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid ||X_u - X_v||_2 \leq R\}$
- Lokalität ✓
- Gradverteilung homogen
  - $\mathbb{E}[\deg(u)] \leq n \cdot \frac{A(\bigcirc)}{A(\bigcirc)} = n \cdot 0.25$ ...aber nicht beliebig klein

$R = 1/2$

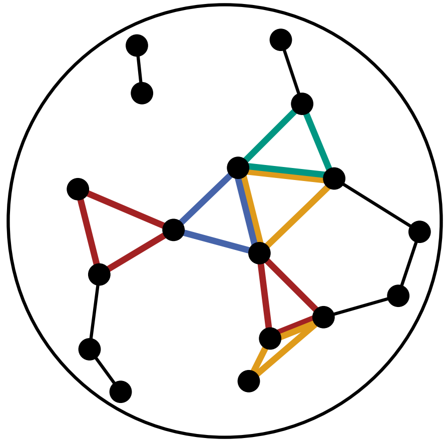


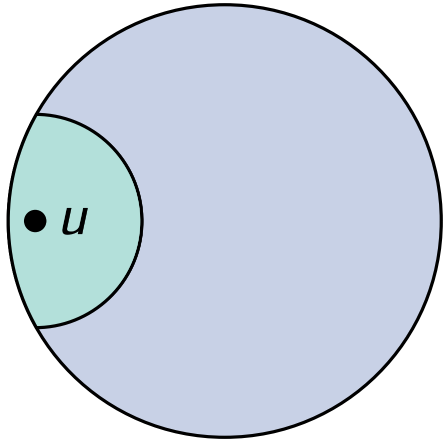


Geometrischer Zufallsgraph

- **Euklidisch**
  - $V = \{1, \ldots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus dem Einheitskreis
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid \|X_u - X_v\|_2 \leq R\}$
- Lokalität ✓
- Gradverteilung homogen
  - $\mathbb{E}[\deg(u)] \leq n \cdot \frac{A(\bigcirc)}{A(\bigcirc)} = n \cdot 0.25$ ...aber nicht beliebig klein

$R = 1/2$

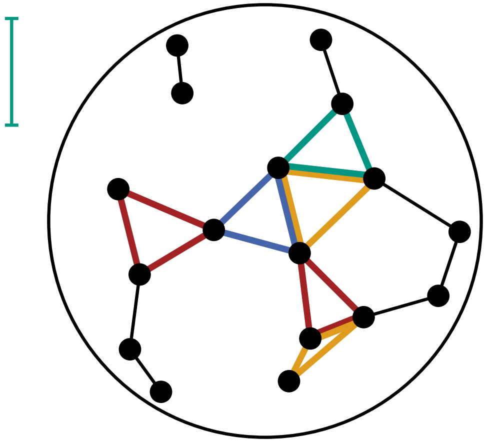


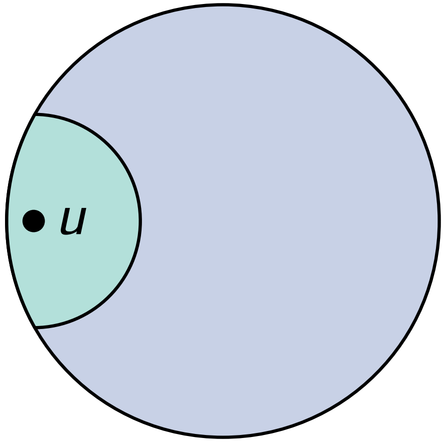


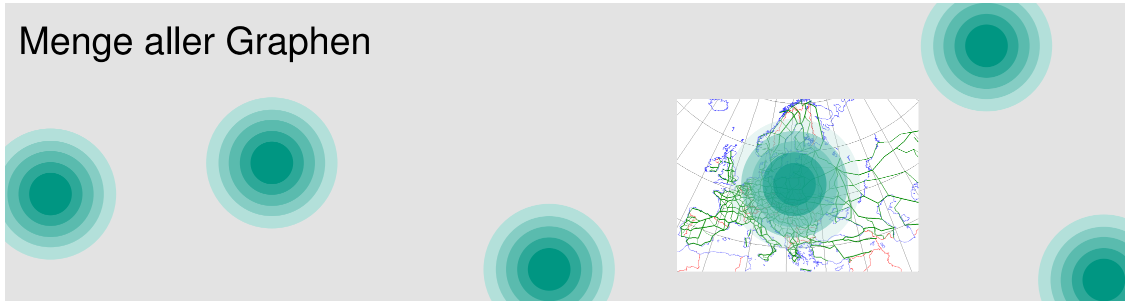
Geometrischer Zufallsgraph

- **Euklidisch**
  - $V = \{1, \dots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus dem Einheitskreis
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid ||X_u - X_v||_2 \leq R\}$
- Lokalität
- Gradverteilung homogen
  - $\mathbb{E}[\deg(u)] \leq n \cdot \frac{A(\bigcirc)}{A(\bigcirc)} = n \cdot 0.25$ …aber nicht beliebig klein

$R = 1/2$



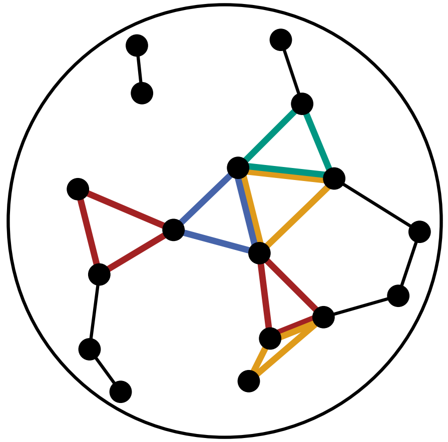


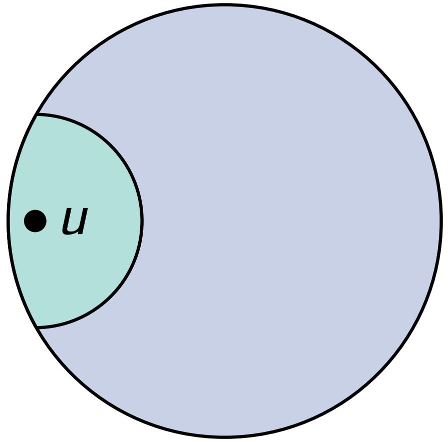


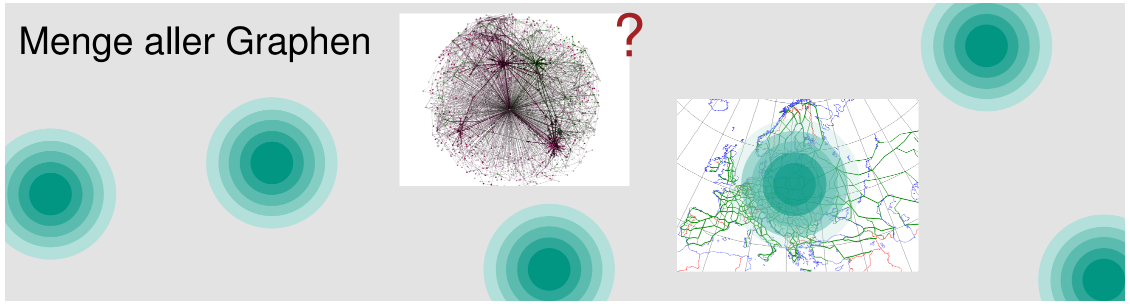
Geometrischer Zufallsgraph

- **Euklidisch**
  - $V = \{1, \dots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus dem Einheitskreis
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid ||X_u - X_v||_2 \leq R\}$
- Lokalität ✓
- Gradverteilung homogen
  - $\mathbb{E}[\deg(u)] \leq n \cdot \frac{A(\circ)}{A(\bigcirc)} = n \cdot 0.25$ …aber nicht beliebig klein

$R = 1/2$

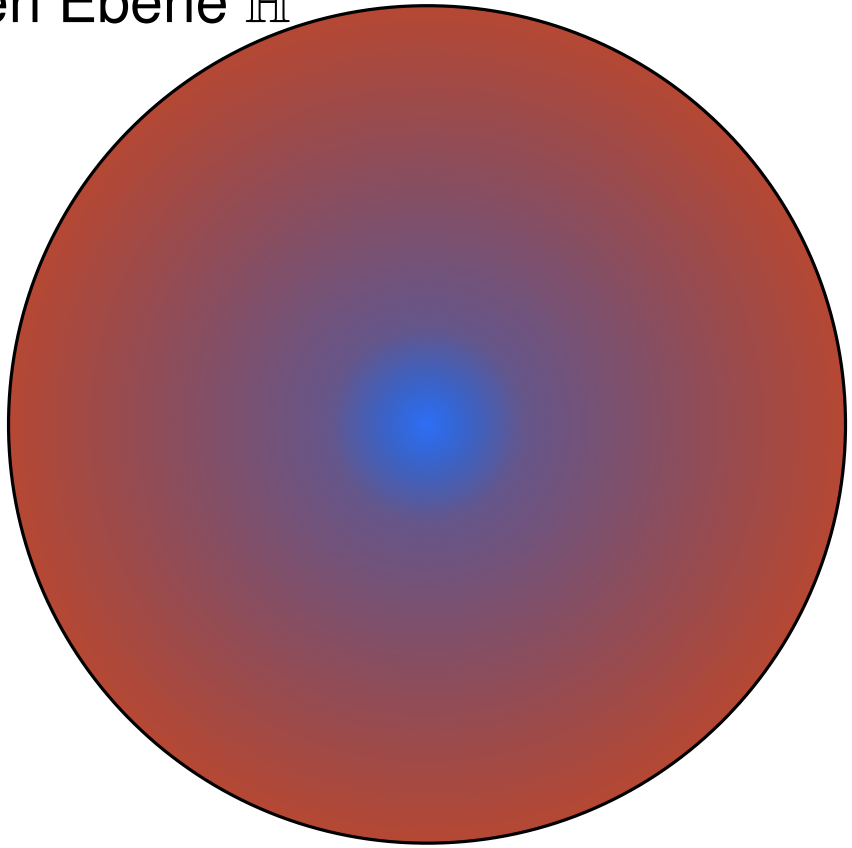






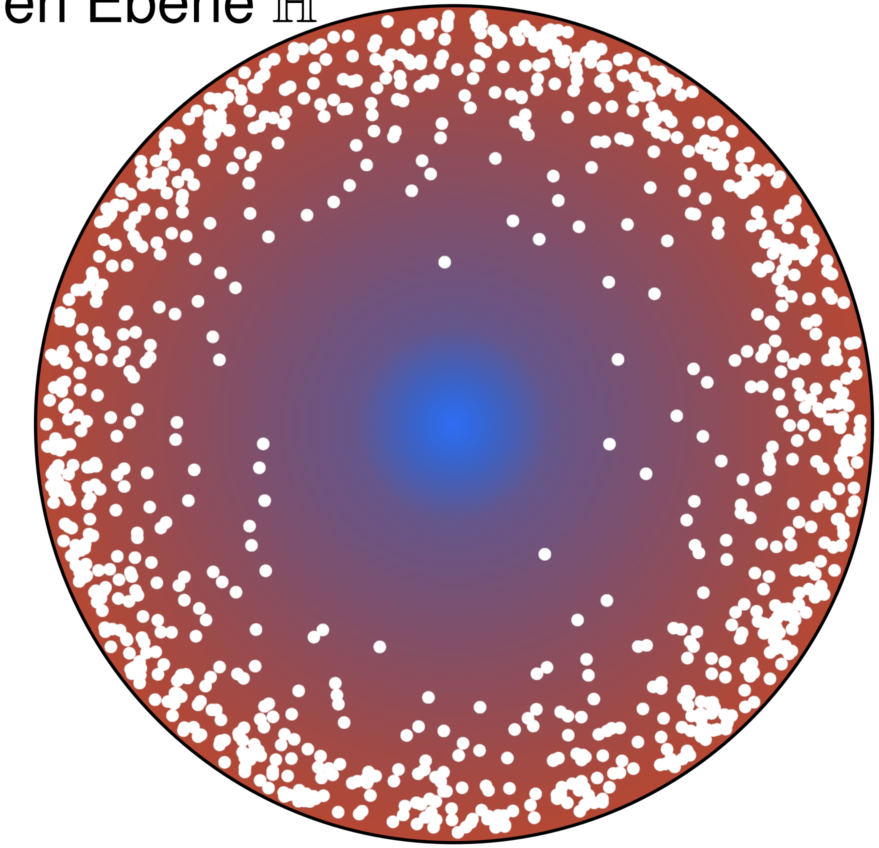
Geometrischer Zufallsgraph

- **Hyperbolisch**
  - $V = \{1, ..., n\}$
  - X_v gleichverteilt aus einem Kreis in der hyperbolischen Ebene $\mathbb{H}$
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid \text{dist}_{\mathbb{H}}(u, v) \leq R\}$



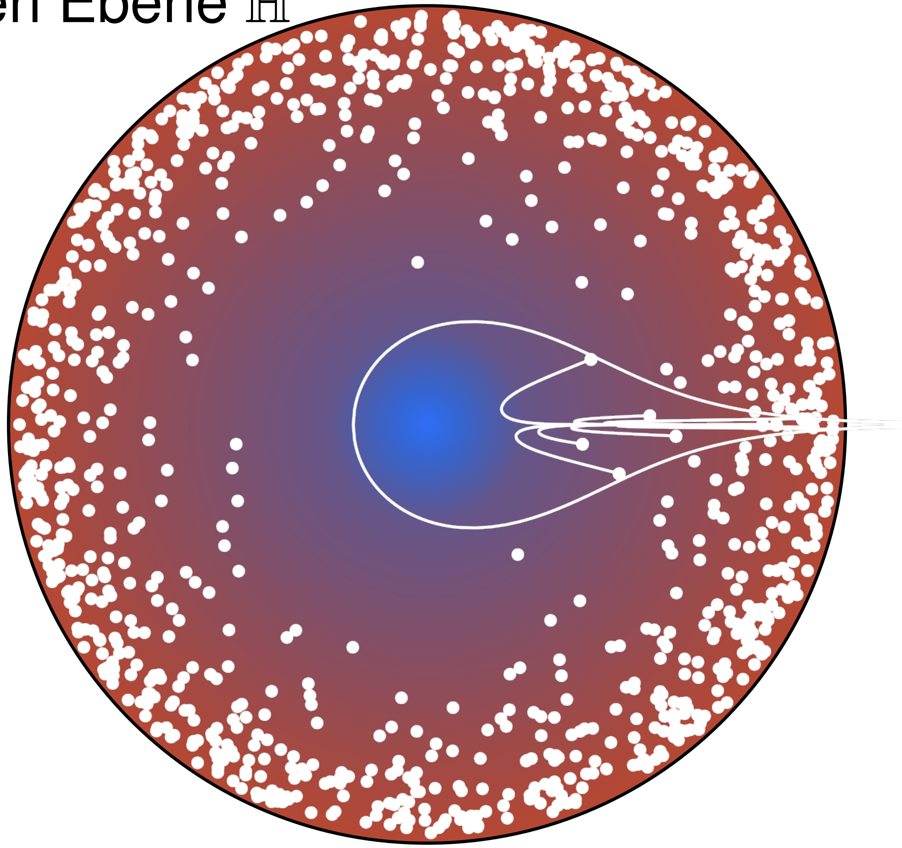
Geometrischer Zufallsgraph

- **Hyperbolisch**
  - $V = \{1, \ldots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus einem Kreis in der hyperbolischen Ebene $\mathbb{H}$
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid \mathrm{dist}_{\mathbb{H}}(u, v) \leq R\}$



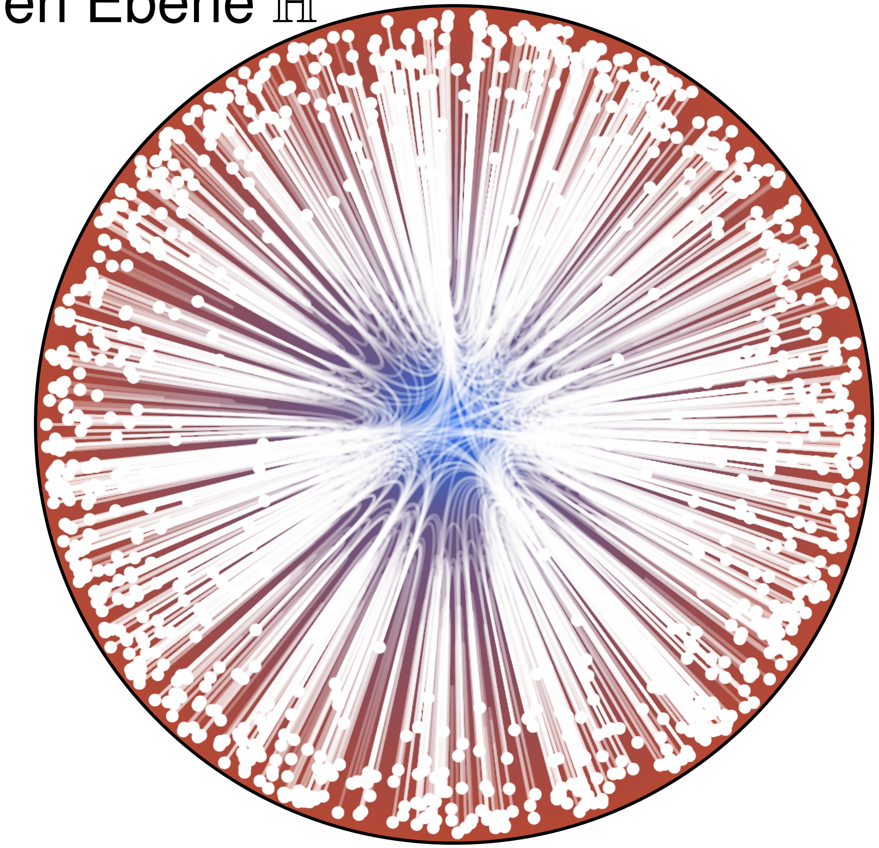
Geometrischer Zufallsgraph

- **Hyperbolisch**
  - $V = \{1, \ldots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus einem Kreis in der hyperbolischen Ebene $\mathbb{H}$
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid \mathrm{dist}_{\mathbb{H}}(u, v) \leq R\}$



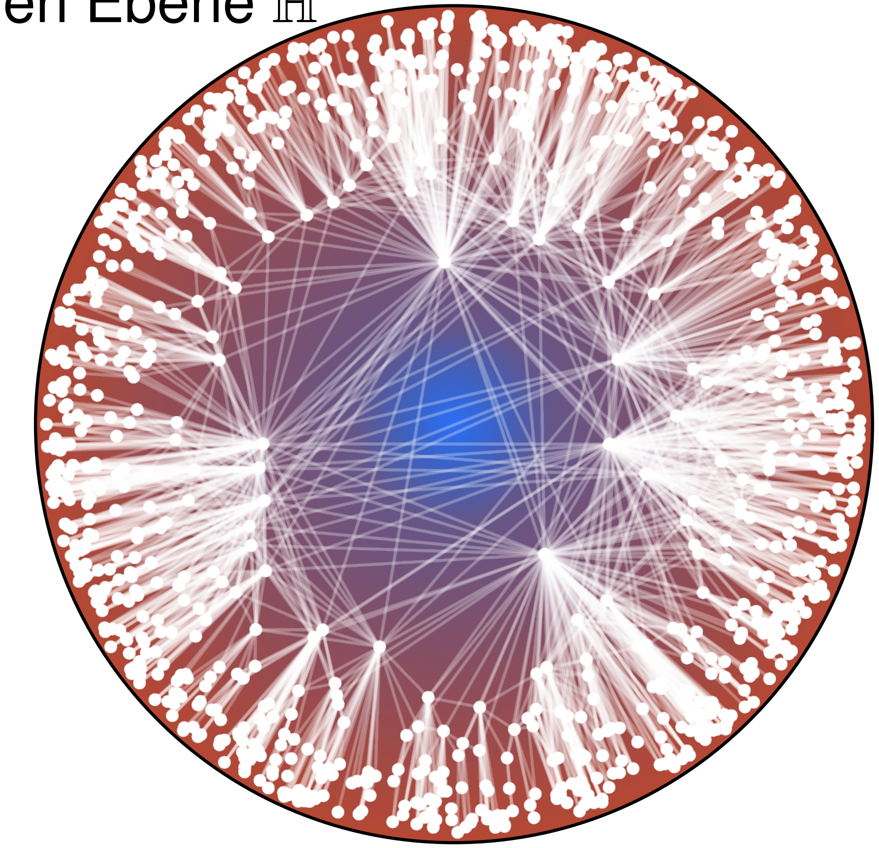
Geometrischer Zufallsgraph

- **Hyperbolisch**
  - $V = \{1, \ldots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus einem Kreis in der hyperbolischen Ebene $\mathbb{H}$
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid \mathrm{dist}_{\mathbb{H}}(u, v) \leq R\}$



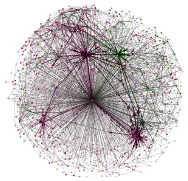
Geometrischer Zufallsgraph

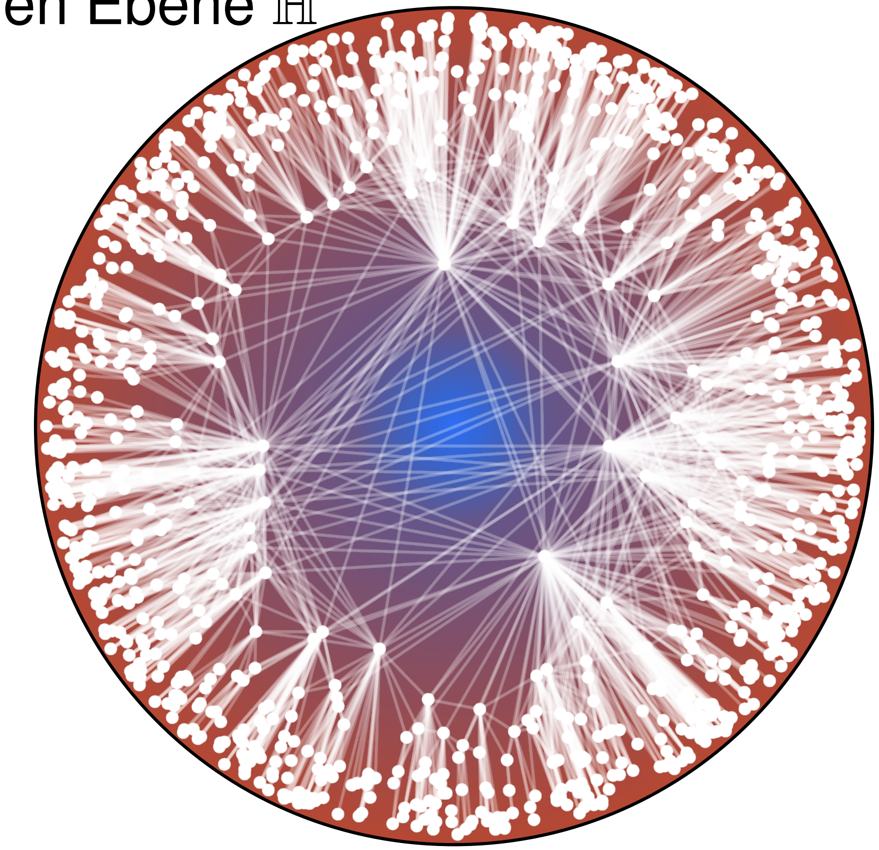
- **Hyperbolisch**
  - $V = \{1, \ldots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus einem Kreis in der hyperbolischen Ebene $\mathbb{H}$
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid \mathrm{dist}_{\mathbb{H}}(u, v) \leq R\}$



Geometrischer Zufallsgraph

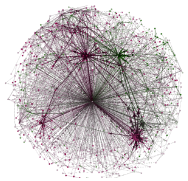
- **Hyperbolisch**
  - $V = \{1, \dots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus einem Kreis in der hyperbolischen Ebene $\mathbb{H}$
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid \mathrm{dist}_{\mathbb{H}}(u, v) \leq R\}$
- Lokalität ✓
- Gradverteilung heterogen



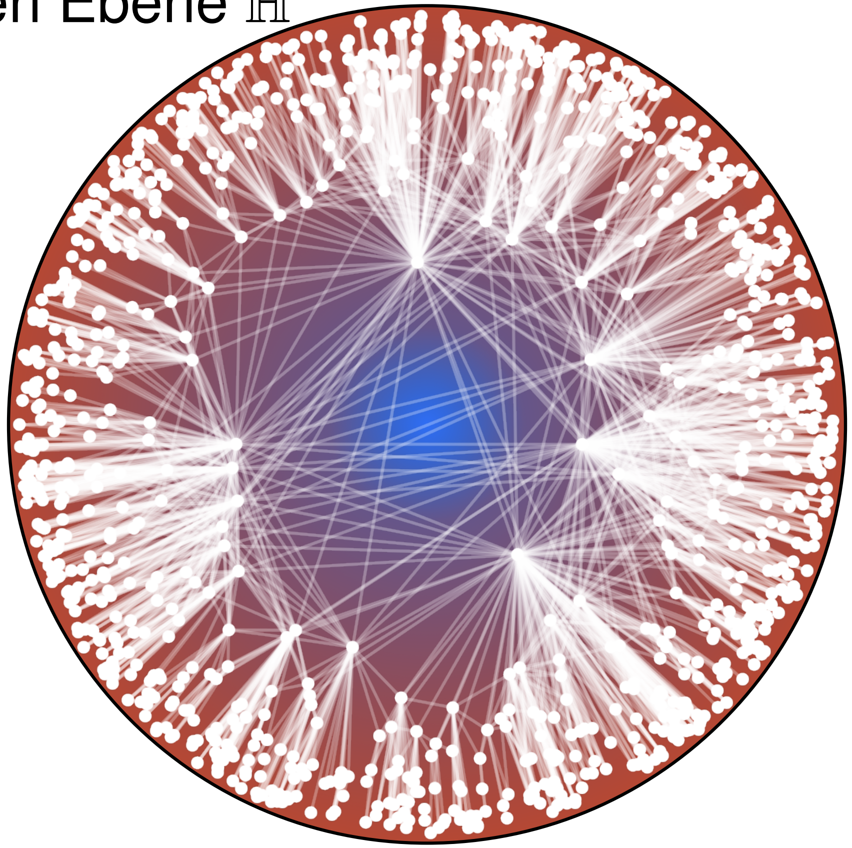


Geometrischer Zufallsgraph

- **Hyperbolisch**
  - $V = \{1, \dots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus einem Kreis in der hyperbolischen Ebene $\mathbb{H}$
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid \mathrm{dist}_{\mathbb{H}}(u, v) \leq R\}$
- Lokalität ✓
- Gradverteilung heterogen

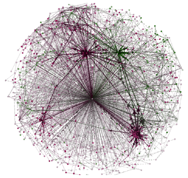


- **Average-Case Analyse**
  - Eingabe für den Algorithmus: ein hyperbolischer Zufallsgraph

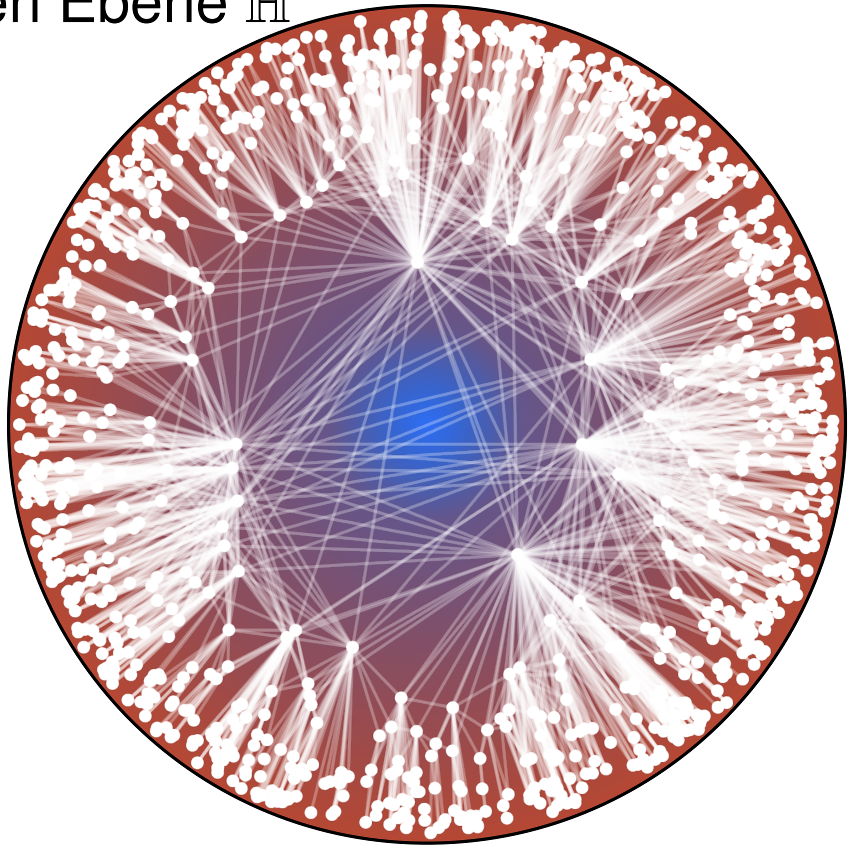


Geometrischer Zufallsgraph

- **Hyperbolisch**
  - $V = \{1, \dots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus einem Kreis in der hyperbolischen Ebene $\mathbb{H}$
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid \mathrm{dist}_{\mathbb{H}}(u, v) \leq R\}$
- Lokalität ✓
- Gradverteilung heterogen

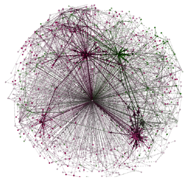


- **Average-Case Analyse**
  - Eingabe für den Algorithmus: ein hyperbolischer Zufallsgraph
  - geringe Laufzeit mit hoher Wahrscheinlichkeit

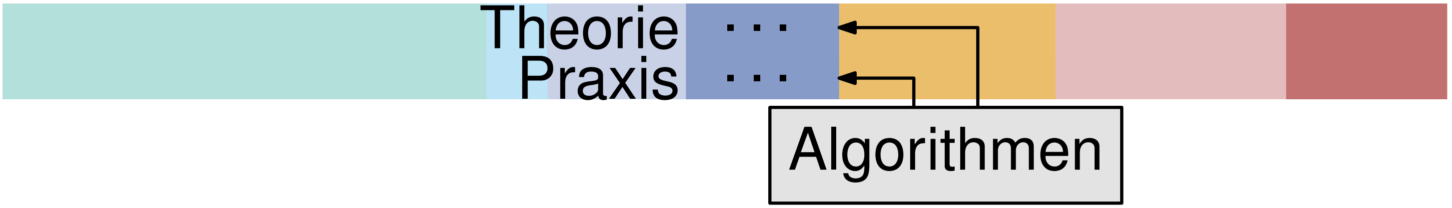


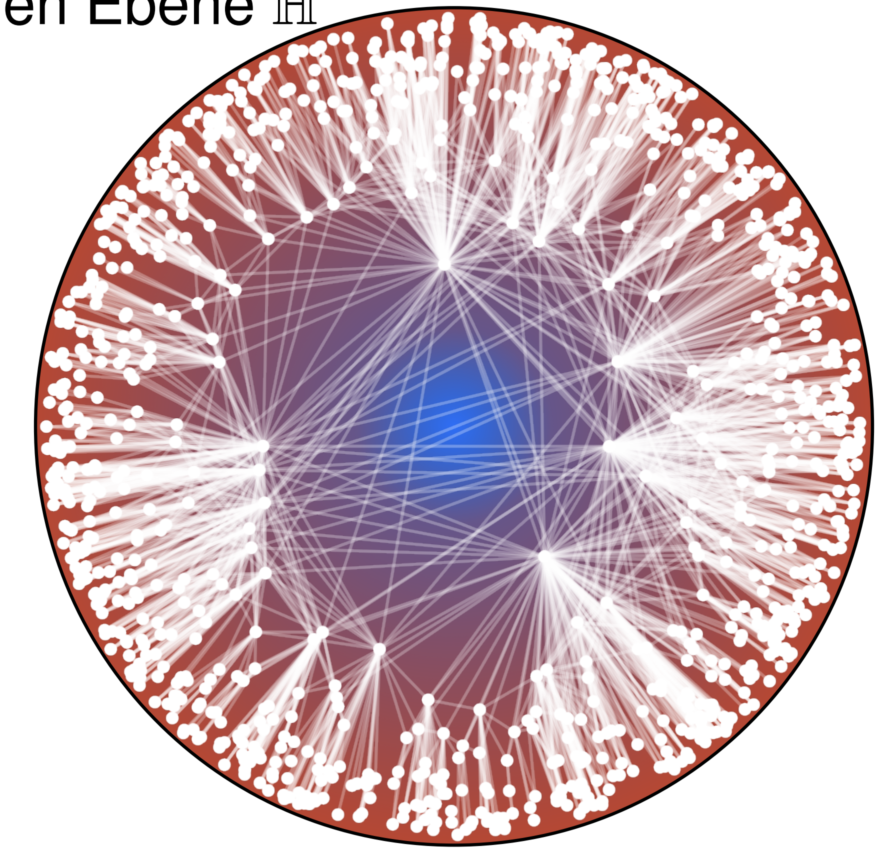
Geometrischer Zufallsgraph

- **Hyperbolisch**
  - $V = \{1, \ldots, n\}$
  - X_v gleichverteilt aus einem Kreis in der hyperbolischen Ebene $\mathbb{H}$
  - $E = \{\{u, v\} \in \binom{V}{2} \mid \mathrm{dist}_{\mathbb{H}}(u, v) \leq R\}$
- Lokalität ✓
- Gradverteilung heterogen



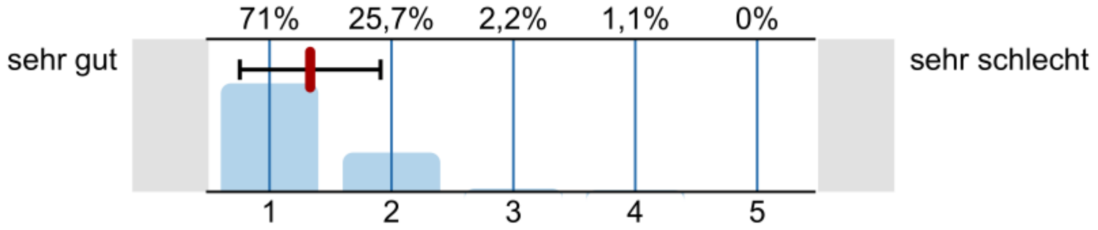
- **Average-Case Analyse**
  - Eingabe für den Algorithmus: ein hyperbolischer Zufallsgraph
  - geringe Laufzeit mit hoher Wahrscheinlichkeit



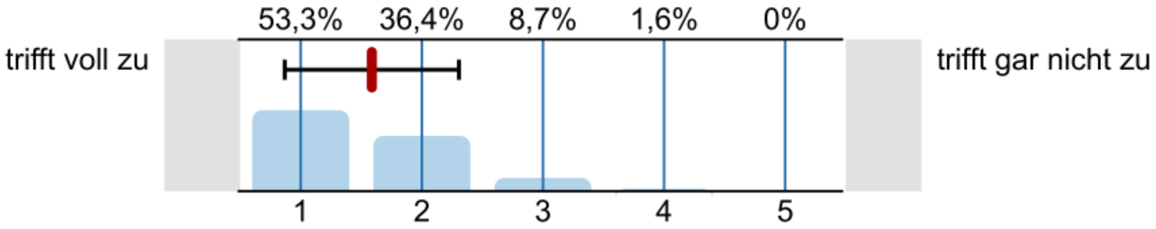


Eval – Gesamteindruck

Bitte benoten Sie die Lehrveranstaltung insgesamt



In dieser Lehrveranstaltung lerne ich viel.



Schöne Folien und gute Quizfragen.
Dozent wirkt immer motiviert und gestaltet die Vorlesung damit auch interessant.

Bemühungen die Vorlesung aufzulockern

Die didaktische Herangehensweise des Dozenten und der Übungsleitung, man kann der Vorlesung sehr gut folgen und lernt die Inhalte auf nachhaltige Art und Weise.

Eval – Klicker

25×

Die Kurzumfragen während der Vorlesung

Die Umfragen die viel Helfen

Die regelmäßigen Umfragen die auch als Pause dienen, welche es sehr angenehm machen der VL zu folgen.

Eval – Klicker

25×

Die Kurzumfragen während der Vorlesung

Die Umfragen die viel Helfen

Die regelmäßigen Umfragen die auch als Pause dienen, welche es sehr angenehm machen der VL zu folgen.

9×

Die Zeiten für die Umfragen sind manchmal zu lang

Manchmal schon etwas lange Wartezeit nach Quizfragen. (So 5 min wenn 2 gereicht hätten ca.)

Die Pausen für die Klicker Umfragen ist teilweise sehr lang, da könnte man wahrscheinlich etwas Zeit einsparen. Aber ist jetzt auch kein wirkliches Problem app.klicker.uzh.ch/join/algo1

Eval – Klicker

25×

Die Kurzumfragen während der Vorlesung

Die Umfragen die viel Helfen

Die regelmäßigen Umfragen die auch als Pause dienen, welche es sehr angenehm machen der VL zu folgen.

9×

Die Zeiten für die Umfragen sind manchmal zu lang

Manchmal schon etwas lange Wartezeit nach Quizfragen. (So 5 min wenn 2 gereicht hätten ca.)

Die Pausen für die Klicker Umfragen ist teilweise sehr lang, da könnte man wahrscheinlich etwas Zeit einsparen. Aber ist jetzt auch kein wirkliches Problem

Was ist eure Meinung zu den Umfragen?

Eval – Vortragsstil

23×

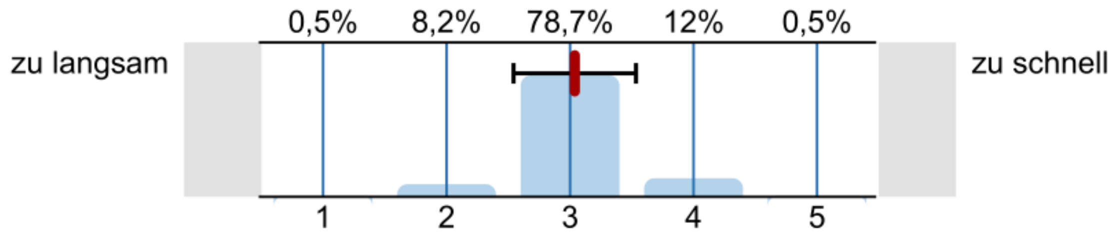
Das freie vortragen des Profs

die Motivation des Dozenten
die Atmosphäre, das Sprechtempo

Klare Kommunikation warum man etwas betrachtet

Anschauliche gut verständliche presentation von zum Teil komplexen Sachverhalten

Geschwindigkeit



Eval – Vortragsstil

23×

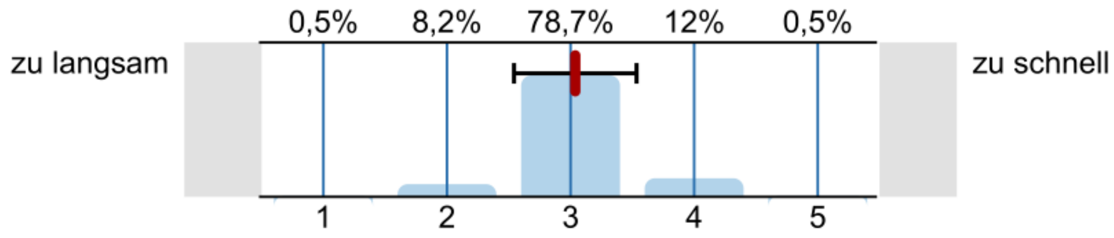
Das freie vortragen des Profs

die Motivation des Dozenten
die Atmosphäre, das Sprechtempo

Klare Kommunikation warum man etwas betrachtet

Anschauliche gut verständliche presentation von zum Teil komplexen Sachverhalten

Geschwindigkeit



4×

Der Dozent spricht zu schnell :D

Teilweise ist es bisschen zu schnell

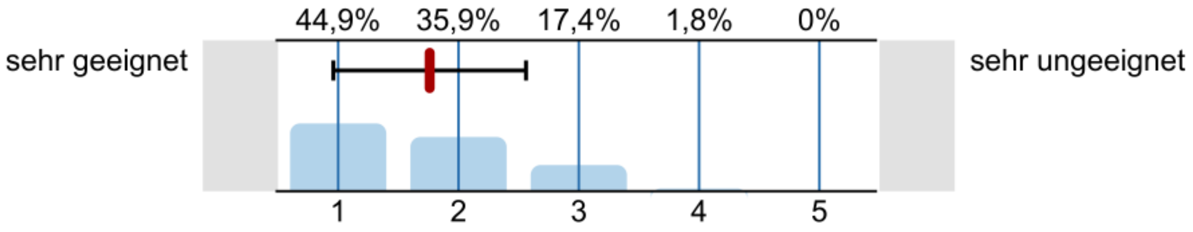
3×

Etwas laute Sprechweise während der VL

Das Mikrofon könnte lauter sein, dafür könnte Thomas nicht so schreihen (nicht böse gemeint)

Eval – Lernmaterialien

Eignung der Lernmaterialien



40×

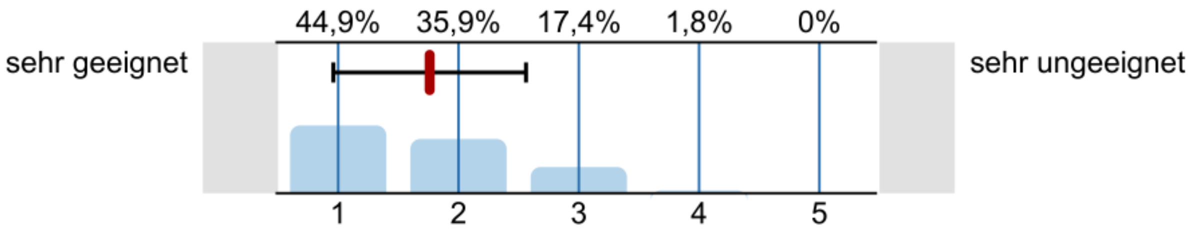
Sehr übersichtliche Folien

Die Folien sind sehr übersichtlich und optisch ansprechend gestaltet, sie eignen sich sehr gut zum Lernen.

Die vielen Graphiken auf den Folien auch, dass diese farblich gekennzeichnwt waren. Genauer: relevanter Text und korrespondierendes Stück im Bild in der gleichen Farbe

Eval – Lernmaterialien

Eignung der Lernmaterialien



40×

Sehr übersichtliche Folien

Die Folien sind sehr übersichtlich und optisch ansprechend gestaltet, sie eignen sich sehr gut zum Lernen.

Die vielen Graphiken auf den Folien auch, dass diese farblich gekennzeichnwt waren. Genauer: relevanter Text und korrespondierendes Stück im Bild in der gleichen Farbe

4×

Kein Skript leider

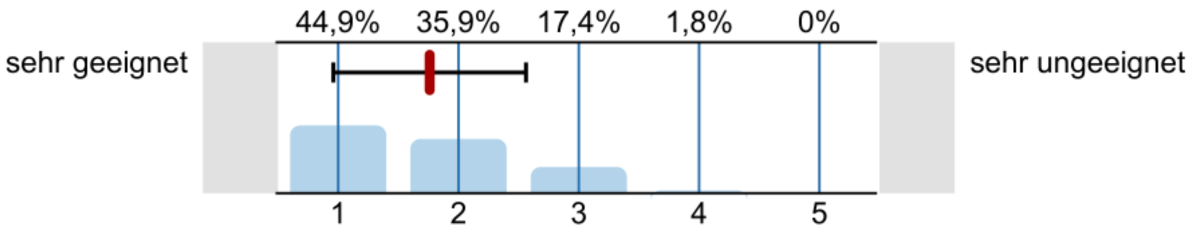
Es wäre eventuell hilfreich ein komplettes Skript zur Verfügung zu stellen.

Fehlendes (Kurz-)Skript, um Wissen kompakt zu bündeln

Das es keine Sammlung von Informationen gibt (Algoritmhen, Laufzeiten...) führt dazu das ich oft Algorithmen verwechsle

Eval – Lernmaterialien

Eignung der Lernmaterialien



40×

Sehr übersichtliche Folien

Die Folien sind sehr übersichtlich und optisch ansprechend gestaltet, sie eignen sich sehr gut zum Lernen.

Die vielen Graphiken auf den Folien auch, dass diese farblich gekennzeichnwt waren. Genauer: relevanter Text und korrespondierendes Stück im Bild in der gleichen Farbe

4×

Kein Skript leider

Es wäre eventuell hilfreich ein komplettes Skript zur Verfügung zu stellen.

Fehlendes (Kurz-)Skript, um Wissen kompakt zu bündeln

Das es keine Sammlung von Informationen gibt (Algoritmhen, Laufzeiten...) führt dazu das ich oft Algorithmen verwechsle

auf der Homepage: Dokument mit Lernzielen, Literaturhinweisen und Glossar

Eval – Plattformen

Karlsruher Institut für Technologie

14×

Schnelle antworten auf discord

Der Discord Server für Fragen und Memes

Discord führt dazu, dass (anders als bei Ilias) viele Fragen gestellt (und dann auch beantwortet) werden.

Die Kombination aus Discord und Webseite ist sehr gut. Vor allem Discord als ständige Anlaufstelle für Fragen.

4×

Kein ilias, Vorlesung mach ihr eigenes ding (unnötig)

Die deutlich überwiegende Verwendung von Discord und extra Webseite im Gegensatz zu Ilias

Discord ist vielleicht nicht die beste Plattform für offizielle Foren und Ankündigungen.

Eval – Sonstiges

$6\times$ Es ist meist zu laut in der VL, v.a. gegen Ende

Allgemeine Lautstärke im Hörsaal

Die Lautstärke im Hörsaal, was ja eher die Schuld der Kommilitonen ist.

Manchmal hat mein/e SitznachbarIn mich abgelenkt ?

Eval – Sonstiges

$6\times$ Es ist meist zu laut in der VL, v.a. gegen Ende

Allgemeine Lautstärke im Hörsaal

Die Lautstärke im Hörsaal, was ja eher die Schuld der Kommilitonen ist.

Manchmal hat mein/e SitznachbarIn mich abgelenkt ?

$4\times$ Die Grumpy-Cat ist verschollen!!

Grumpy-Cat taucht nicht mehr auf ?

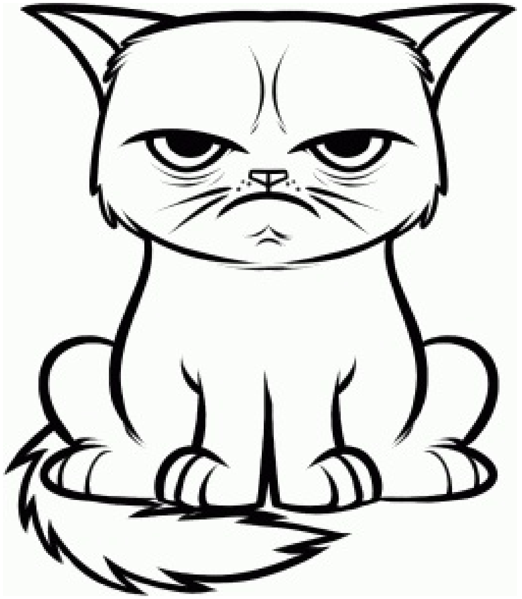
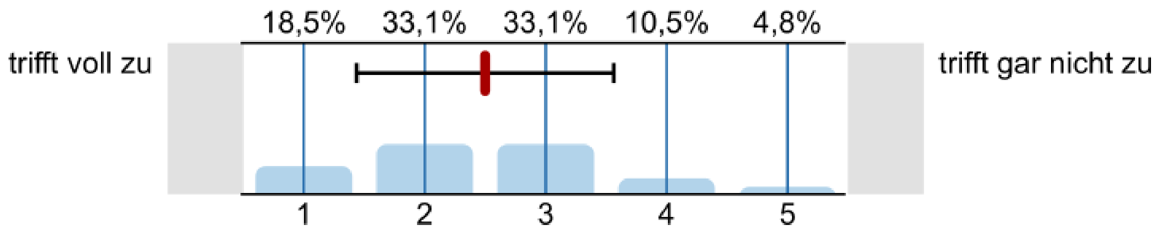


Bild: Grumpy cat line art / XXspiritwolf2000XX / Creative Commons

Eval – Übung

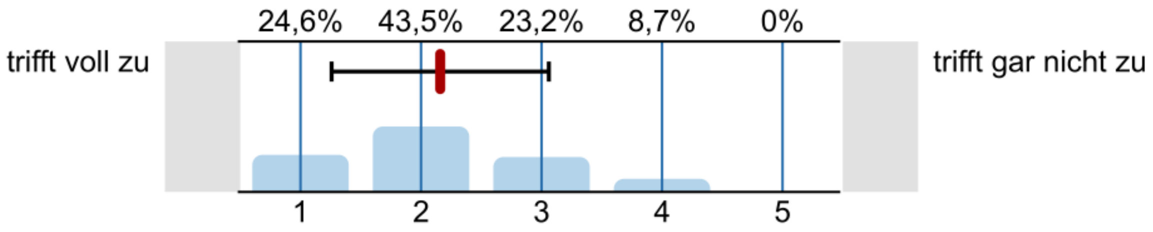
Letztes Jahr

In dieser Lehrveranstaltung lerne ich viel.



Dieses Jahr

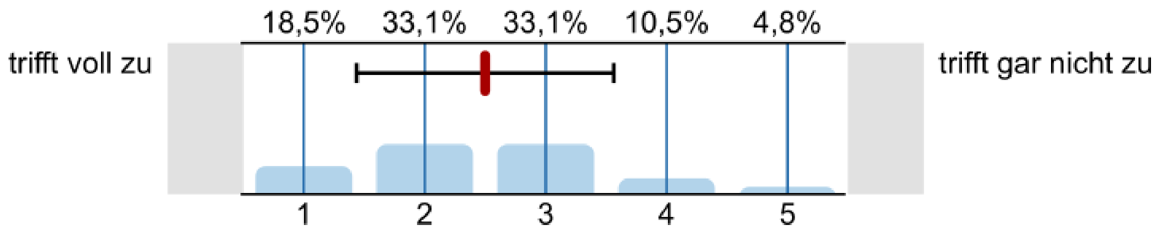
In dieser Lehrveranstaltung lerne ich viel.



Eval – Übung

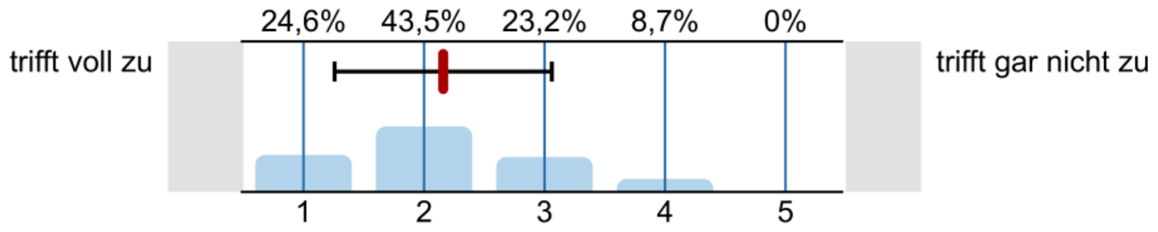
Letztes Jahr

In dieser Lehrveranstaltung lerne ich viel.



Dieses Jahr

In dieser Lehrveranstaltung lerne ich viel.



Didaktische Herangehensweise der Übungsleitung, man hat wirklich das Gefühl dass es der Übungsleitung am Herzen liegt dass man nachhaltig viel lernt

die Übungsblätter sind super (insbesondere die Biber)

```
 .---.
    @ @   )
    ^    |
   [|]   | ##
   /     |#####
  (      |#####
   \| /  |#BP#
  / |.'  |###
 __\ ``\  )##
/,,_/,,_____#
```

Was haben wir gelernt?

Datenstrukturen

- Welche Datenstrukturen haben wir kennen gelernt?
- Für welchen Zweck ist welche Datenstruktur geeignet?
- Wie funktioniert die effiziente Umsetzung?

Algorithmen

- Welche Algorithmen haben wir kennen gelernt?
- Wie und warum funktionieren sie?

Methoden und Techniken

- Formalisierung
- Algorithmenentwurf
- Detailumsetzung
- Korrektheit
- Laufzeit

Was haben wir gelernt?

Datenstrukturen

- Welche Datenstrukturen haben wir kennen gelernt?
- Für welchen Zweck ist welche Datenstruktur geeignet?
- Wie funktioniert die effiziente Umsetzung?

dynamisches Array

Hashmap

Liste

(a, b)-Baum

binärer Heap

Union–Find

Graphdatenstruktur

Algorithmen

- Welche Algorithmen haben wir kennen gelernt?
- Wie und warum funktionieren sie?

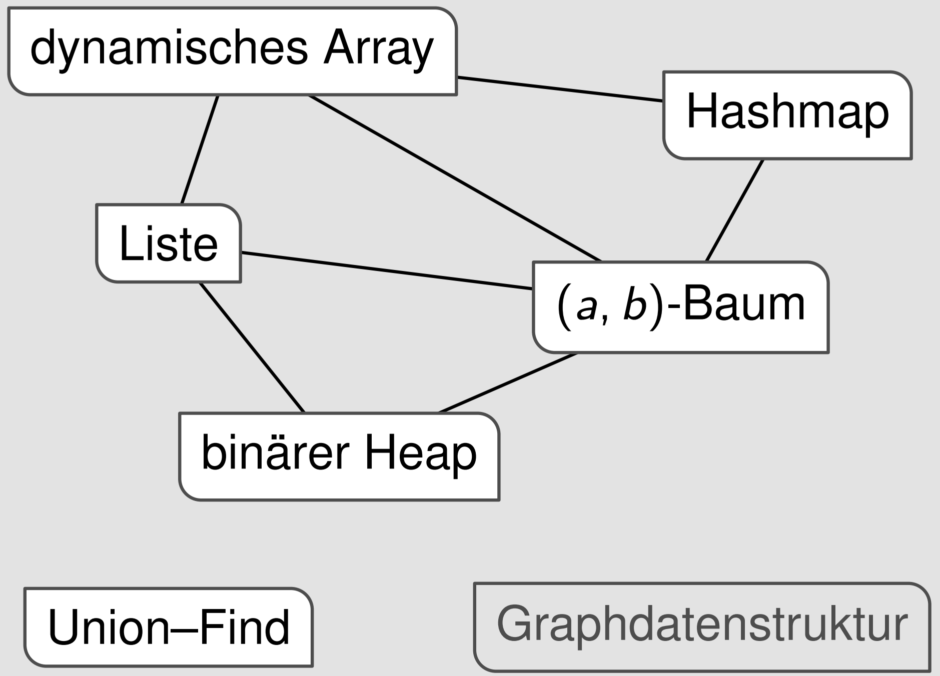
Methoden und Techniken

- Formalisierung
- Algorithmenentwurf
- Detailumsetzung
- Korrektheit
- Laufzeit

Was haben wir gelernt?

Datenstrukturen
- Welche Datenstrukturen haben wir kennen gelernt?
- Für welchen Zweck ist welche Datenstruktur geeignet?
- Wie funktioniert die effiziente Umsetzung?

Kante: Überleg dir, was jeweils die Vor- und Nachteile der beiden Strukturen im Vergleich miteinander sind. Kennst du für beide Richtungen Situationen, in denen jeweils die eine der anderen überlegen ist?



Algorithmen
- Welche Algorithmen haben wir kennen gelernt?
- Wie und warum funktionieren sie?

Methoden und Techniken
- Formalisierung
- Algorithmenentwurf
- Detailumsetzung
- Korrektheit
- Laufzeit

Was haben wir gelernt?

Datenstrukturen
- Welche Datenstrukturen haben wir kennen gelernt?
- Für welchen Zweck ist welche Datenstruktur geeignet?
- Wie funktioniert die effiziente Umsetzung?

Algorithmen
- Welche Algorithmen haben wir kennen gelernt?
- Wie und warum funktionieren sie?

Methoden und Techniken
- Formalisierung
- Algorithmenentwurf
- Detailumsetzung
- Korrektheit
- Laufzeit

binäre Suche

Tiefensuche
gerichtet
ungerichtet

minimale Spannbäume
Prim und Kruskal

sortieren
vergleichsbasiert
(Merge- und Quicksort)
Zahlen
(Bucket- und Radixsort)

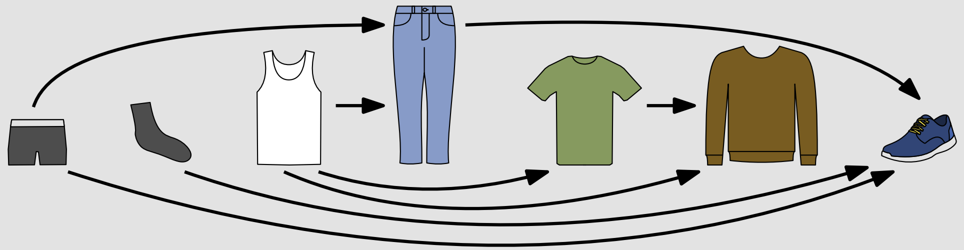
kürzeste Wege
Breitensuche
Dijkstra
Bellman–Ford
Floyd–Warshall

Was haben wir gelernt?

Datenstrukturen
- Welche Datenstrukturen haben wir kennen gelernt?
- Für welchen Zweck ist welche Datenstruktur geeignet?
- Wie funktioniert die effiziente Umsetzung?

Algorithmen
- Welche Algorithmen haben wir kennen gelernt?
- Wie und warum funktionieren sie?

Methoden und Techniken
- Formalisierung
- Algorithmenentwurf
- Detailumsetzung
- Korrektheit
- Laufzeit



Formulierung in natürlicher Sprache

↓

formales Problem

Was haben wir gelernt?

Datenstrukturen
- Welche Datenstrukturen haben wir kennen gelernt?
- Für welchen Zweck ist welche Datenstruktur geeignet?
- Wie funktioniert die effiziente Umsetzung?

Algorithmen
- Welche Algorithmen haben wir kennen gelernt?
- Wie und warum funktionieren sie?

Methoden und Techniken
- Formalisierung
- Algorithmenentwurf
- Detailumsetzung
- Korrektheit
- Laufzeit

Teile und Herrsche

Greedy

dynamische Programmierung

kleinere Tricks

etwas Unordnung erlauben
Lazy Evaluation
nutze Zahlen als Arrayindex

Was haben wir gelernt?

Datenstrukturen

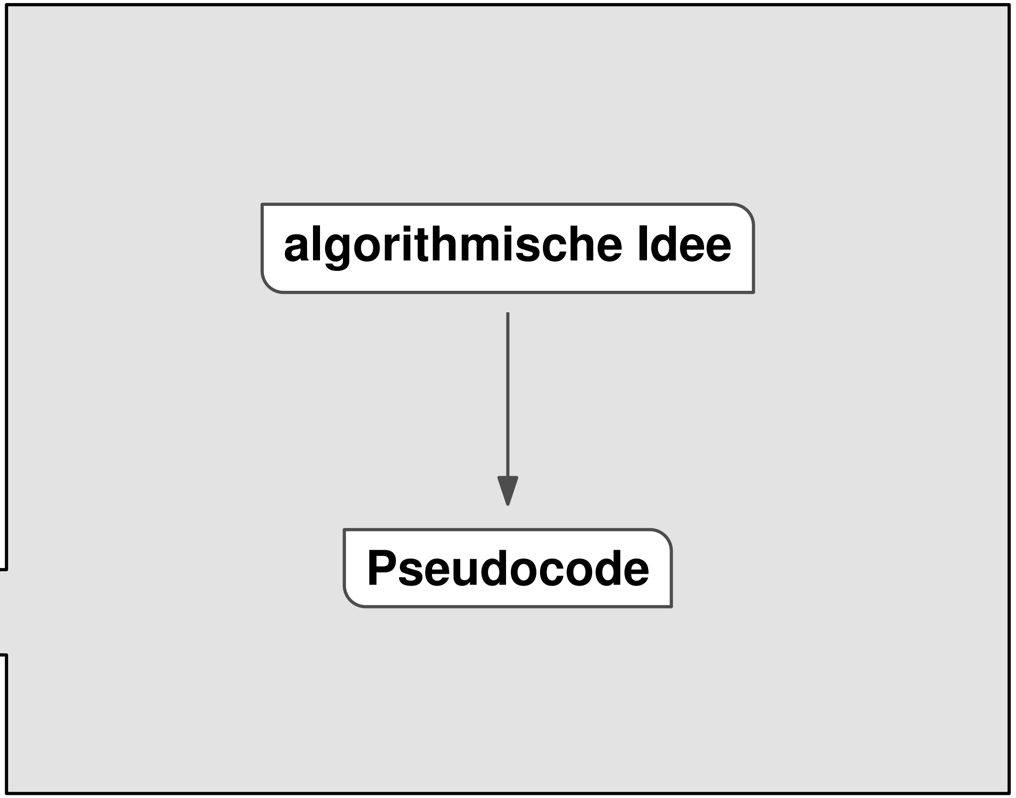
- Welche Datenstrukturen haben wir kennen gelernt?
- Für welchen Zweck ist welche Datenstruktur geeignet?
- Wie funktioniert die effiziente Umsetzung?

Algorithmen

- Welche Algorithmen haben wir kennen gelernt?
- Wie und warum funktionieren sie?

Methoden und Techniken

- Formalisierung
- Algorithmenentwurf
- Detailumsetzung
- Korrektheit
- Laufzeit



Was haben wir gelernt?

Datenstrukturen

- Welche Datenstrukturen haben wir kennen gelernt?
- Für welchen Zweck ist welche Datenstruktur geeignet?
- Wie funktioniert die effiziente Umsetzung?

Algorithmen

- Welche Algorithmen haben wir kennen gelernt?
- Wie und warum funktionieren sie?

Methoden und Techniken

- Formalisierung
- Algorithmenentwurf
- Detailumsetzung
- Korrektheit
- Laufzeit

Invarianten

Induktion

Widerspruchsbeweis
(minimales Gegenbeispiel)

Austauschargument (Greedy)

(es gibt aber meist kein Kochrezept)

Was haben wir gelernt?

Karlsruher Institut für Technologie

Datenstrukturen
- Welche Datenstrukturen haben wir kennen gelernt?
- Für welchen Zweck ist welche Datenstruktur geeignet?
- Wie funktioniert die effiziente Umsetzung?

Algorithmen
- Welche Algorithmen haben wir kennen gelernt?
- Wie und warum funktionieren sie?

Methoden und Techniken
- Formalisierung
- Algorithmenentwurf
- Detailumsetzung
- Korrektheit
- Laufzeit

Asymptotik: O-Notation

Rekurrenzen auflösen (via Rekursionsbaum)

exponentielle Summen

amortisierte Analyse

Average-Case Analyse (randomisierte Algorithmen)

Adversary Argument

$\sum_{v \in V} \deg(v) \in \Theta(m)$

Klausur (31. August, 8 Uhr)

Materialien

- Folien für Vorlesung und Übung (Homepage)
- Übungsblätter mit Lösungen (Homepage)
- Lernziele, Literaturhinweise und Glossar (Homepage)
- Aufzeichnung von Vorlesung und Übung (Ilias)
- alte Klausuren (Fachschaft, Homepage)

Klausur (31. August, 8 Uhr)

Materialien

- Folien für Vorlesung und Übung (Homepage)
- Übungsblätter mit Lösungen (Homepage)
- Lernziele, Literaturhinweise und Glossar (Homepage)
- Aufzeichnung von Vorlesung und Übung (Ilias)
- alte Klausuren (Fachschaft, Homepage)

Zusätzliche Angebote

- Zusatztutorien jede Woche jeweils Montag und Mittwoch 9:45 in Raum $-101/-102$
- digitale Sprechstunde (via Twitch): Mittwoch 2.8. um 18 Uhr und voraussichtlich nochmal in der Woche 21.8. – 25.8.

Klausur (31. August, 8 Uhr)

Materialien

- Folien für Vorlesung und Übung (Homepage)
- Übungsblätter mit Lösungen (Homepage)
- Lernziele, Literaturhinweise und Glossar (Homepage)
- Aufzeichnung von Vorlesung und Übung (Ilias)
- alte Klausuren (Fachschaft, Homepage)

Zusätzliche Angebote

- Zusatztutorien jede Woche jeweils Montag und Mittwoch 9:45 in Raum $-101/-102$
- digitale Sprechstunde (via Twitch): Mittwoch 2.8. um 18 Uhr und voraussichtlich nochmal in der Woche 21.8. – 25.8.

Erlaubte Hilfsmittel

- Spickzettel: ein A4 Blatt (Vor- und Rückseite), mit beliebigem Inhalt
- Empfehlung: selbst erstellen und nicht von Kommiliton:innen kopieren

Algorithmen-Vorlesungen am KIT

Im Bachelor belegbar

- (Theoretische Grundlagen der Informatik)
- Algorithmen 2
- Algorithmen für planare Graphen
- Basispraktikum ICPC

Welche Vorlesungen genau angeboten werden ist natürlich immer etwas im Wandel.

Algorithmen-Vorlesungen am KIT

Welche Vorlesungen genau angeboten werden ist natürlich immer etwas im Wandel.

Im Bachelor belegbar

- (Theoretische Grundlagen der Informatik)
- Algorithmen 2
- Algorithmen für planare Graphen
- Basispraktikum ICPC

Vertiefungsvorlesungen für den Master

- Fortgeschrittenes algorithmisches Programmieren
- Algorithm Engineering
- Fortgeschrittene Datenstrukturen
- Parallele Algorithmen
- Text-Indexierung
- Randomisierte Algorithmik
- Modelle der Parallelverarbeitung
- Algorithmische Geometrie
- Parametrisierte Algorithmen
- Algorithmen für Routenplanung
- Algorithmische Graphentheorie
- Algorithmen zur Visualisierung von Graphen

Todo für euch

Meldet euch für die Klausur an!

Bereitet euch gut darauf vor!

Schreibt eine gute Klausur!

Todo für euch

Meldet euch für die Klausur an!

Bereitet euch gut darauf vor!

Schreibt eine gute Klausur!

Wir wünschen viel Erfolg!