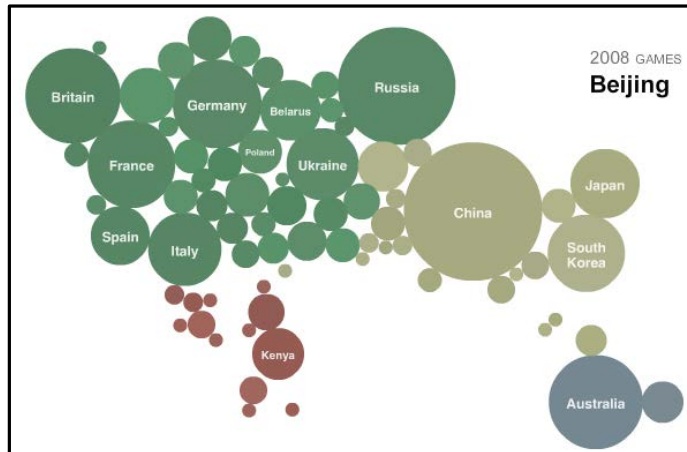


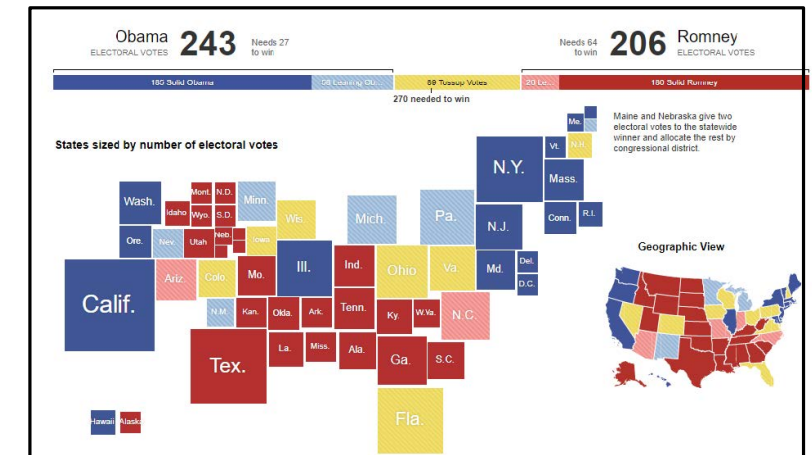
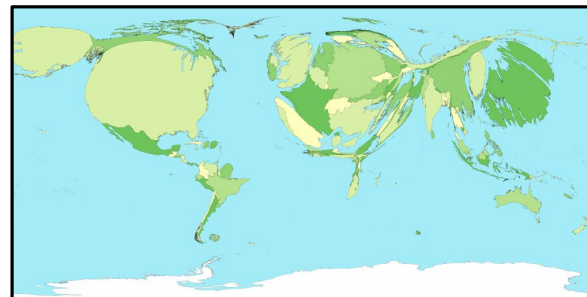
Algorithmen für geographische Informationssysteme

12. Vorlesung Kartogramme



Philipp Kindermann

Teil I: Problemstellung



Wintersemester 2024/25

Räumliche statistische Daten



Wie visualisiert man Statistiken zu räumlichen Daten?

Beispiel. Bevölkerung in den USA



Räumliche statistische Daten

Wie visualisiert man Statistiken zu räumlichen Daten?

Beispiel. Bevölkerung in den USA

State	2011 pop.				
Alabama	4,802,740	Kentucky	4,369,356	Oklahoma	3,791,508
Alaska	722,718	Louisiana	4,574,836	Oregon	3,871,859
Arizona	6,482,505	Maine	1,328,188	Pennsylvania	12,742,886
Arkansas	2,937,979	Maryland	5,828,289	Rhode Island	1,051,302
California	37,691,912	Massachusetts	6,587,536	South Carolina	4,679,230
Colorado	5,116,796	Michigan	9,876,187	South Dakota	824,082
Connecticut	3,580,709	Minnesota	5,344,861	Tennessee	6,403,353
Delaware	907,135	Mississippi	2,978,512	Texas	25,674,681
DC	617,996	Missouri	6,010,688	Utah	2,817,222
Florida	19,057,542	Montana	998,199	Vermont	626,431
Georgia	9,815,210	Nebraska	1,842,641	Virginia	8,096,604
Hawaii	1,374,810	Nevada	2,723,322	Washington	6,830,038
Idaho	1,584,985	New Hampshire	1,318,194	West Virginia	1,855,364
Illinois	12,869,257	New Jersey	8,821,155	Wisconsin	5,711,767
Indiana	6,516,922	New Mexico	2,082,224	Wyoming	568,158
Iowa	3,062,309	New York	19,465,197		
Kansas	2,871,238	North Carolina	9,656,401		
		North Dakota	683,932		
		Ohio	11,544,951		

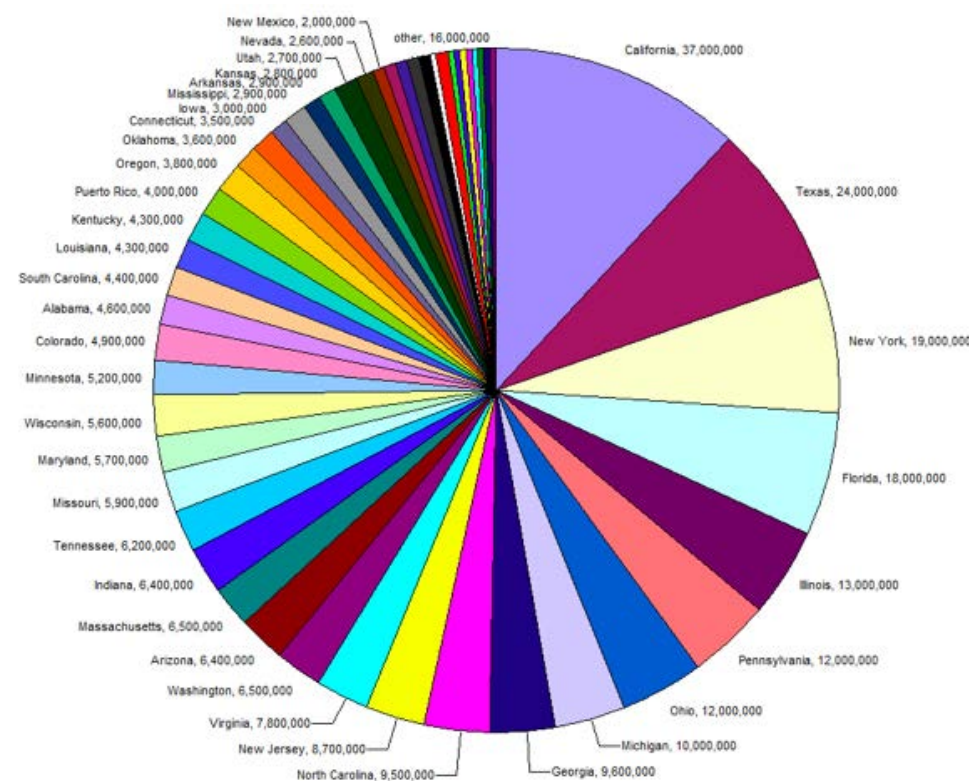
als Tabelle?

Räumliche statistische Daten

Wie visualisiert man Statistiken zu räumlichen Daten?

Beispiel. Bevölkerung in den USA

State	2011 pop.				
Alabama	4,802,740	Kentucky	4,369,356	Oklahoma	3,791,508
Alaska	722,718	Louisiana	4,574,836	Oregon	3,871,859
Arizona	6,482,505	Maine	1,328,188	Pennsylvania	12,742,886
Arkansas	2,937,979	Maryland	5,828,289	Rhode Island	1,051,302
California	37,691,912	Massachusetts	6,587,536	South Carolina	4,679,230
Colorado	5,116,796	Michigan	9,876,187	South Dakota	824,082
Connecticut	3,580,709	Minnesota	5,344,861	Tennessee	6,403,353
Delaware	907,135	Mississippi	2,978,512	Texas	25,674,681
DC	617,996	Missouri	6,010,688	Utah	2,817,222
Florida	19,057,542	Montana	998,199	Vermont	626,431
Georgia	9,815,210	Nebraska	1,842,641	Virginia	8,096,604
Hawaii	1,374,810	Nevada	2,723,322	Washington	6,830,038
Idaho	1,584,985	New Hampshire	1,318,194	West Virginia	1,855,364
Illinois	12,869,257	New Jersey	8,821,155	Wisconsin	5,711,767
Indiana	6,516,922	New Mexico	2,082,224	Wyoming	568,158
Iowa	3,062,309	New York	19,465,197		
Kansas	2,871,238	North Carolina	9,656,401		
		North Dakota	683,932		
		Ohio	11,544,951		



als Tortendiagramm?

als Tabelle?

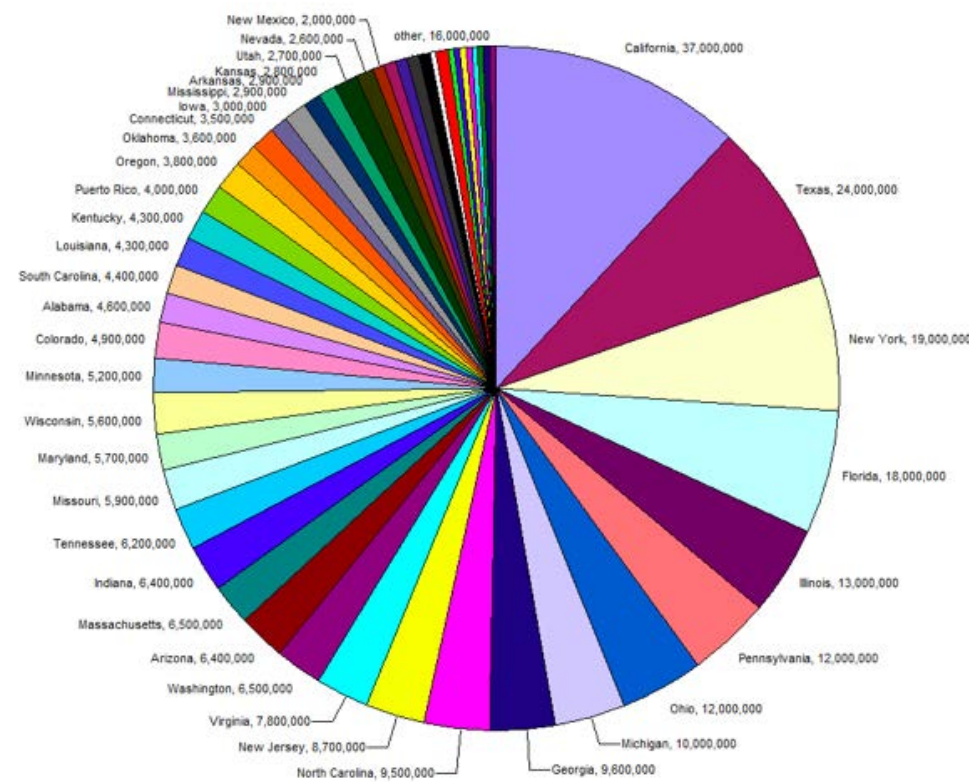


Räumliche statistische Daten

Wie visualisiert man Statistiken zu räumlichen Daten?

Beispiel. Bevölkerung in den USA

State	2011 pop.				
Alabama	4,802,740	Kentucky	4,369,356	Oklahoma	3,791,508
Alaska	722,718	Louisiana	4,574,836	Oregon	3,871,859
Arizona	6,482,505	Maine	1,328,188	Pennsylvania	12,742,886
Arkansas	2,937,979	Maryland	5,828,289	Rhode Island	1,051,302
California	37,691,912	Massachusetts	6,587,536	South Carolina	4,679,230
Colorado	5,116,796	Michigan	9,876,187	South Dakota	824,082
Connecticut	3,580,709	Minnesota	5,344,861	Tennessee	6,403,353
Delaware	907,135	Mississippi	2,978,512	Texas	25,674,681
DC	617,996	Missouri	6,010,688	Utah	2,817,222
Florida	19,057,542	Montana	998,199	Vermont	626,431
Georgia	9,815,210	Nebraska	1,842,641	Virginia	8,096,604
Hawaii	1,374,810	Nevada	2,723,322	Washington	6,830,038
Idaho	1,584,985	New Hampshire	1,318,194	West Virginia	1,855,364
Illinois	12,869,257	New Jersey	8,821,155	Wisconsin	5,711,767
Indiana	6,516,922	New Mexico	2,082,224	Wyoming	568,158
Iowa	3,062,309	New York	19,465,197		
Kansas	2,871,238	North Carolina	9,656,401		
		North Dakota	683,932		
		Ohio	11,544,951		



als Tortendiagramm?



als Balkendiagramm?

als Tabelle?

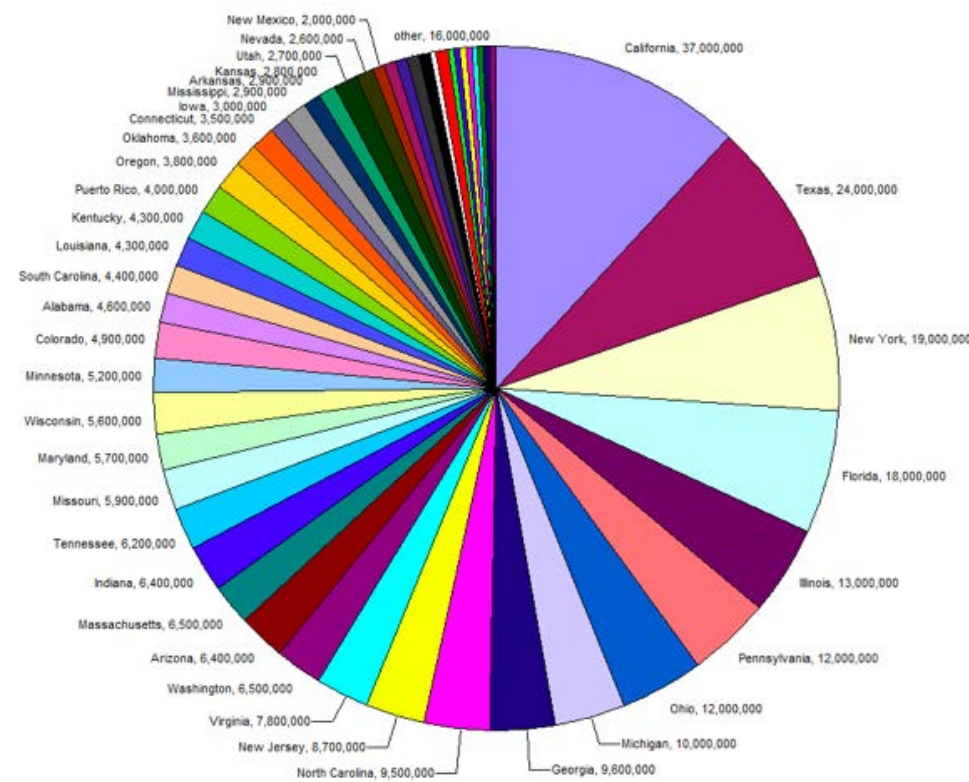


Räumliche statistische Daten

Wie visualisiert man Statistiken zu räumlichen Daten?

Beispiel. Bevölkerung in den USA

State	2011 pop.				
Alabama	4,802,740	Kentucky	4,369,356	Oklahoma	3,791,508
Alaska	722,718	Louisiana	4,574,836	Oregon	3,871,859
Arizona	6,482,505	Maine	1,328,188	Pennsylvania	12,742,886
Arkansas	2,937,979	Maryland	5,828,289	Rhode Island	1,051,302
California	37,691,912	Massachusetts	6,587,536	South Carolina	4,679,230
Colorado	5,116,796	Michigan	9,876,187	South Dakota	824,082
Connecticut	3,580,709	Minnesota	5,344,861	Tennessee	6,403,353
Delaware	907,135	Mississippi	2,978,512	Texas	25,674,681
DC	617,996	Missouri	6,010,688	Utah	2,817,222
Florida	19,057,542	Montana	998,199	Vermont	626,431
Georgia	9,815,210	Nebraska	1,842,641	Virginia	8,096,604
Hawaii	1,374,810	Nevada	2,723,322	Washington	6,830,038
Idaho	1,584,985	New Hampshire	1,318,194	West Virginia	1,855,364
Illinois	12,869,257	New Jersey	8,821,155	Wisconsin	5,711,767
Indiana	6,516,922	New Mexico	2,082,224	Wyoming	568,158
Iowa	3,062,309	New York	19,465,197		
Kansas	2,871,238	North Carolina	9,656,401		
		North Dakota	683,932		
		Ohio	11,544,951		



als Tortendiagramm?



als Balkendiagramm?

als Tabelle?

Problem: Standardmethoden zeigen keine räumlichen Muster!

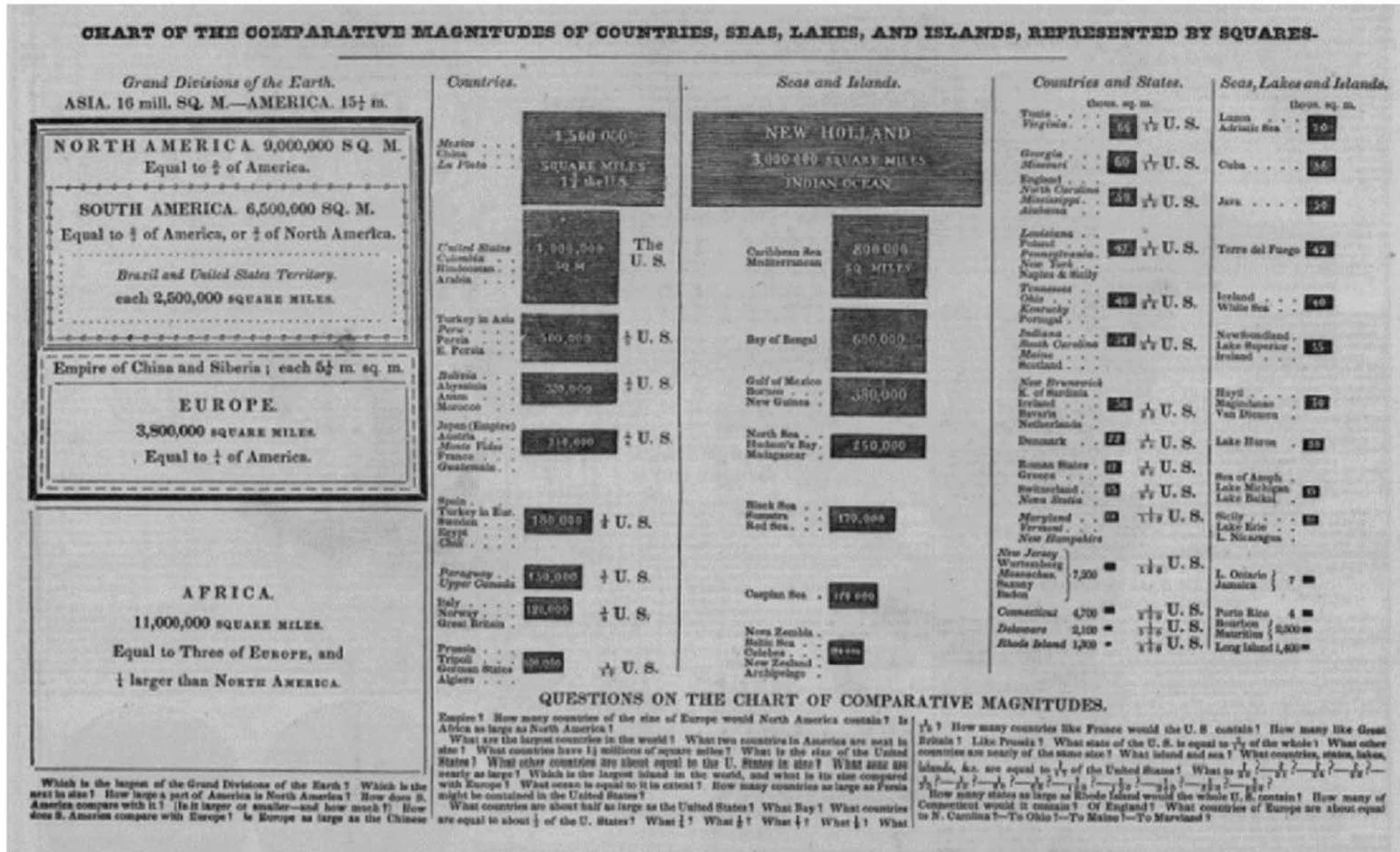


Chart of the comparative magnitudes of countries [Woodbridge 1837]

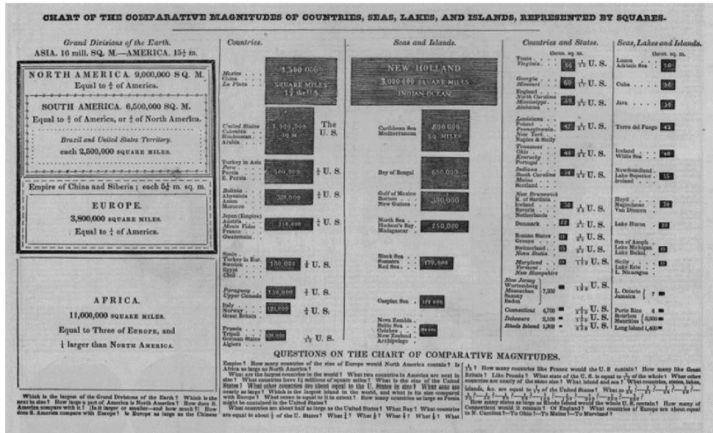


Chart of the comparative magnitudes of countries [Woodbridge 1837]

Geschichte

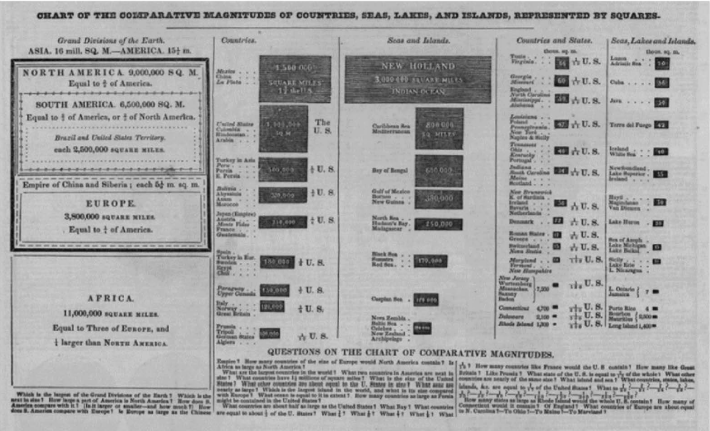
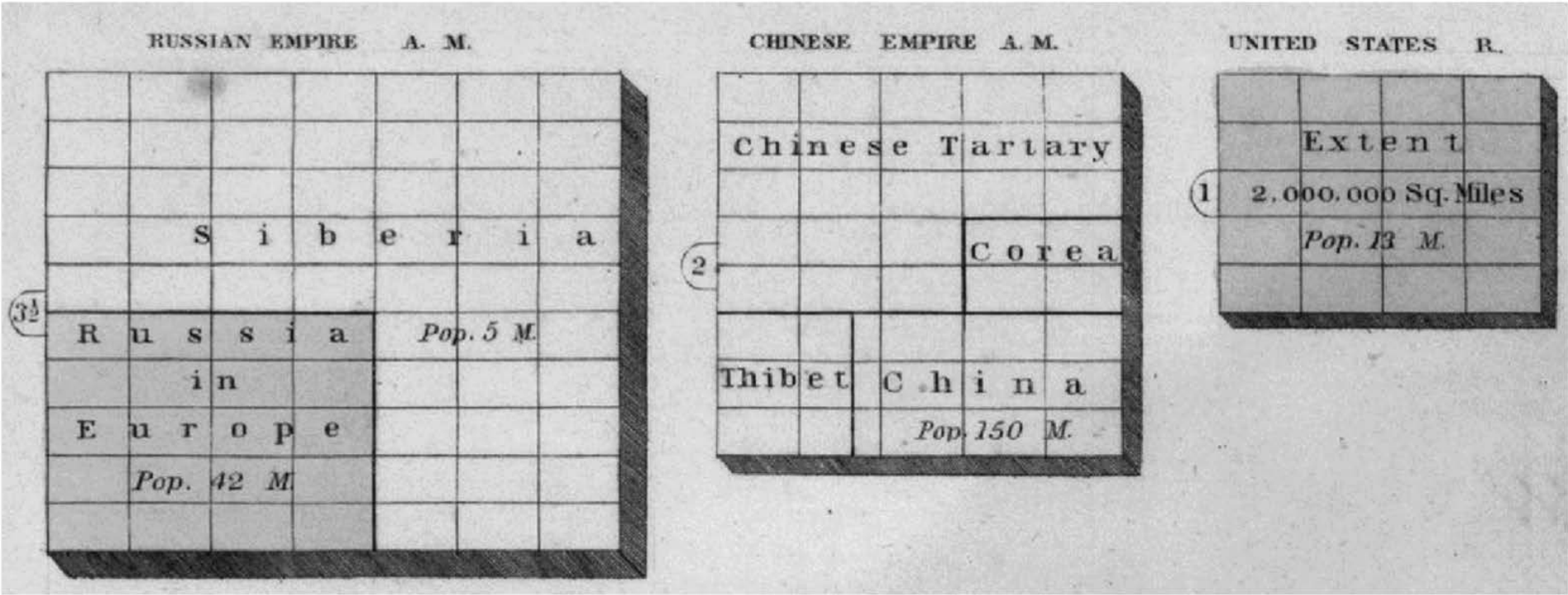


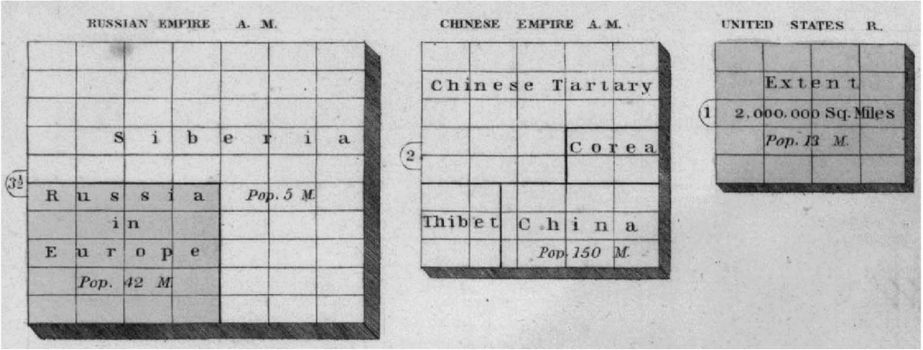
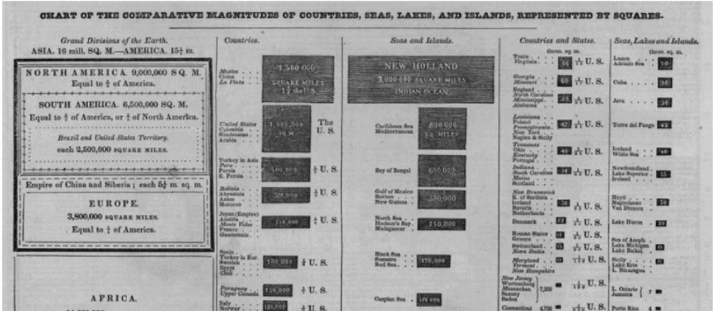
Chart of the comparative magnitudes of countries [Woodbridge 1837]



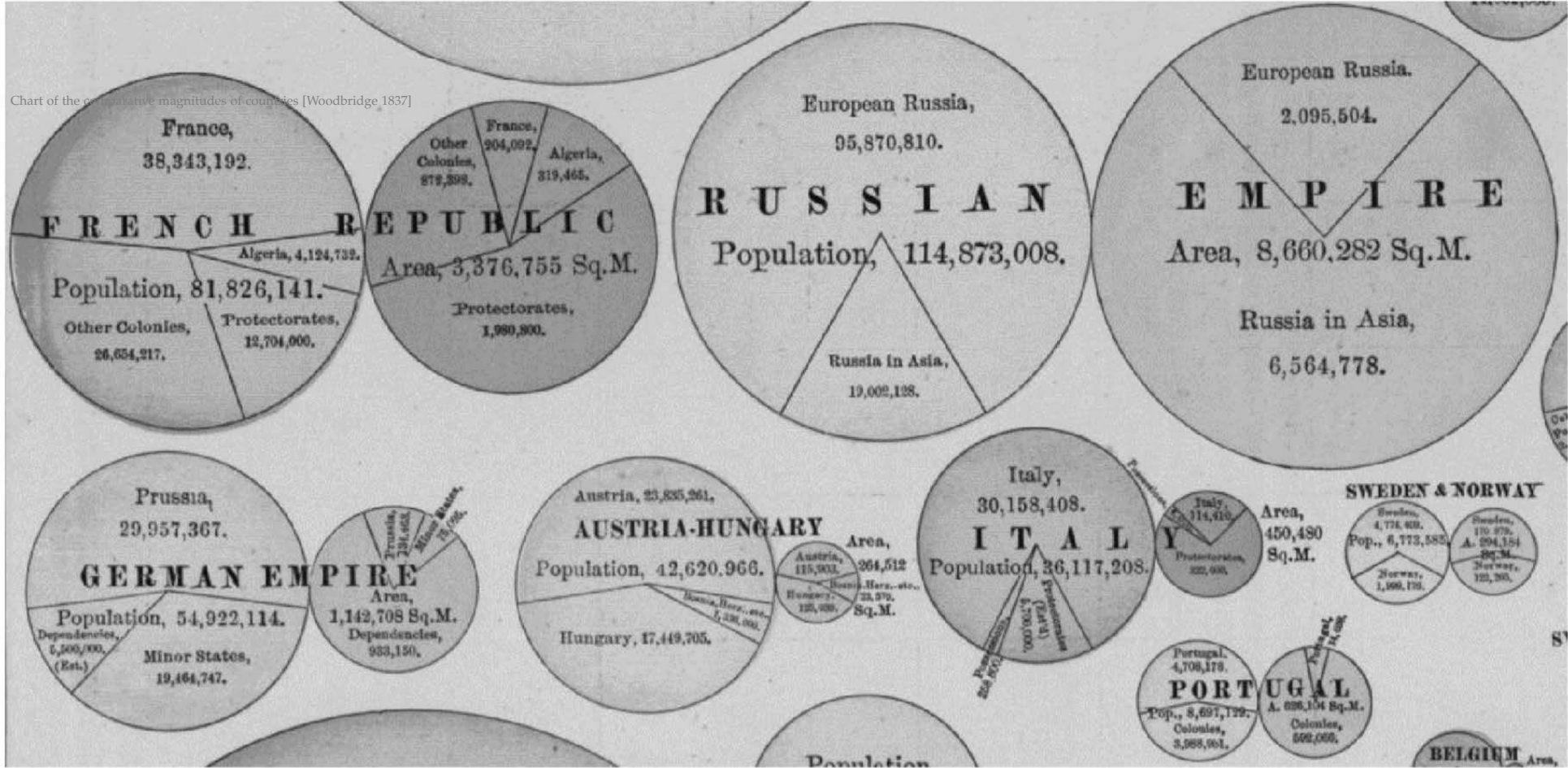
New and Improved School Atlas [Olney 1837]



Geschichte



New and Improved School Atlas [Olney 1837]



Rand McNally World Atlas [1897]

Geschichte

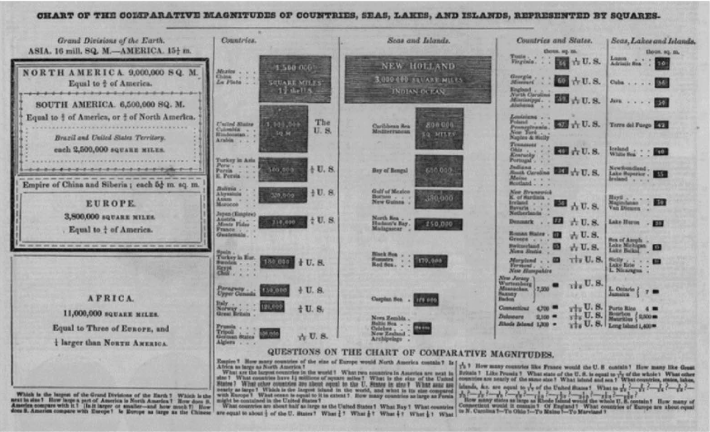
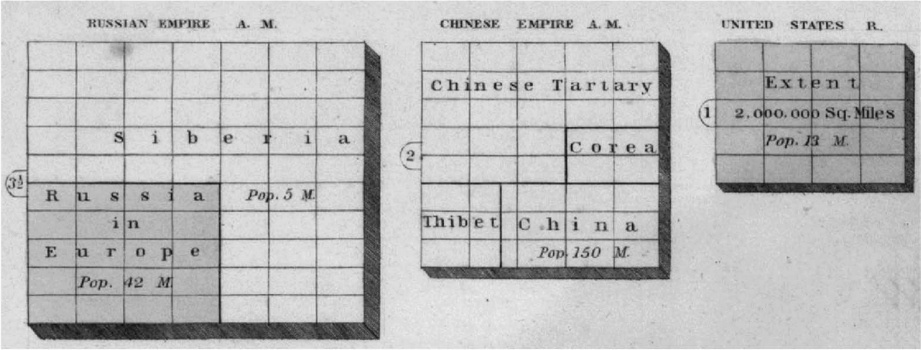


Chart of the comparative magnitudes of countries [Woodbridge 1837]



New and Improved School Atlas [Olney 1837]



Rand McNally World Atlas [1897]

Geschichte

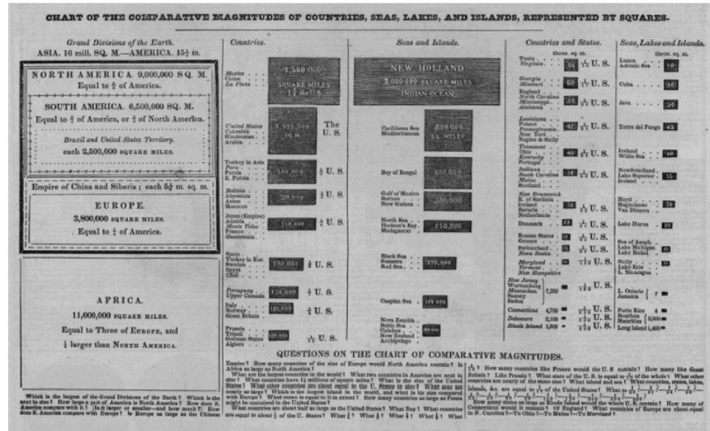
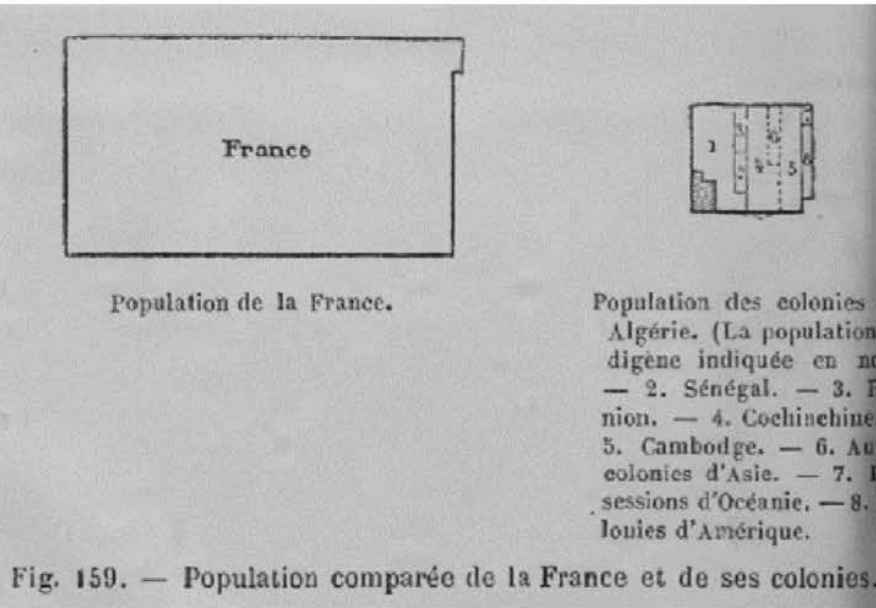
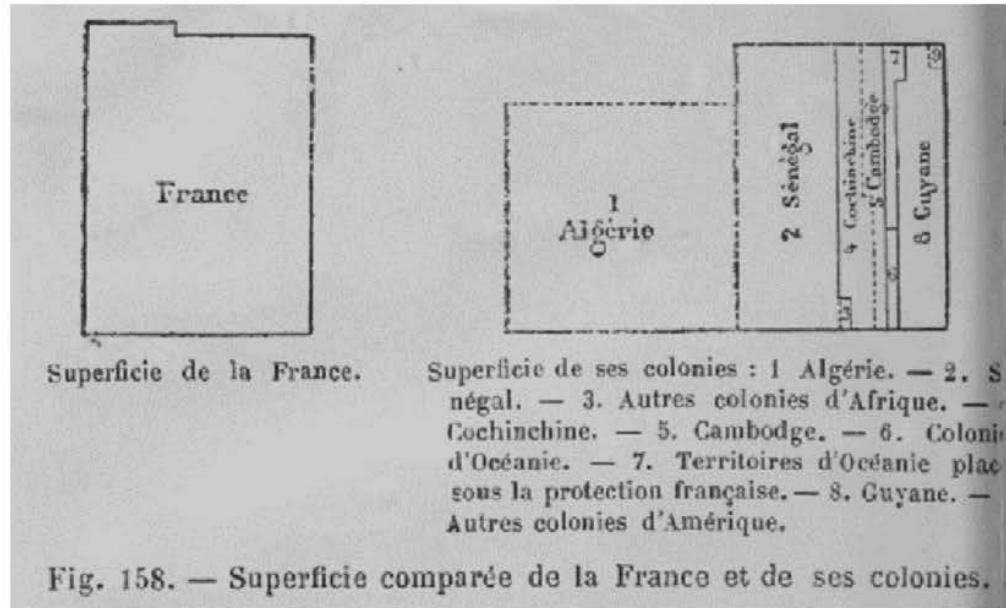
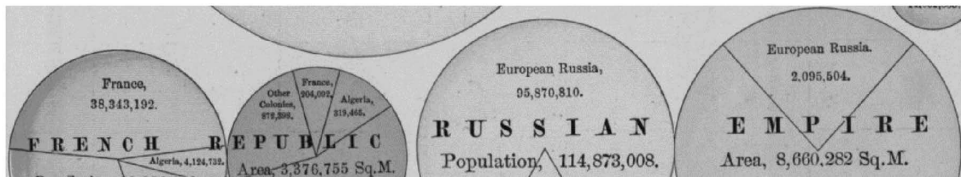
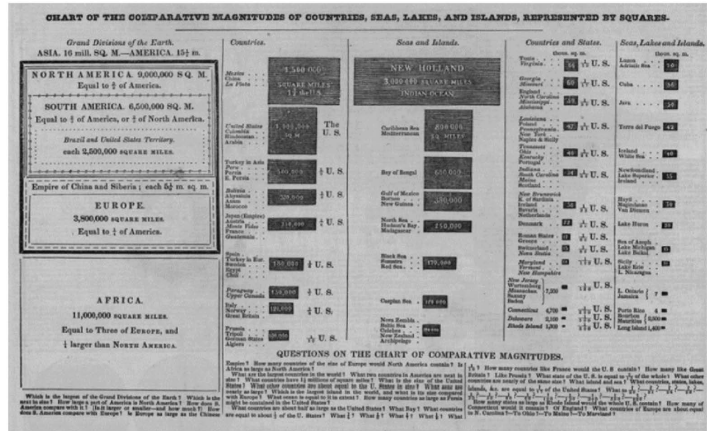


Chart of the comparative magnitudes of countries [Woodbridge 1837]



Geographische Größe und Bevölkerung Frankreichs und seiner Kolonien [Émile Levasseur 1875]



The figure consists of three separate grid maps, each with a title and a scale bar.

- Russian Empire A. M.**: A 10x10 grid. The word "S i b e r i a" is written across the middle rows. The word "R u s s i a" is written in the bottom row, followed by "Pop. 5 M". The word "E u r o p e" is written in the bottom row, followed by "Pop. 42 M". A scale bar at the bottom indicates 100 miles.
- Chinese Empire A. M.**: A 10x10 grid. The words "Chinese Tartary" are written across the top rows. The word "C o r e a" is written in the middle row. The word "T h i b e t" is written in the bottom row, followed by "C h i n a" and "Pop. 150 M". A scale bar at the bottom indicates 100 miles.
- United States R.**: A 10x10 grid. The word "Extent" is written across the top rows. The number "2,000,000 Sq. Miles" is written in the middle row. The word "P o p . 13 M ." is written in the bottom row. A scale bar at the bottom indicates 100 miles.

FRANCE
38,343,192.

FRENCH REPUBLIC
Algeria, 4,124,732.
Population, 81,826,141.
Other Colonies, 58,624,317.
Protectorates, 12,794,000.

EUROPEAN RUSSIA
95,870,810.

RUSSIAN
Population, 114,873,008.

RUSSIA IN ASIA
19,602,138.

EUROPEAN RUSSIA
2,095,504.

EMPIRE
Area, 8,660,282 Sq.M.

RUSSIA IN ASIA
6,564,778.

PRUSSIA
29,057,367.

GERMAN EMPIRE
Population, 54,922,114.
Dependencies, 1,300,000 (Est).
Minor States, 19,464,747.

AUSTRIA
21,835,961.

AUSTRIA-HUNGARY
Population, 42,620,966.

HUNGARY
17,449,705.

ITALY
30,158,408.

ITALY
Population, 36,117,208.

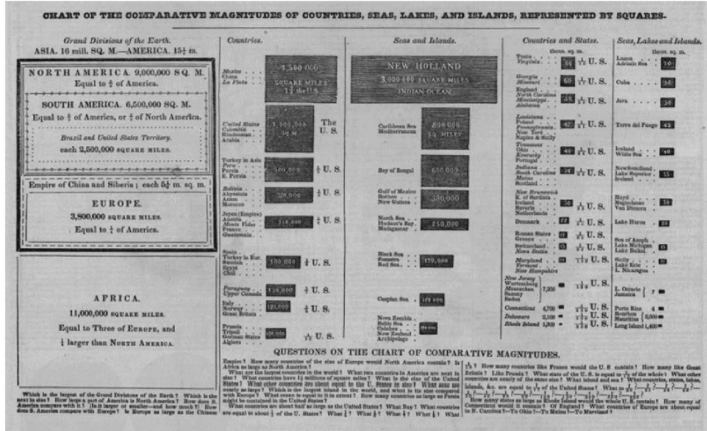
SWEDEN & NORWAY
Area, 450,482 Sq.M.
Population, 6,173,582.
Sweden, 4,719,688.
Norway, 1,453,894.
Finland, 1,000,000 (Est).
Faroer, 1,000,000 (Est).

PORTUGAL
Population, 5,897,172.
Area, 698,136 Sq.M.
Dependencies, 1,300,000 (Est).

BEELGIUM

Fig. 158. — Superficie comparée de la France et de ses colonies.

Geographische Größe und Bevölkerung Frankreichs und seiner Kolonien [Émile Levasseur 1875]

[illegible][illegible]

FRENCH REPUBLIC
 France, 38,343,192.
 Population, 81,826,141.
 Other Colonies, 58,554,217.
 Protectorates, 12,704,000.
 Algeria, 4,154,123.

RUSSIAN EMPIRE
 European Russia, 95,370,810.
 Population, 114,873,008.
 Russia in Asia, 19,002,138.

GERMAN EMPIRE
 Prussia, 29,957,367.
 Population, 54,922,114.
 Minor States, 19,464,747.
 Dependencies, 5,000,000 (Est.).

AUSTRIA-HUNGARY
 Austria, 22,635,561.
 Population, 42,620,966.
 Hungary, 17,449,705.

ITALY
 Italy, 30,153,408.
 Population, 36,117,208.

EUROPEAN RUSSIA
 European Russia, 2,095,504.
 Area, 8,660,282 Sq. M.
 Russia in Asia, 6,564,778.

SWEDEN & NORWAY
 Sweden, 4,714,000.
 Population, 6,773,582.
 Norway, 1,000,100.

PORTUGAL
 Portugal, 5,708,117.
 Population, 5,427,177.
 Colonies, 3,969,000.

GERMAN PROTECTORATES
 German Colonies, 575,398.
 Algeria, 317,465.
 Protectorates, 1,989,800.

RUSSIAN PROTECTORATES
 Russian Colonies, 12,704,000.
 Protectorates, 1,989,800.

ITALIAN PROTECTORATES
 Italian Colonies, 1,000,000.
 Protectorates, 1,000,000.

PORTUGAL PROTECTORATES
 Portuguese Colonies, 3,969,000.
 Protectorates, 1,000,000.

GERMAN PROTECTORATES
 German Colonies, 575,398.
 Protectorates, 1,989,800.

RUSSIAN PROTECTORATES
 Russian Colonies, 12,704,000.
 Protectorates, 1,989,800.

ITALIAN PROTECTORATES
 Italian Colonies, 1,000,000.
 Protectorates, 1,000,000.

PORTUGAL PROTECTORATES
 Portuguese Colonies, 3,969,000.
 Protectorates, 1,000,000.

GERMAN PROTECTORATES
 German Colonies, 575,398.
 Protectorates, 1,989,800.

RUSSIAN PROTECTORATES
 Russian Colonies, 12,704,000.
 Protectorates, 1,989,800.

ITALIAN PROTECTORATES
 Italian Colonies, 1,000,000.
 Protectorates, 1,000,000.

PORTUGAL PROTECTORATES
 Portuguese Colonies, 3,969,000.
 Protectorates, 1,000,000.

GERMAN PROTECTORATES
 German Colonies, 575,398.
 Protectorates, 1,989,800.

RUSSIAN PROTECTORATES
 Russian Colonies, 12,704,000.
 Protectorates, 1,989,800.

ITALIAN PROTECTORATES
 Italian Colonies, 1,000,000.
 Protectorates, 1,000,000.

PORTUGAL PROTECTORATES
 Portuguese Colonies, 3,969,000.
 Protectorates, 1,000,000.

GERMAN PROTECTORATES
 German Colonies, 575,398.
 Protectorates, 1,989,800.

RUSSIAN PROTECTORATES
 Russian Colonies, 12,704,000.
 Protectorates, 1,989,800.

ITALIAN PROTECTORATES
 Italian Colonies, 1,000,000.
 Protectorates, 1,000,000.

PORTUGAL PROTECTORATES
 Portuguese Colonies, 3,969,000.
 Protectorates, 1,000,000.

GERMAN PROTECTORATES
 German Colonies, 575,398.
 Protectorates, 1,989,800.

RUSSIAN PROTECTORATES
 Russian Colonies, 12,704,000.
 Protectorates, 1,989,800.

ITALIAN PROTECTORATES
 Italian Colonies, 1,000,000.
 Protectorates, 1,000,000.

PORTUGAL PROTECTORATES
 Portuguese Colonies, 3,969,000.
 Protectorates, 1,000,000.

GERMAN PROTECTORATES
 German Colonies, 575,398.
 Protectorates, 1,989,800.

RUSSIAN PROTECTORATES
 Russian Colonies, 12,704,000.
 Protectorates, 1,989,800.

ITALIAN PROTECTORATES
 Italian Colonies, 1,000,000.
 Protectorates, 1,000,000.

PORTUGAL PROTECTORATES
 Portuguese Colonies, 3,969,000.
 Protectorates, 1,000,000.

GERMAN PROTECTORATES
 German Colonies, 575,398.
 Protectorates, 1,989,800.

RUSSIAN PROTECTORATES
 Russian Colonies, 12,704,000.
 Protectorates, 1,989,800.

ITALIAN PROTECTORATES
 Italian Colonies, 1,000,000.
 Protectorates, 1,000,000.

PORTUGAL PROTECTORATES
 Portuguese Colonies, 3,969,000.
 Protectorates, 1,000,000.

GERMAN PROTECTORATES
 German Colonies, 575,398.
 Protectorates, 1,989,800.

RUSSIAN PROTECTORATES
 Russian Colonies, 12,704,000.
 Protectorates, 1,989,800.

ITALIAN PROTECTORATES
 Italian Colonies, 1,000,000.
 Protectorates, 1,000,000.

PORTUGAL PROTECTORATES
 Portuguese Colonies, 3,969,000.
 Protectorates, 1,000,000.

GERMAN PROTECTORATES
 German Colonies, 575,398.
 Protectorates, 1,989,800.

RUSSIAN PROTECTORATES
 Russian Colonies, 12,704,000.
 Protectorates, 1,989,800.

ITALIAN PROTECTORATES
 Italian Colonies, 1,000,000.
 Protectorates, 1,000,000.

PORTUGAL PROTECTORATES
 Portuguese Colonies, 3,969,000.
 Protectorates, 1,000,000.

GERMAN PROTECTORATES
 German Colonies, 575,398.
 Protectorates, 1,989,800.

RUSSIAN PROTECTORATES
 Russian Colonies, 12,704,000.
 Protectorates, 1,989,800.

ITALIAN PROTECTORATES
 Italian Colonies, 1,000,000.
 Protectorates, 1,000,000.

PORTUGAL PROTECTORATES
 Portuguese Colonies, 3,969,000.
 Protectorates, 1,000,000.

GERMAN PROTECTORATES
 German Colonies, 575,398.
 Protectorates, 1,989,800.

RUSSIAN PROTECTORATES
 Russian Colonies, 12,704,000.
 Protectorates, 1,989,800.

ITALIAN PROTECTORATES
 Italian Colonies, 1,000,000.
 Protectorates, 1,000,000.

PORTUGAL PROTECTORATES
 Portuguese Colonies, 3,969,000.
 Protectorates, 1,000,000.

GERMAN PROTECTORATES
 German Colonies, 575,398.
 Protectorates, 1,989,800.

RUSSIAN PROTECTORATES
 Russian Colonies, 12,704,000.
 Protectorates, 1,989,800.

ITALIAN PROTECTORATES
 Italian Colonies, 1,000,000.
 Protectorates, 1,000,000.

PORTUGAL PROTECTORATES
 Portuguese Colonies, 3,969,000.
 Protectorates, 1,000,000.

GERMAN PROTECTORATES
 German Colonies, 575,398.
 Protectorates, 1,989,800.

RUSSIAN PROTECTORATES
 Russian Colonies, 12,704,000.
 Protectorates, 1,989,800.

ITALIAN PROTECTORATES
 Italian Colonies, 1,000,000.
 Protectorates, 1,000,000.

PORTUGAL PROTECTORATES
 Portuguese Colonies, 3,969,000.
 Protectorates, 1,000,000.

GERMAN PROTECTORATES
 German Colonies, 575,398.
 Protectorates, 1,989,800.

RUSSIAN PROTECTORATES
 Russian Colonies, 12,704,000.
 Protectorates, 1,989,800.

ITALIAN PROTECTORATES
 Italian Colonies, 1,000,000.
 Protectorates, 1,000,000.

PORTUGAL PROTECTORATES
 Portuguese Colonies, 3,969,000.
 Protectorates, 1,000,000.

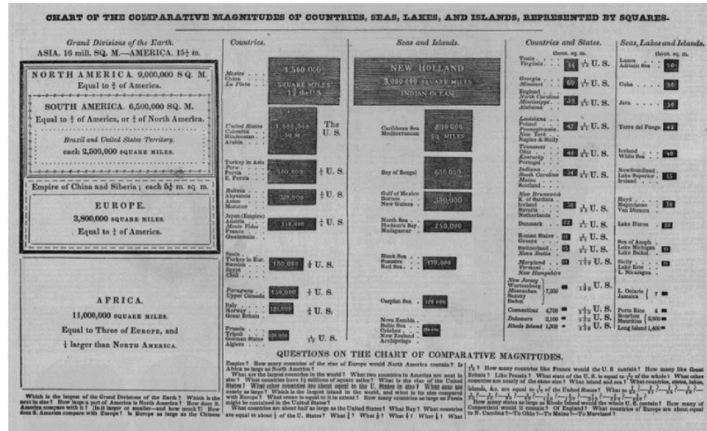
GERMAN PROTECTORATES
 German Colonies, 575,398.
 Protectorates, 1,989,800.

RUSSIAN PROTECTORATES
 Russian Colonies, 12,704,000.
 Protectorates, 1,989,800.

ITALIAN PROTECTORATES
 Italian Colonies, 1,000,000.
 Protectorates, 1,000,000.

Fig. 158. — Superficie comparée de la France et de ses colonies.

Geographische Größe und Bevölkerung Frankreichs und seiner Kolonien [Émile Levasseur 1875]



The figure consists of three separate grid-based maps, each representing a different empire. Each map is a 10x10 grid with a shaded border. The Russian Empire map is on the left, the Chinese Empire map is in the center, and the United States map is on the right. Each map includes a title at the top, geographical labels within the grid, and a circled number indicating population in millions.

RUSSIAN EMPIRE A. M.

Labels: S i b e r i a, R u s s i a, in, E u r o p e, Pop. 42 M.

CHINESE EMPIRE A. M.

Labels: Chinese Tartary, Core a, Thibet, C h i n a, Pop. 150 M.

UNITED STATES R.

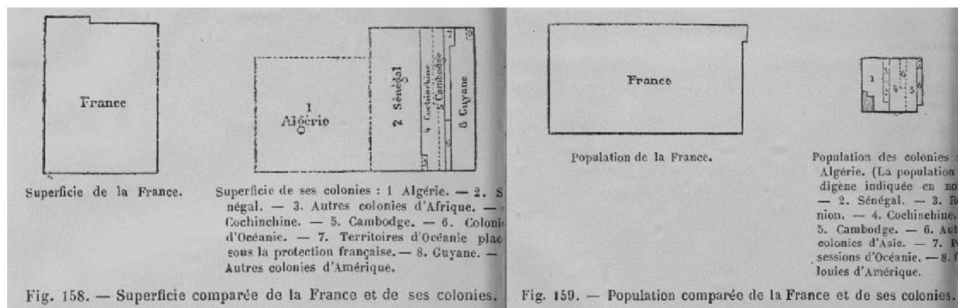
Labels: Extent, 2,000,000 Sq. Miles, Pop. 13 M.

Apportionment Map of the United States

ASSISTANT PROFESSOR OF POLITICAL ECONOMY IN YALE UNIVERSITY.



Bevölkerungskarte der Vereinigten Staaten [William B. Bailey, *The Independent* 1911]



Geographische Größe und Bevölkerung Frankreichs und seiner Kolonien [Émile Levasseur 1875]

Geschichte

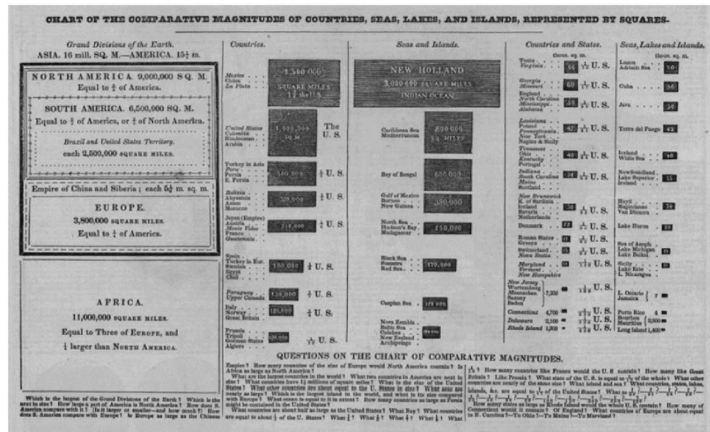
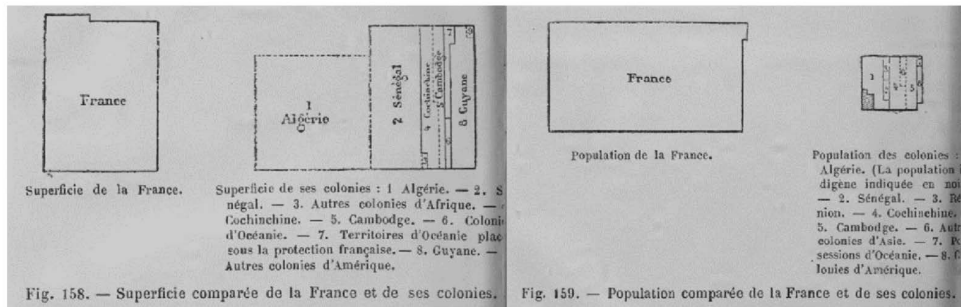


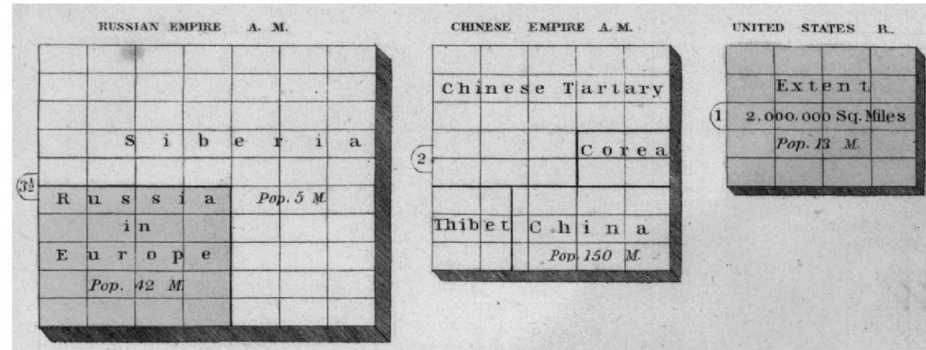
Chart of the comparative magnitudes of countries [Woodbridge 1837]



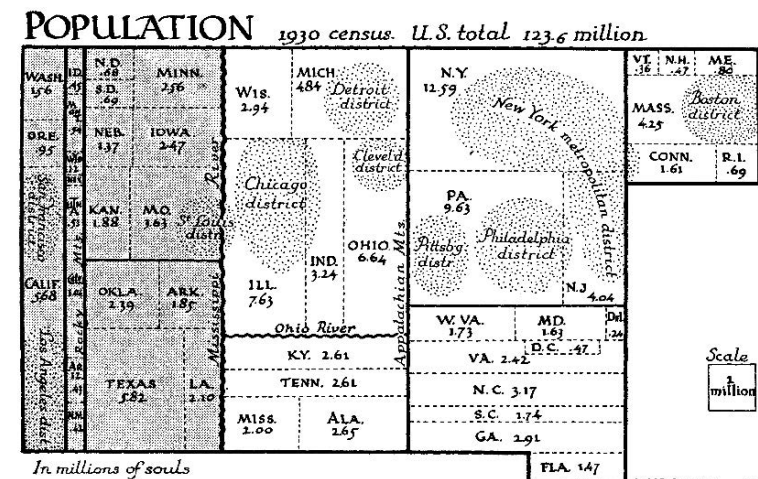
Rand McNally World Atlas [1897]



Geographische Größe und Bevölkerung Frankreichs und seiner Kolonien [Émile Levasseur 1875]

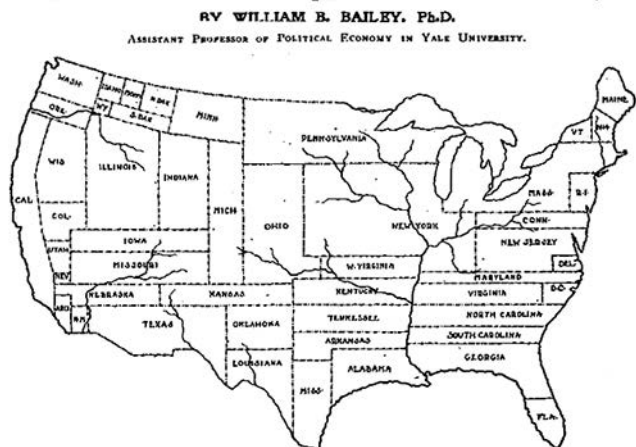


New and Improved School Atlas [Olney 1837]



US Population [Public Utilities Fortnightly, Raisz 1934]

Apportionment Map of the United States



Bevölkerungskarte der Vereinigten Staaten [William B. Bailey, The Independent 1911]

Geschichte

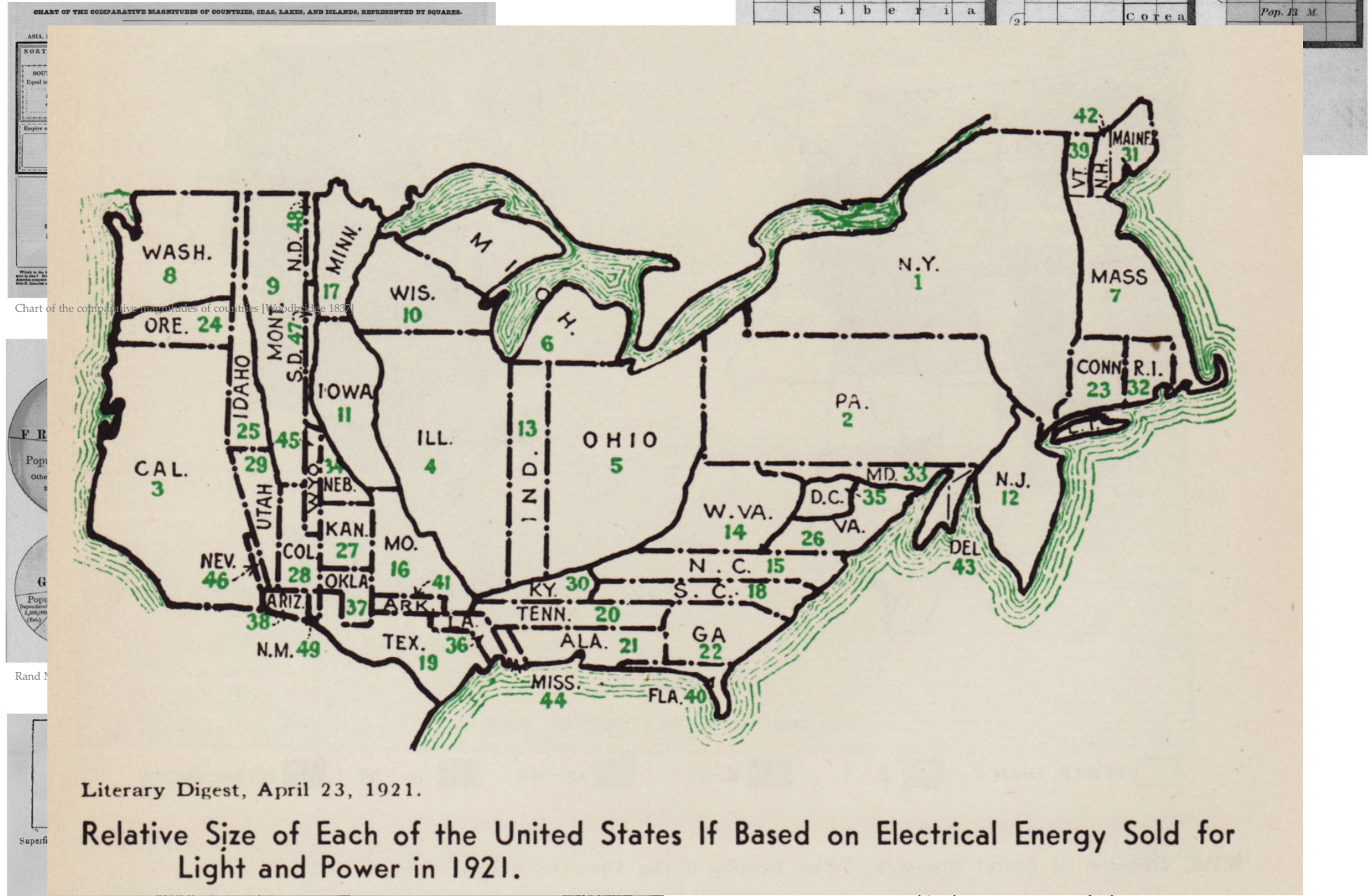


Fig. 158. Superficie comparée de la France et de ses colonies. Fig. 159. Population comparée de la France et de ses colonies.

Geographische Größe und Bevölkerung Frankreichs und seiner Kolonien [Émile Levasseur 1875]

Bevölkerungskarte der Vereinigten Staaten [William B. Bailey, The Independent 1911]

The figure consists of three separate grid maps, each representing a different empire. Each grid is 5 units wide and 5 units high.

- Russian Empire A.M.:** The grid shows the extent of the Russian Empire. The word "S i b e r i a" is spread across the top two rows. The word "R u s s i a" is in the third row, followed by "i n" in the fourth row, and "E u r o p e" in the fifth row. The population is noted as "Pop. 5 M." and "Pop. 42 M.".
- Chinese Empire A.M.:** The grid shows the extent of the Chinese Empire. The words "C h i n e s e" and "T a r t a r y" are in the top row. The word "C o r e a" is in the second row. The words "T h i b e t" and "C h i n a" are in the third row. The population is noted as "Pop. 150 M.".
- United States R.:** The grid shows the extent of the United States. The word "E x t e n t" is in the top row. The population is noted as "2,000,000 Sq. Miles" and "Pop. 13 M.".

POPULATION

1930 census. U.S. total 123.6 million.

State	Population (millions)
WASH.	1.68
IND.	8.1
MINN.	2.56
WIS.	2.34
MICH.	4.84
N.Y.	12.59
VT.	0.36
N.H.	0.47
ME.	0.80
ORE.	0.95
NEB.	1.37
IOWA	2.47
MASS.	4.25
CONN.	1.61
R.I.	0.69
KAN.	1.88
MO.	1.83
PA.	9.63
OHIO	6.64
W. VA.	1.73
MD.	1.63
DEL.	1.22
CALIF.	5.68
OKLA.	1.39
ARK.	1.85
IND.	3.24
ILL.	7.63
VA.	2.42
N.C.	3.17
S.C.	1.74
GA.	2.91
TEXAS	5.82
LA.	2.10
TENN.	2.61
MISS.	2.00
ALA.	2.65
FLA.	1.47

In millions of souls

Scale
1 million

A map of the United States showing the relative size of each state based on electrical energy sold for light and power in 1921. The states are shaded in green and labeled with their names and corresponding numerical values. The map includes Alaska and Hawaii.

State	Value
ALASKA	40
ARIZONA	18
CALIFORNIA	3
CONNECTICUT	23
DELAWARE	43
DISTRICT OF COLUMBIA	35
FLORIDA	40
GEORGIA	20
HAWAII	46
IDaho	27
ILLINOIS	4
INDIANA	13
KANSAS	27
KENTUCKY	30
Louisiana	41
MARYLAND	28
MASSACHUSETTS	7
MISSISSIPPI	44
MINNESOTA	17
MISSOURI	41
NEBRASKA	27
NEVADA	46
NEW HAMPSHIRE	36
NEW JERSEY	12
NEW YORK	1
NORTH CAROLINA	18
NORTH DAKOTA	26
OHIO	5
OREGON	24
PENNSYLVANIA	2
RHODE ISLAND	35
SOUTH CAROLINA	28
Tennessee	20
TEXAS	19
Vermont	36
Virginia	14
Washington	9
West Virginia	14
Wisconsin	10
Wyoming	30

[illegible][illegible]

Bevölkerungskarte der Vereinigten Staaten [William B. Bailey, *The Independent* 1911]

Geschichte

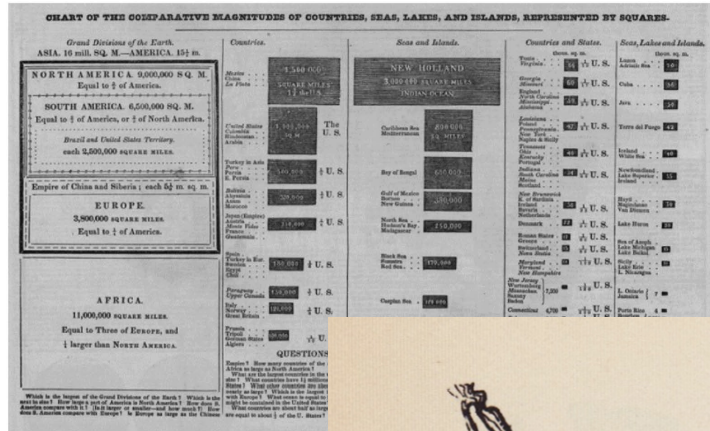
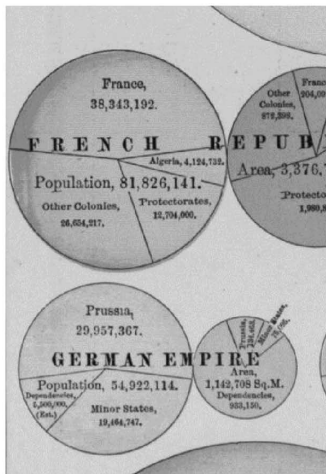
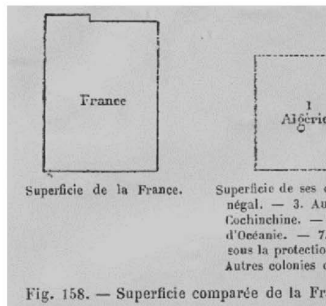


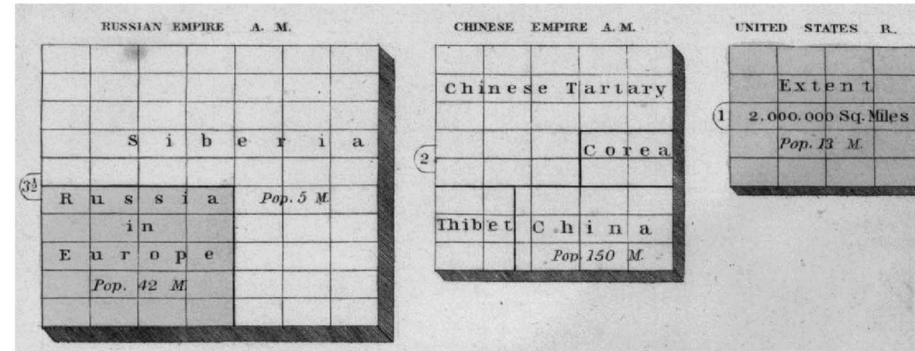
Chart of the comparative magnitudes of countries [Woodbridge 1837]



Rand McNally World Atlas [1897]

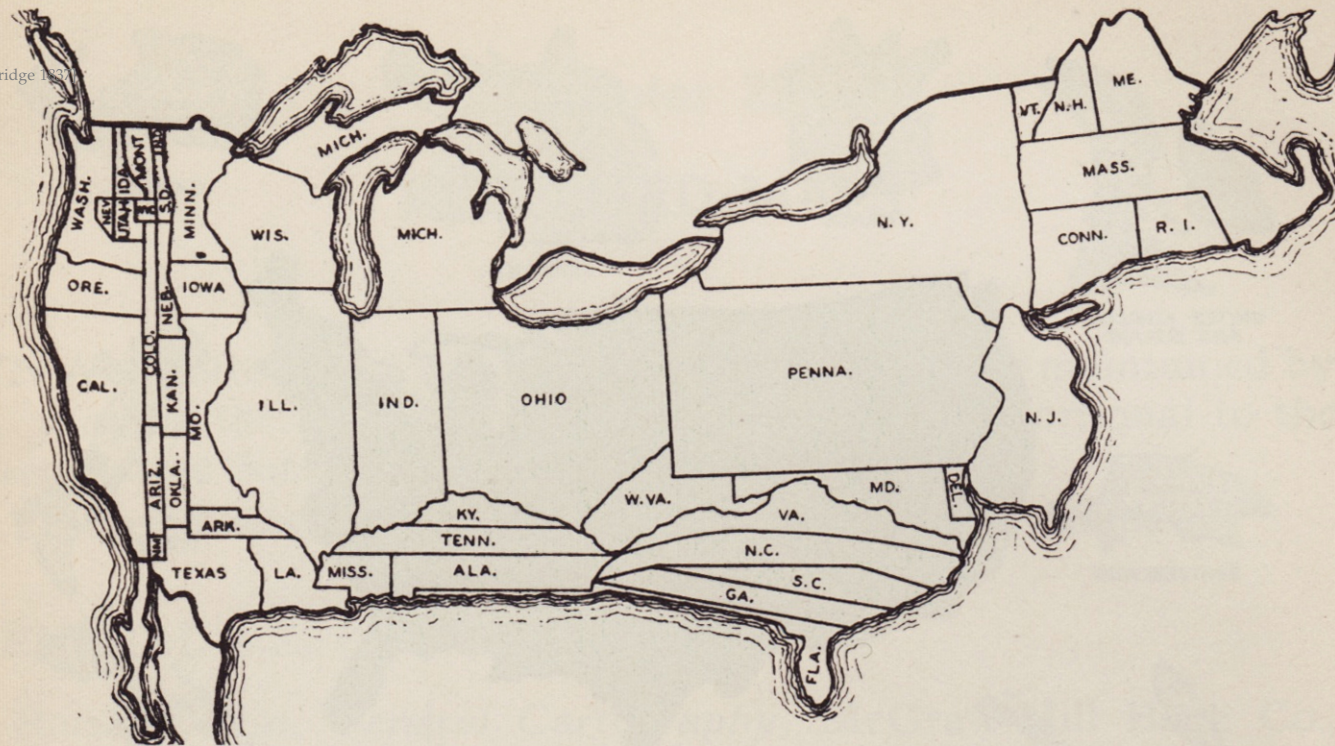


Geographische Größe und Bevölkerung Frankreichs und seiner Kolonien [Émile Levasseur 1875]



New and Improved School Atlas [Olney 1837]

POPULATION 1920 census, U.S. total, 122 million

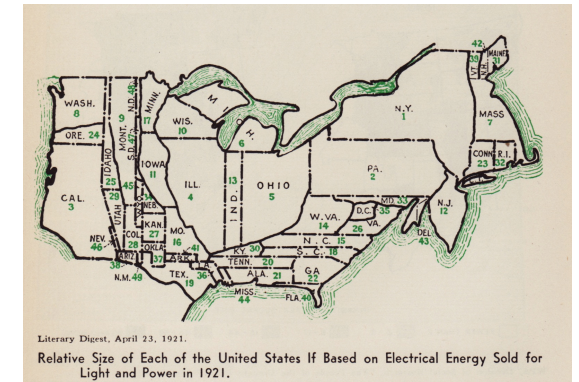


Power Plant Engineering, New York City, 1933.

A. Horsepower Map of the United States in 1933 With the Area of Each State Drawn Proportional to the Amount of Horsepower Installed in the State.

Fig. 159. — Population comparée de la France et de ses colonies.

Bevölkerungskarte der Vereinigten Staaten [William B. Bailey, The Independent 1911]

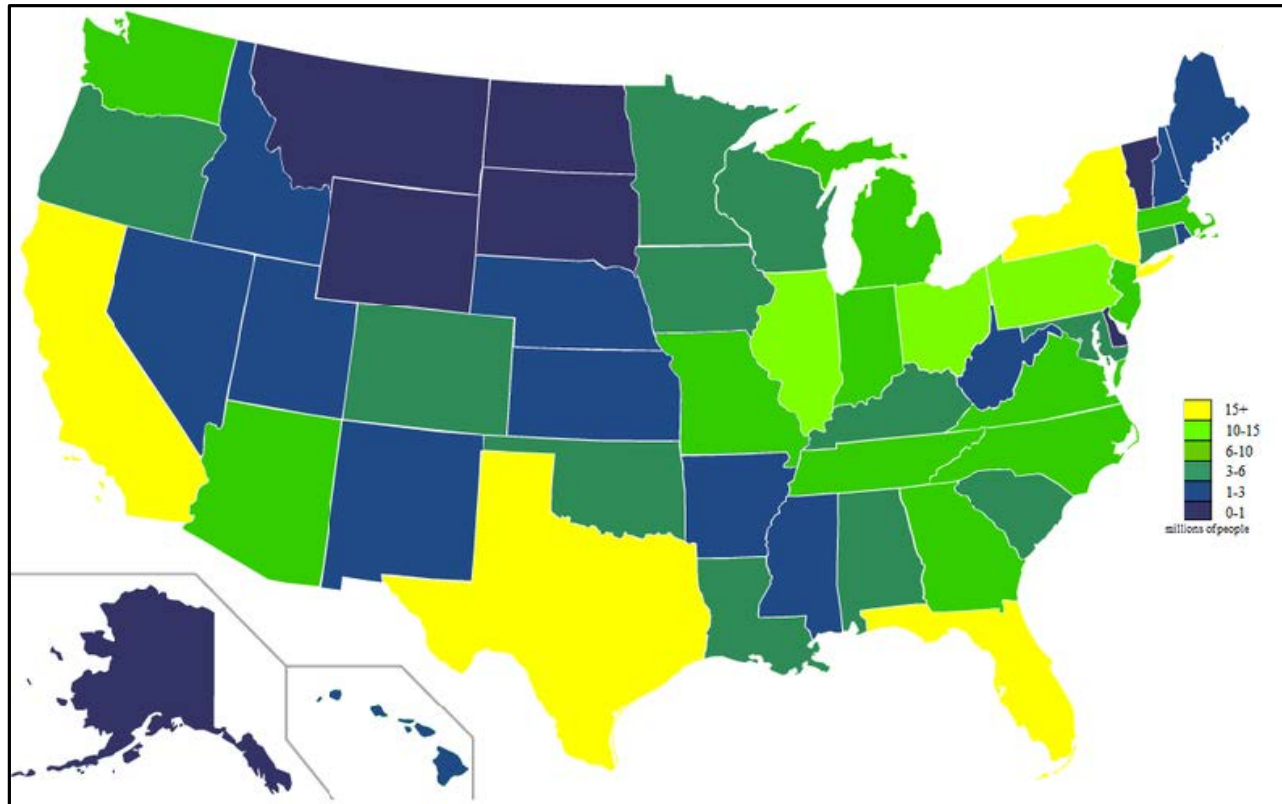


Stromverbrauch in der USA [Literary Digest, 1921]



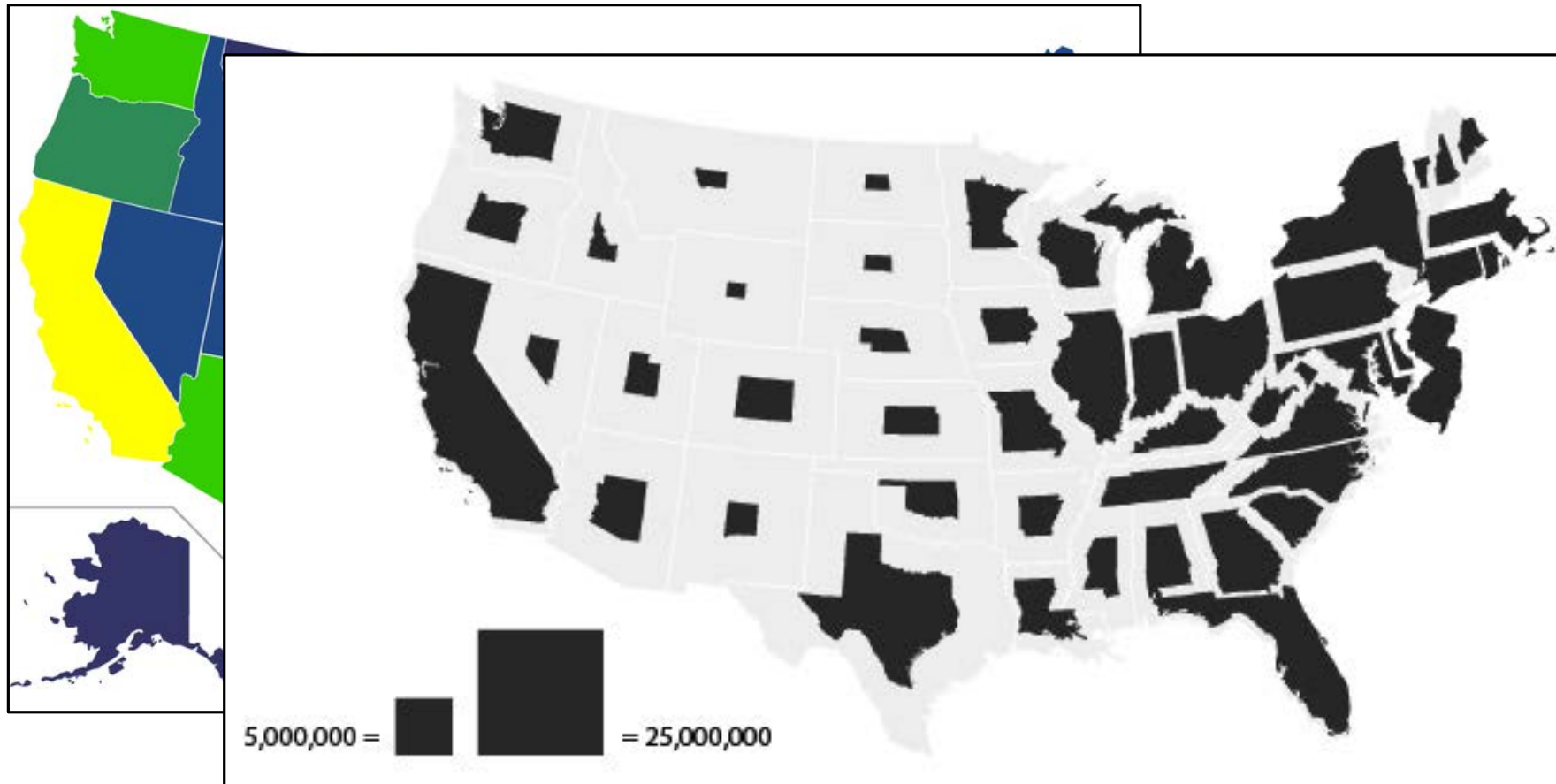


Kartenbasierte statistische Visualisierung



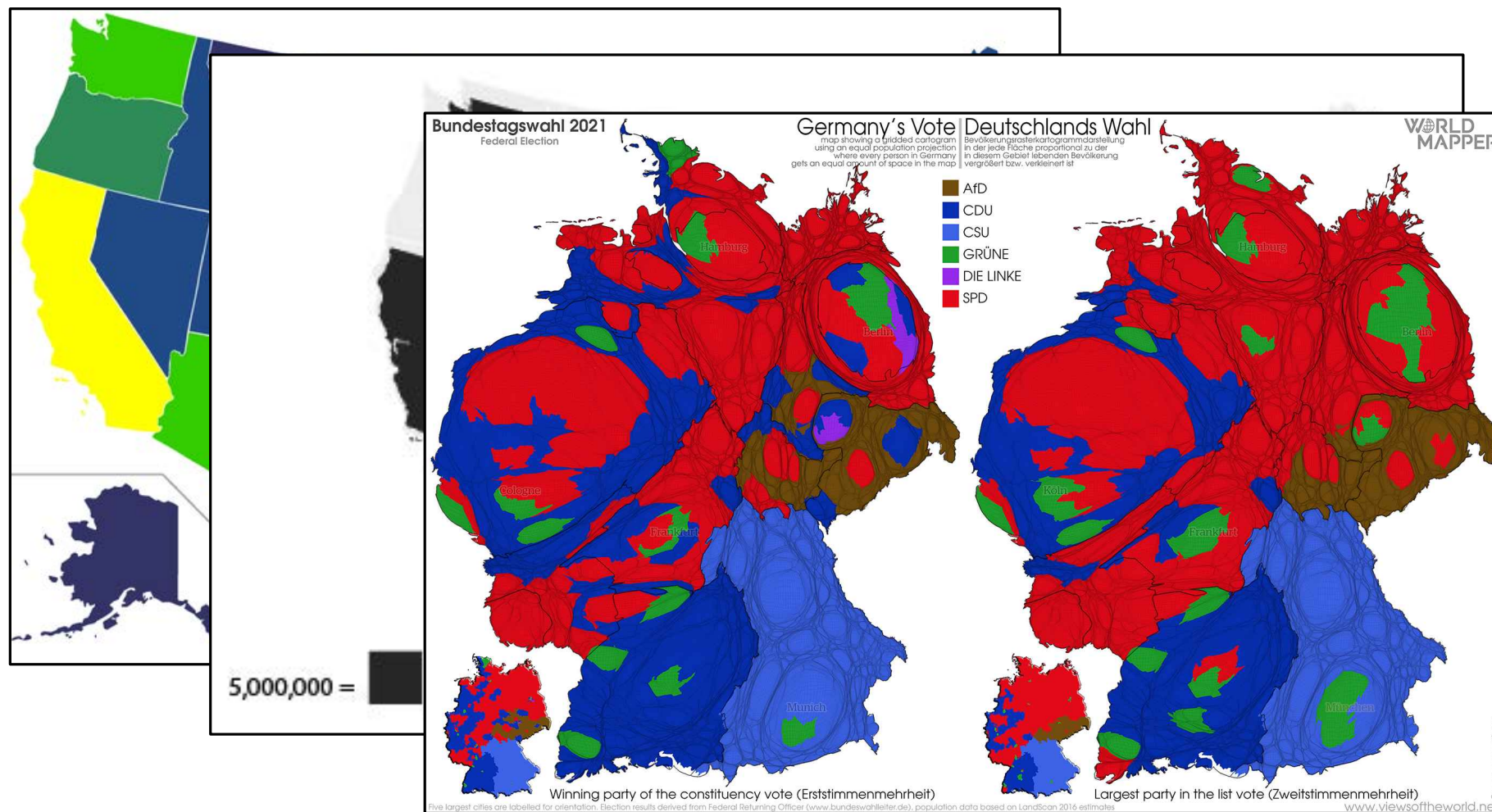
Choroplethenkarte: nutze Farbschema

Kartenbasierte statistische Visualisierung



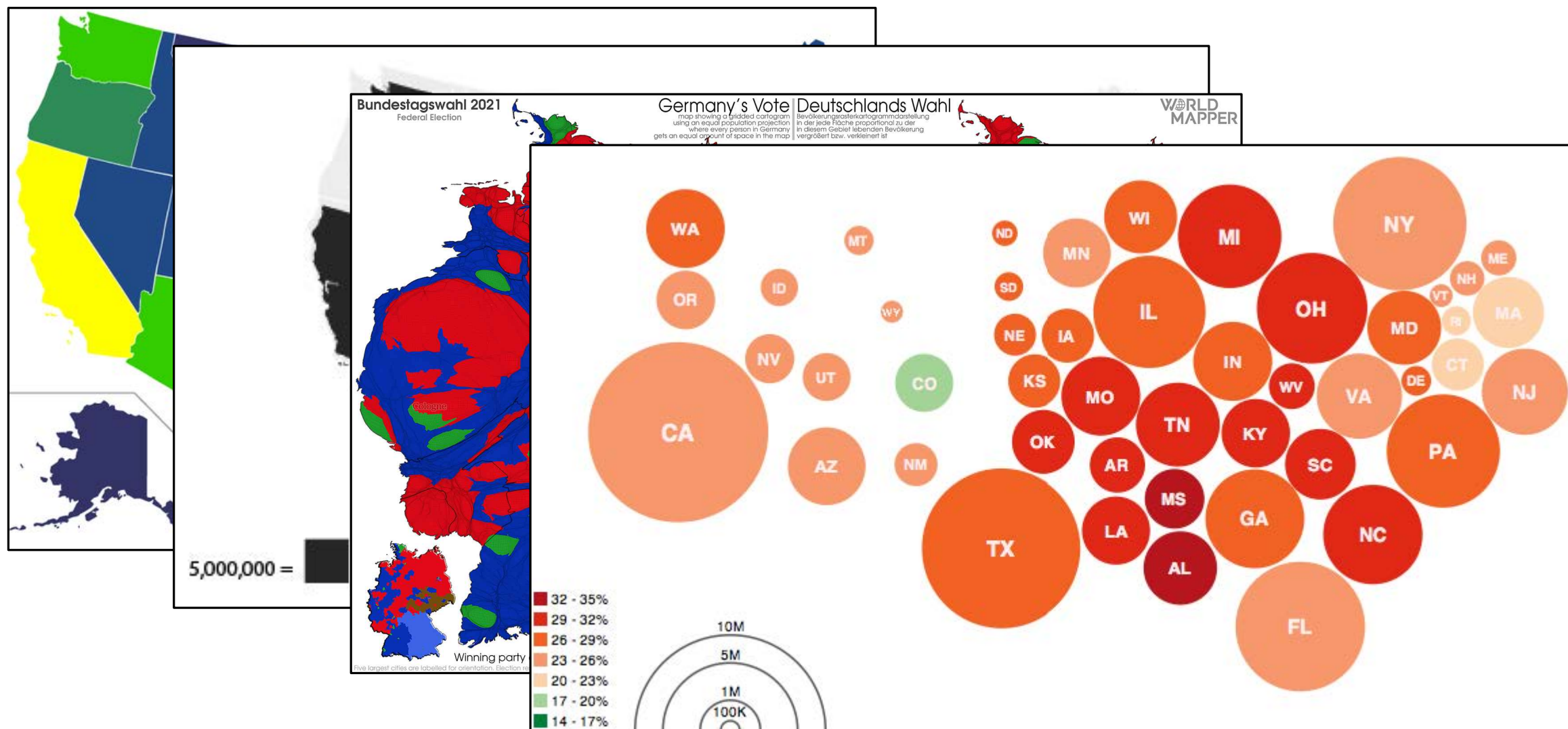
Nichtzusammenhängende Flächenkartogramme:
Fläche proportional zur Bevölkerung

Kartenbasierte statistische Visualisierung



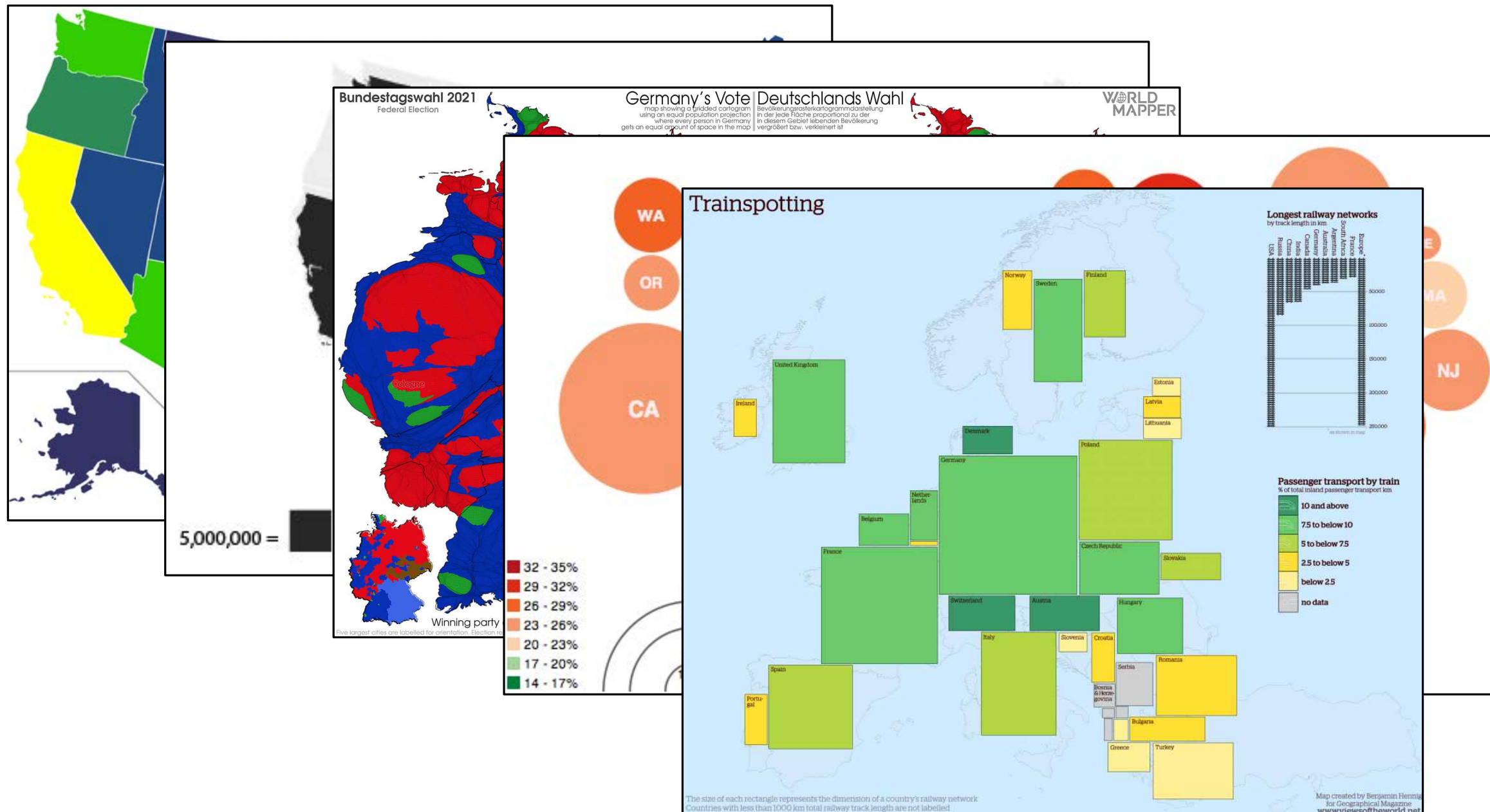
Zusammenhängende Flächenkartogramme:
Diffusionsprozess

Kartenbasierte statistische Visualisierung



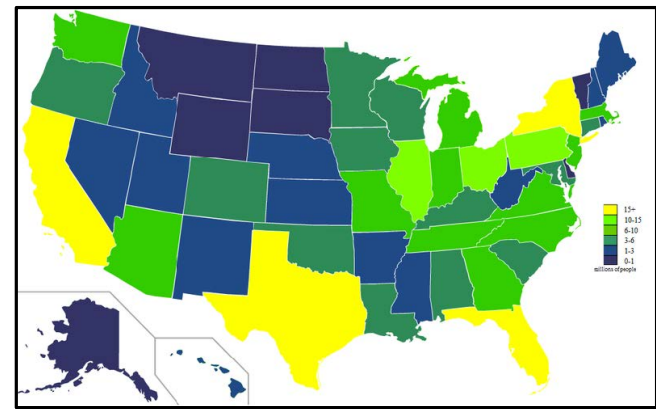
Dorlingkartogramme: Kreisscheiben proportionaler Größe

Kartenbasierte statistische Visualisierung

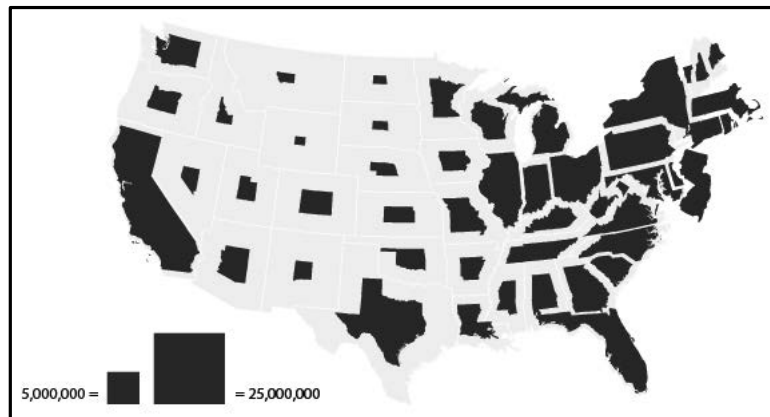


Rechteckskartogramme: jede Region als Rechteck

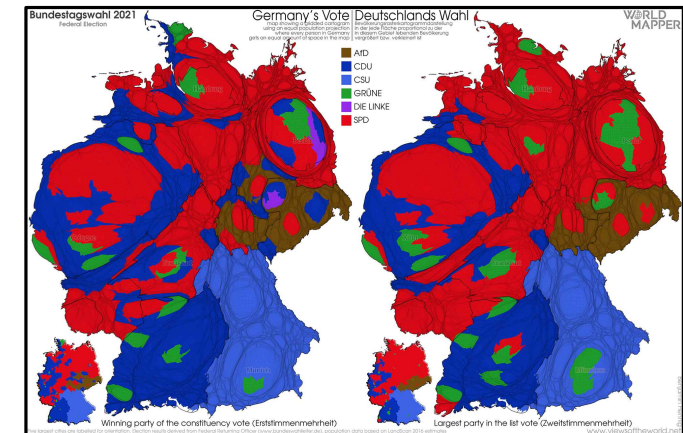
Kartenbasierte statistische Visualisierung



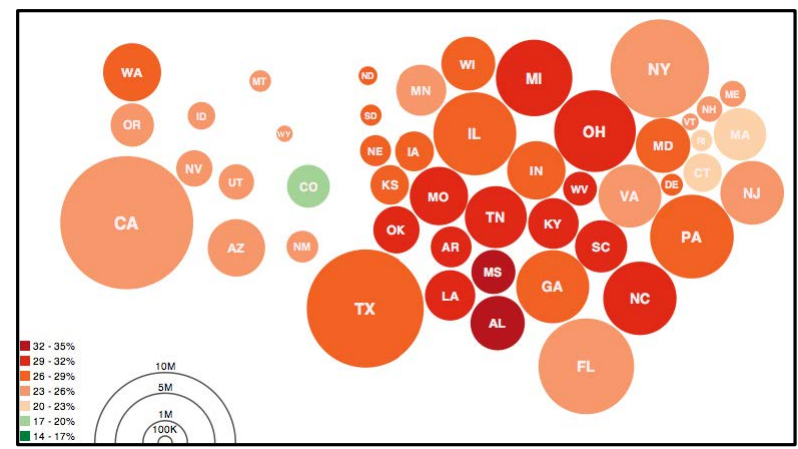
Choroplethenkarte: nutze Farbschema



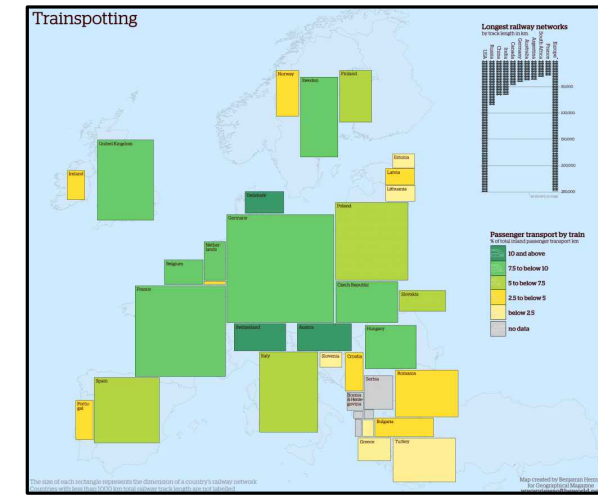
Nichtzusammenhängende Flächenkartogramme:
Fläche proportional zur Bevölkerung



Zusammenhängende Flächenkartogramme:
Diffusionsprozess



Dorlingkartogramme: Kreisscheiben proportionaler Größe



Rechteckskartogramme: jede Region als Rechteck

Flächenkartogramme

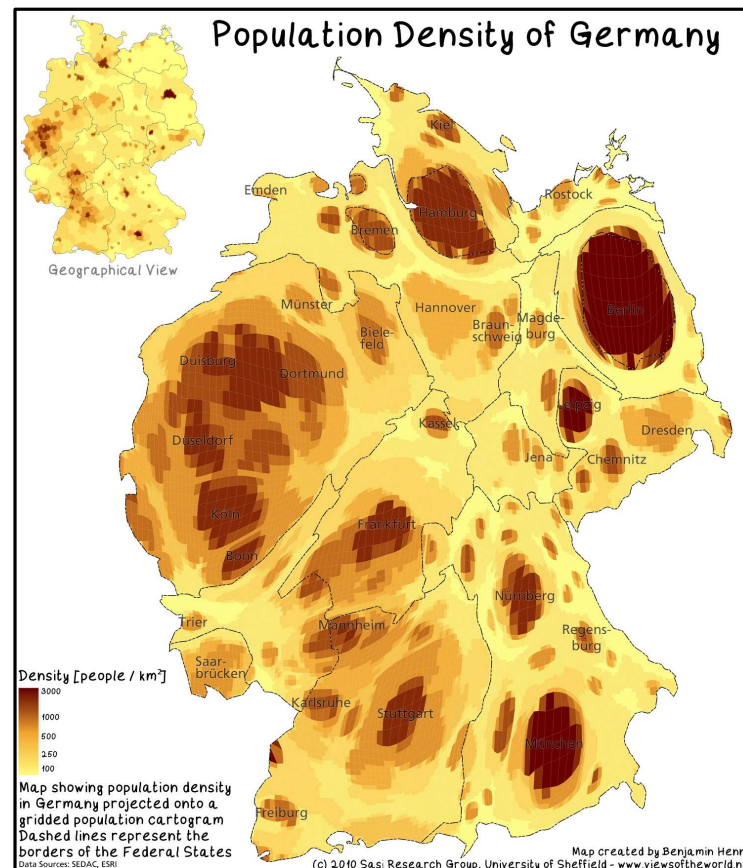


Ein **Flächenkartogramm** (dt. *Kartenanamorphote*) ist eine Kartendarstellung, in der jede Flächeneinheit proportional zu einer externen Größe und nicht mehr zur tatsächlichen Fläche ist (z.B. Bevölkerungszahl).

Flächenkartogramme

Ein **Flächenkartogramm** (dt. *Kartenanamorphote*) ist eine Kartendarstellung, in der jede Flächeneinheit proportional zu einer externen Größe und nicht mehr zur tatsächlichen Fläche ist (z.B. Bevölkerungszahl).

➔ Form, Lage und Nachbarschaften der Regionen werden verzerrt

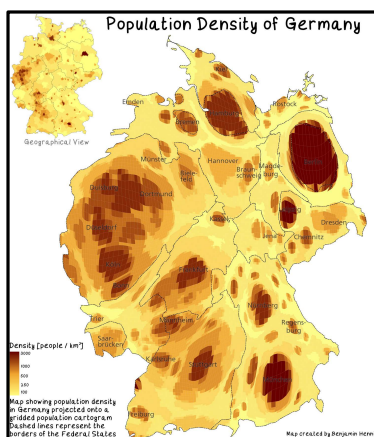


Flächenkartogramme



Ein **Flächenkartogramm** (dt. *Kartenanamorphote*) ist eine Kartendarstellung, in der jede Flächeneinheit proportional zu einer externen Größe und nicht mehr zur tatsächlichen Fläche ist (z.B. Bevölkerungszahl).

➔ Form, Lage und Nachbarschaften der Regionen werden verzerrt



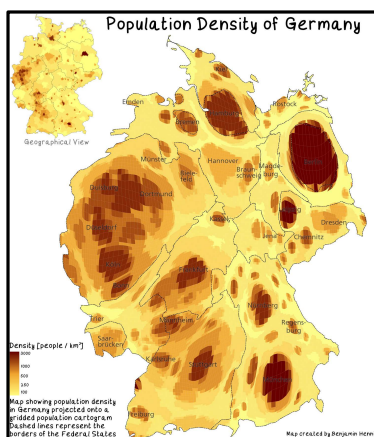
©Benjamin Hennig

Flächenkartogramme

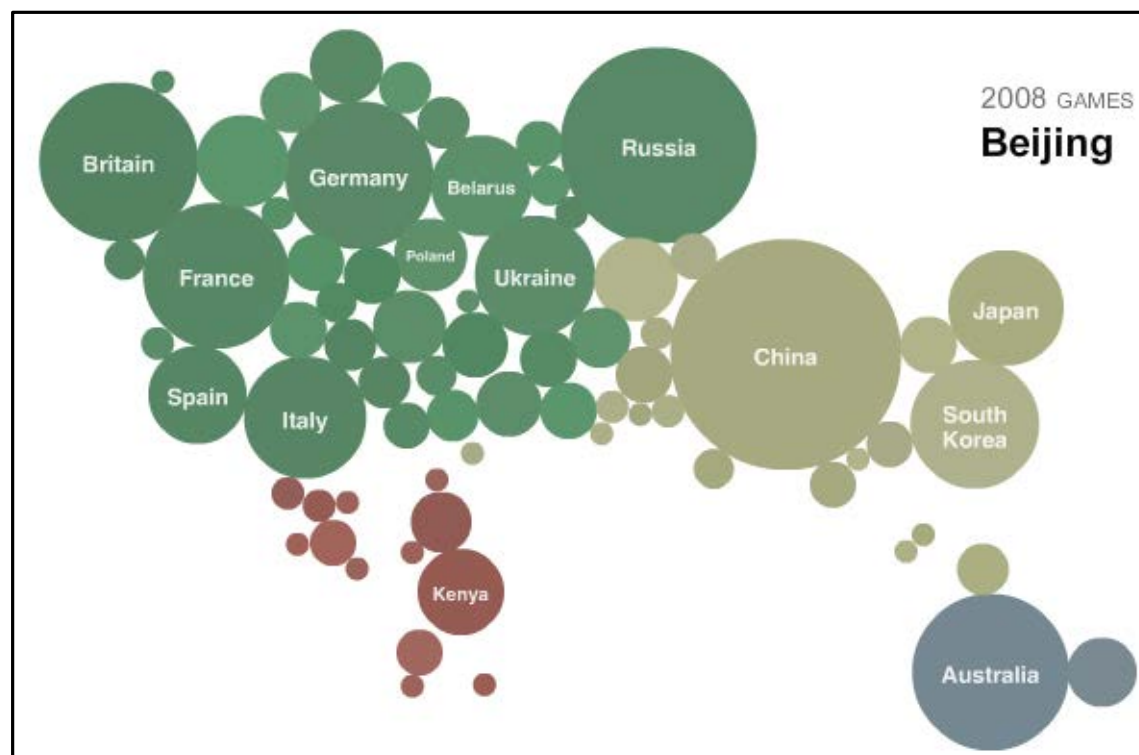


Ein **Flächenkartogramm** (dt. *Kartenanamorphote*) ist eine Kartendarstellung, in der jede Flächeneinheit proportional zu einer externen Größe und nicht mehr zur tatsächlichen Fläche ist (z.B. Bevölkerungszahl).

➔ Form, Lage und Nachbarschaften der Regionen werden verzerrt



©Benjamin Hennig



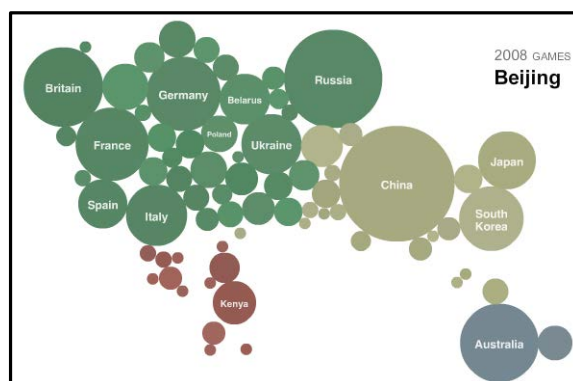
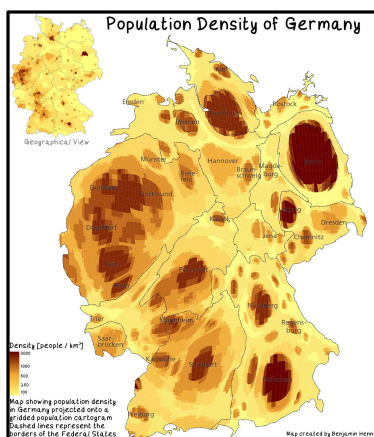
©New York Times

Flächenkartogramme



Ein **Flächenkartogramm** (dt. *Kartenanamorphote*) ist eine Kartendarstellung, in der jede Flächeneinheit proportional zu einer externen Größe und nicht mehr zur tatsächlichen Fläche ist (z.B. Bevölkerungszahl).

➔ Form, Lage und Nachbarschaften der Regionen werden verzerrt

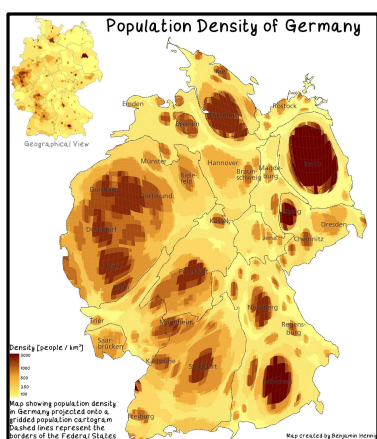


Flächenkartogramme

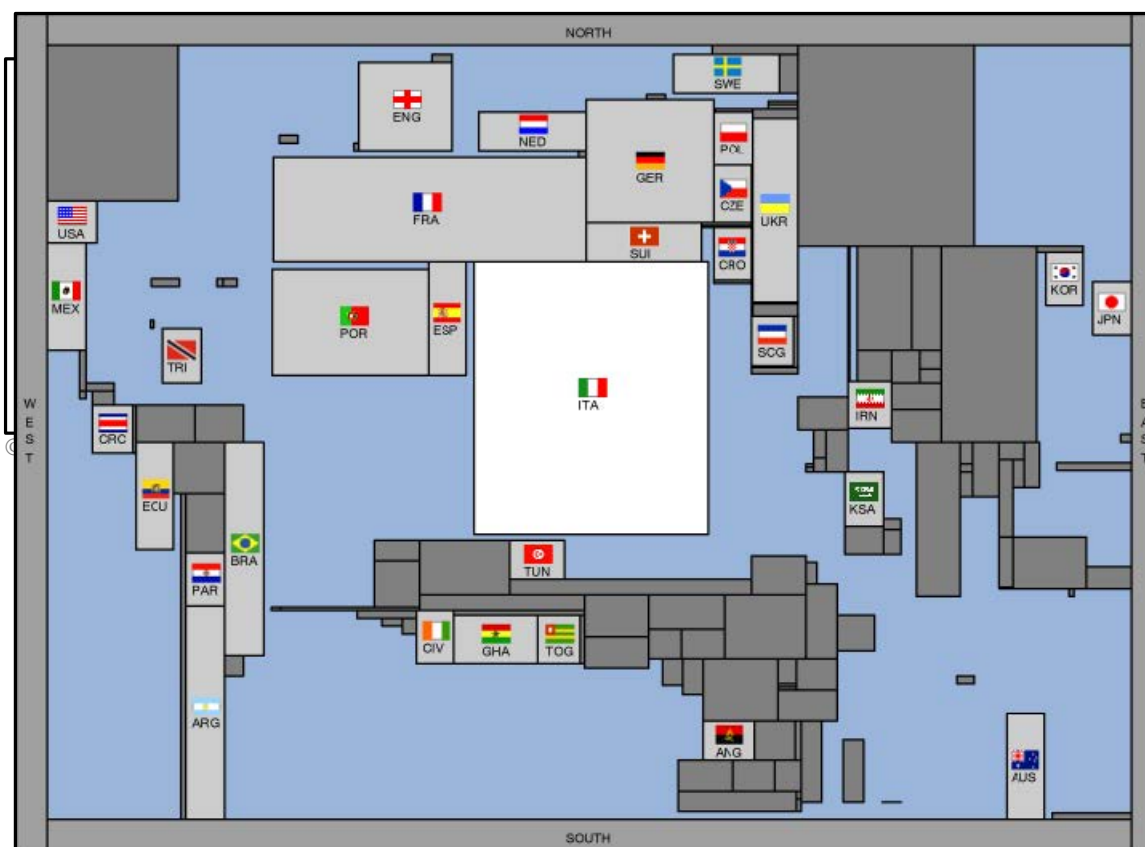


Ein **Flächenkartogramm** (dt. *Kartenanamorphote*) ist eine Kartendarstellung, in der jede Flächeneinheit proportional zu einer externen Größe und nicht mehr zur tatsächlichen Fläche ist (z.B. Bevölkerungszahl).

➔ Form, Lage und Nachbarschaften der Regionen werden verzerrt



©Benjamin Hennig

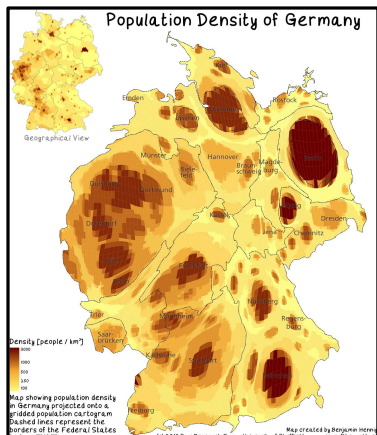


©Bettina Speckmann

Flächenkartogramme

Ein **Flächenkartogramm** (dt. *Kartenanamorphote*) ist eine Kartendarstellung, in der jede Flächeneinheit proportional zu einer externen Größe und nicht mehr zur tatsächlichen Fläche ist (z.B. Bevölkerungszahl).

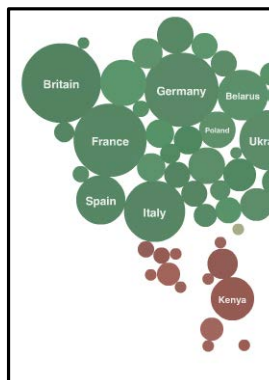
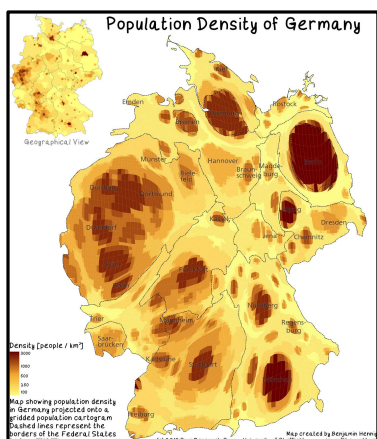
- ➡ Form, Lage und Nachbarschaften der Regionen werden verzerrt



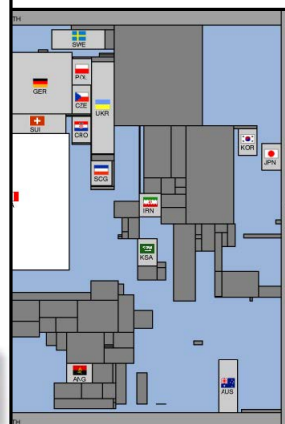
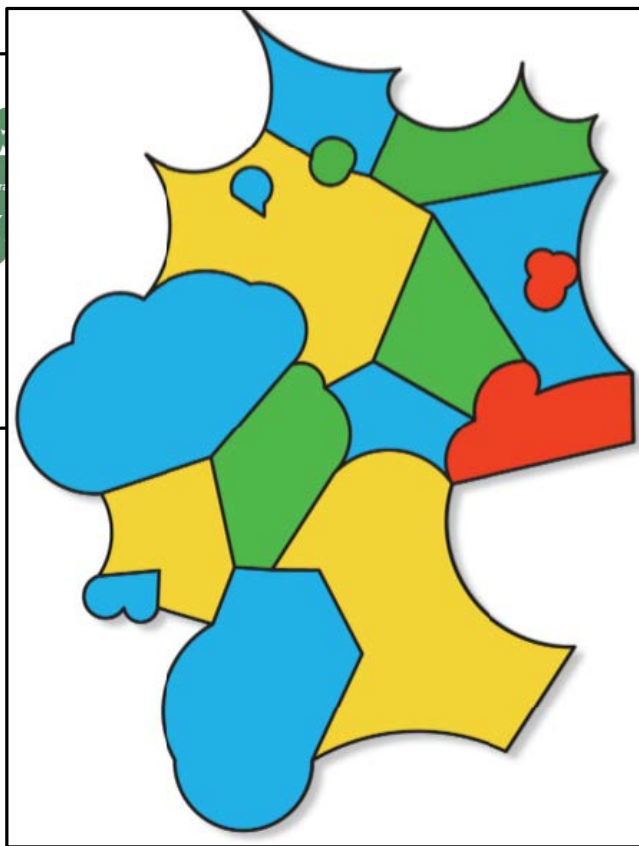
Flächenkartogramme

Ein **Flächenkartogramm** (dt. *Kartenanamorphote*) ist eine Kartendarstellung, in der jede Flächeneinheit proportional zu einer externen Größe und nicht mehr zur tatsächlichen Fläche ist (z.B. Bevölkerungszahl).

➔ Form, Lage und Nachbarschaften der Regionen werden verzerrt



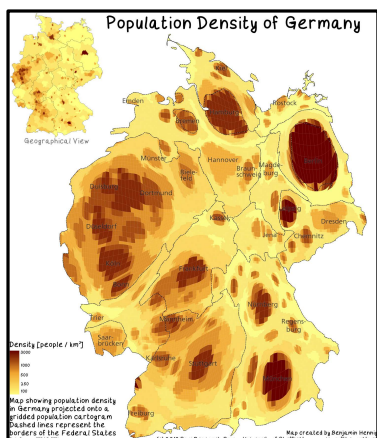
©New York Times



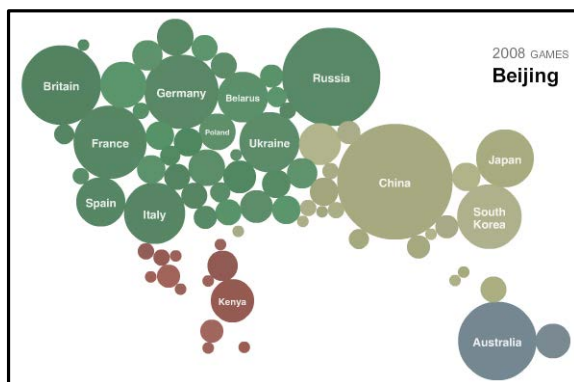
Flächenkartogramme

Ein **Flächenkartogramm** (dt. *Kartenanamorphote*) ist eine Kartendarstellung, in der jede Flächeneinheit proportional zu einer externen Größe und nicht mehr zur tatsächlichen Fläche ist (z.B. Bevölkerungszahl).

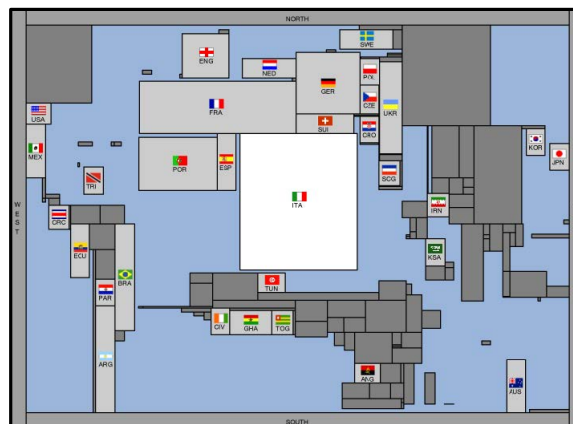
➔ Form, Lage und Nachbarschaften der Regionen werden verzerrt



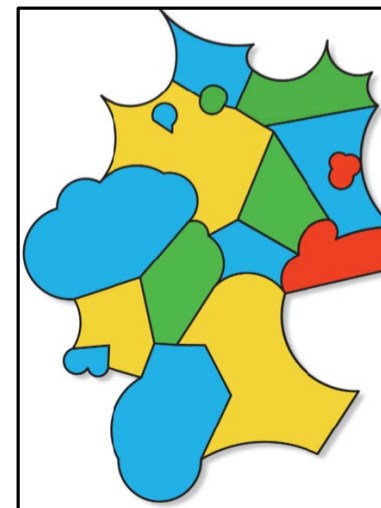
©Benjamin Hennig



©New York Times



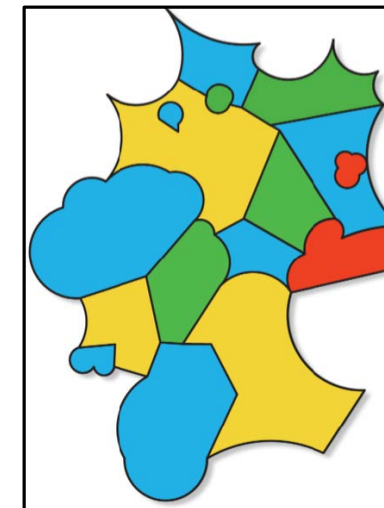
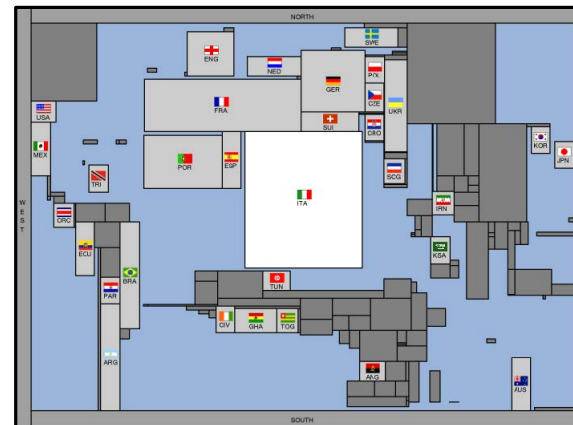
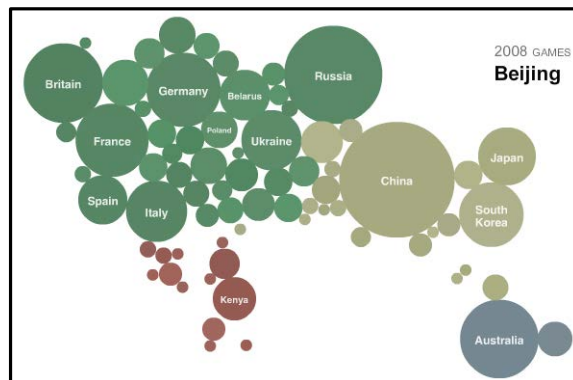
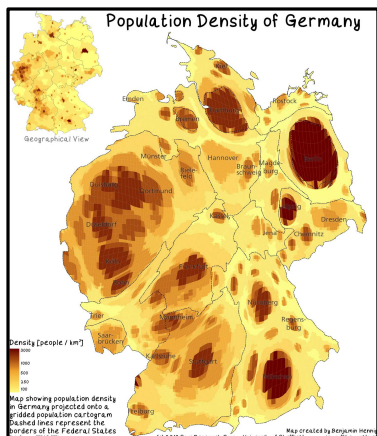
©Bettina Speckmann



Flächenkartogramme

Ein **Flächenkartogramm** (dt. *Kartenanamorphote*) ist eine Kartendarstellung, in der jede Flächeneinheit proportional zu einer externen Größe und nicht mehr zur tatsächlichen Fläche ist (z.B. Bevölkerungszahl).

➔ Form, Lage und Nachbarschaften der Regionen werden verzerrt

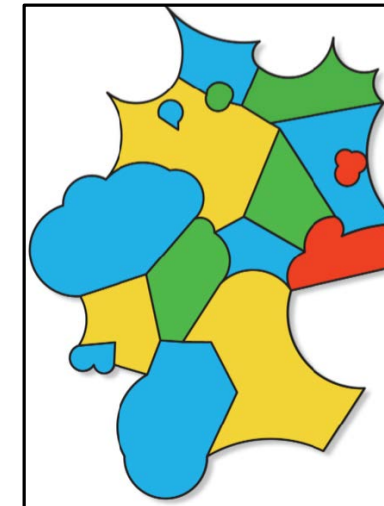
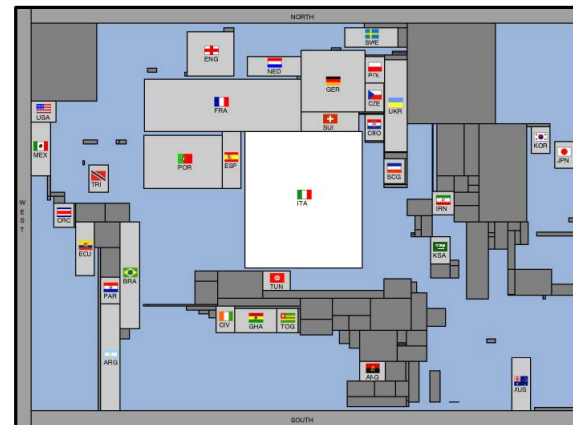
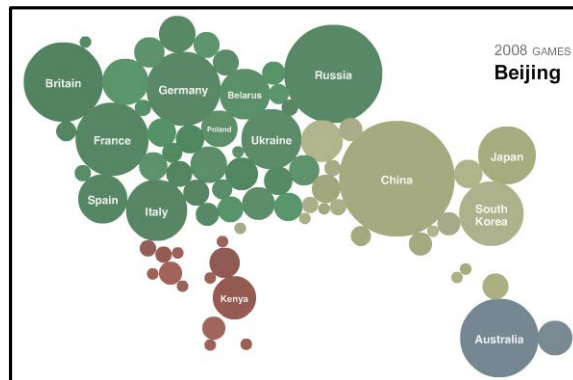
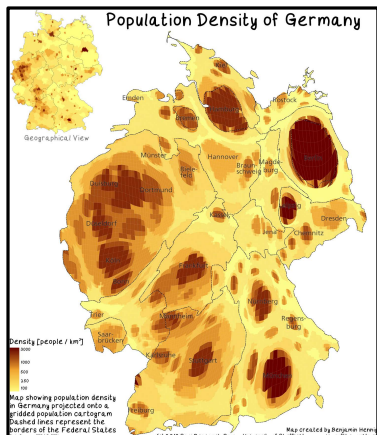


Welche Kriterien bestimmen die Qualität eines Kartogramms?

Flächenkartogramme

Ein **Flächenkartogramm** (dt. *Kartenanamorphote*) ist eine Kartendarstellung, in der jede Flächeneinheit proportional zu einer externen Größe und nicht mehr zur tatsächlichen Fläche ist (z.B. Bevölkerungszahl).

➔ Form, Lage und Nachbarschaften der Regionen werden verzerrt

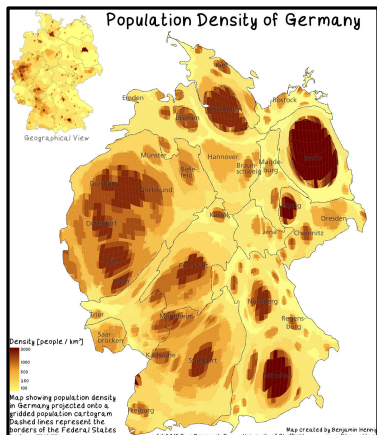


Qualitätskriterien.

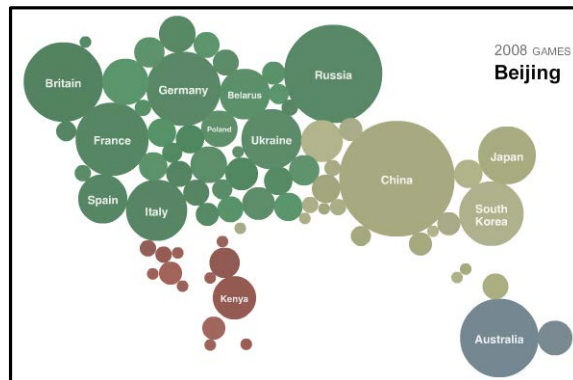
Flächenkartogramme

Ein **Flächenkartogramm** (dt. *Kartenanamorphote*) ist eine Kartendarstellung, in der jede Flächeneinheit proportional zu einer externen Größe und nicht mehr zur tatsächlichen Fläche ist (z.B. Bevölkerungszahl).

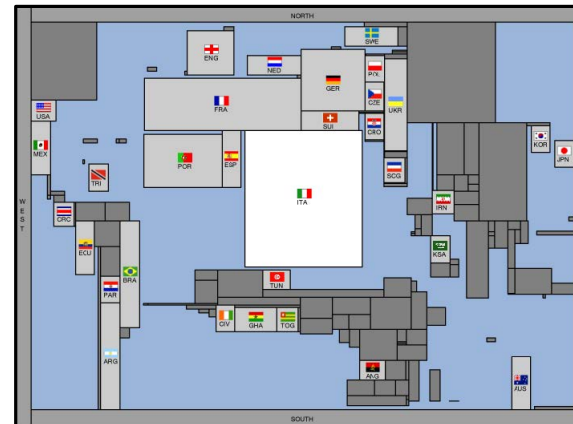
➔ Form, Lage und Nachbarschaften der Regionen werden verzerrt



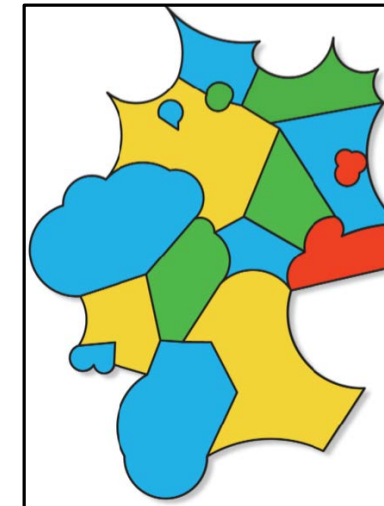
©Benjamin Hennig



©New York Times



©Bettina Speckmann



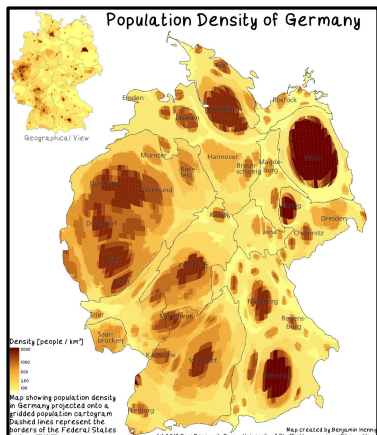
Qualitätskriterien.

■ Wiedererkennbarkeit der Form

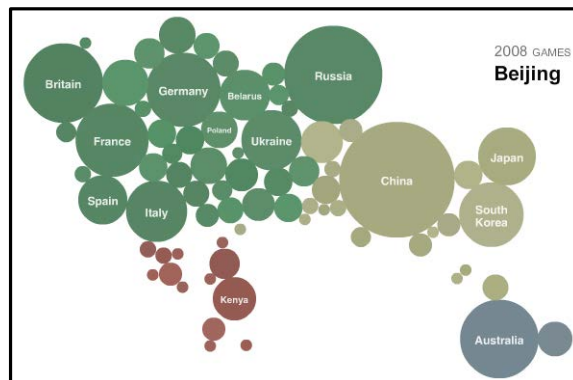
Flächenkartogramme

Ein **Flächenkartogramm** (dt. *Kartenanamorphote*) ist eine Kartendarstellung, in der jede Flächeneinheit proportional zu einer externen Größe und nicht mehr zur tatsächlichen Fläche ist (z.B. Bevölkerungszahl).

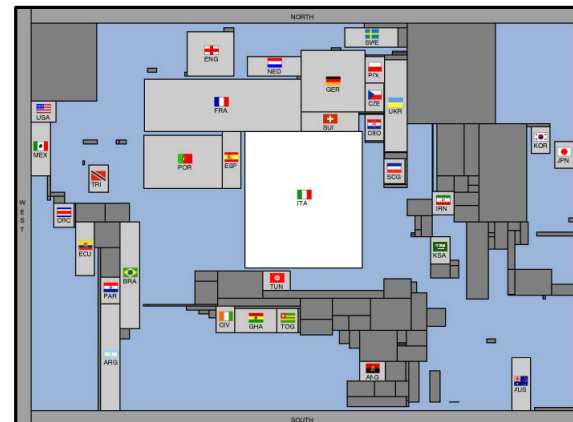
➔ Form, Lage und Nachbarschaften der Regionen werden verzerrt



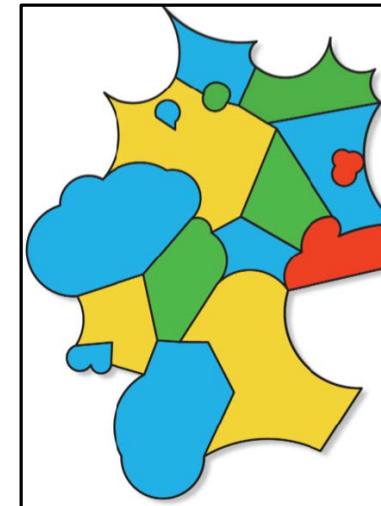
©Benjamin Hennig



©New York Times



©Bettina Speckmann



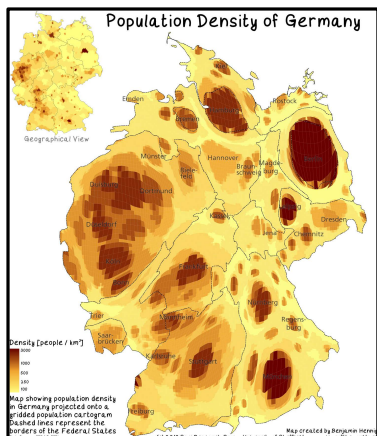
Qualitätskriterien.

- Wiedererkennbarkeit der Form
- Vergleichbarkeit

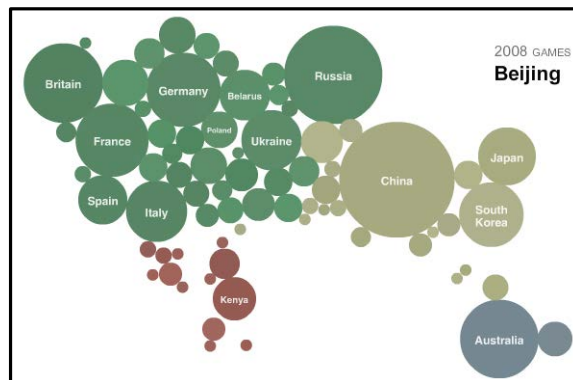
Flächenkartogramme

Ein **Flächenkartogramm** (dt. *Kartenanamorphote*) ist eine Kartendarstellung, in der jede Flächeneinheit proportional zu einer externen Größe und nicht mehr zur tatsächlichen Fläche ist (z.B. Bevölkerungszahl).

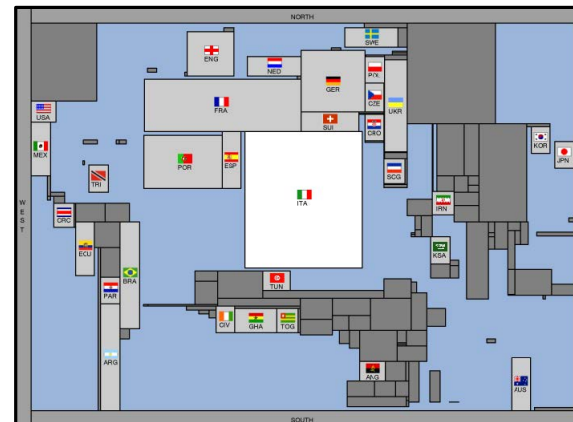
➔ Form, Lage und Nachbarschaften der Regionen werden verzerrt



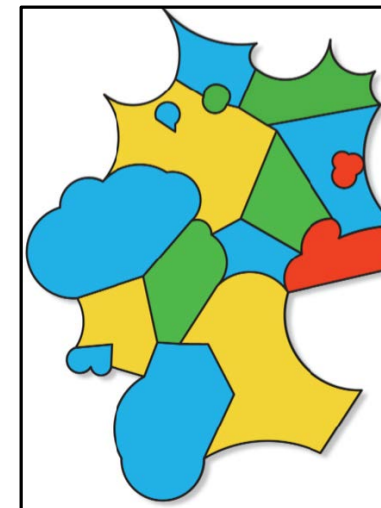
©Benjamin Hennig



©New York Times



©Bettina Speckmann



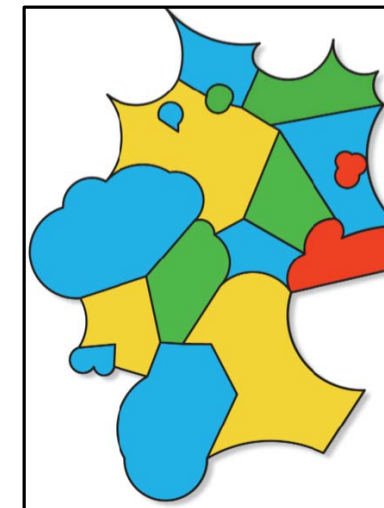
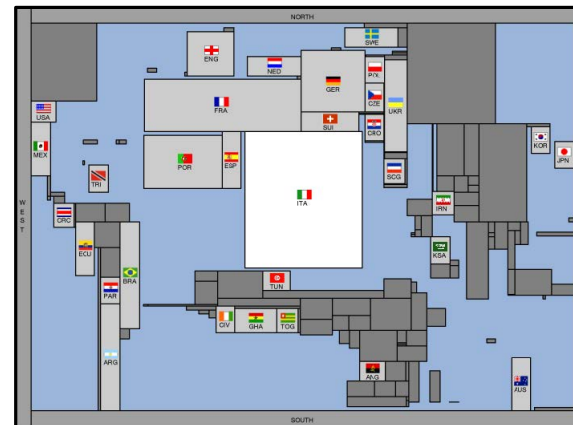
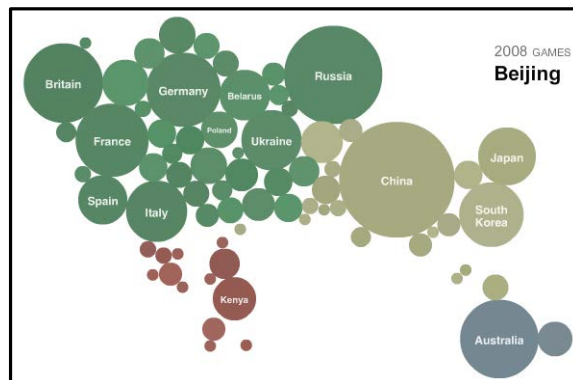
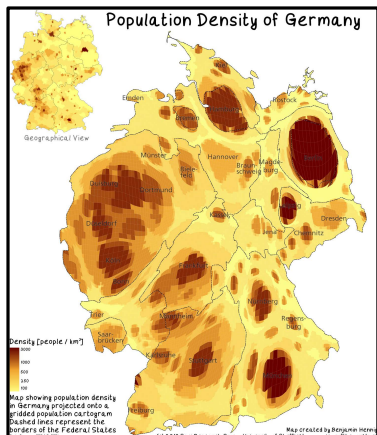
Qualitätskriterien.

- Wiedererkennbarkeit der Form
- Vergleichbarkeit
- Lage der Regionen

Flächenkartogramme

Ein **Flächenkartogramm** (dt. *Kartenanamorphote*) ist eine Kartendarstellung, in der jede Flächeneinheit proportional zu einer externen Größe und nicht mehr zur tatsächlichen Fläche ist (z.B. Bevölkerungszahl).

➔ Form, Lage und Nachbarschaften der Regionen werden verzerrt



Qualitätskriterien.

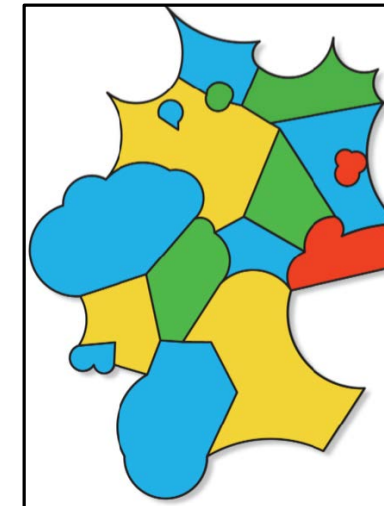
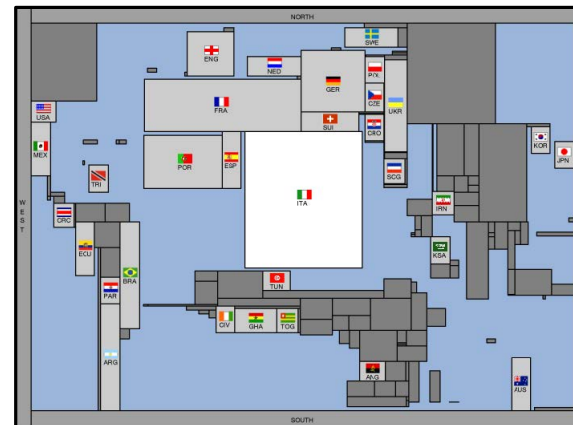
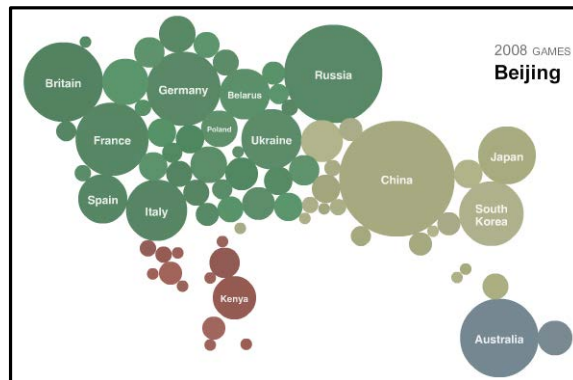
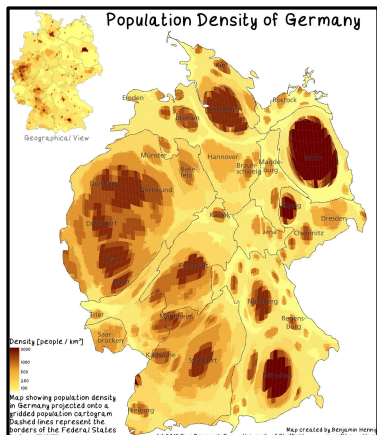
- Wiedererkennbarkeit der Form
- Vergleichbarkeit
- Lage der Regionen

■ korrekte Adjazenzen

Flächenkartogramme

Ein **Flächenkartogramm** (dt. *Kartenanamorphote*) ist eine Kartendarstellung, in der jede Flächeneinheit proportional zu einer externen Größe und nicht mehr zur tatsächlichen Fläche ist (z.B. Bevölkerungszahl).

➔ Form, Lage und Nachbarschaften der Regionen werden verzerrt



Qualitätskriterien.

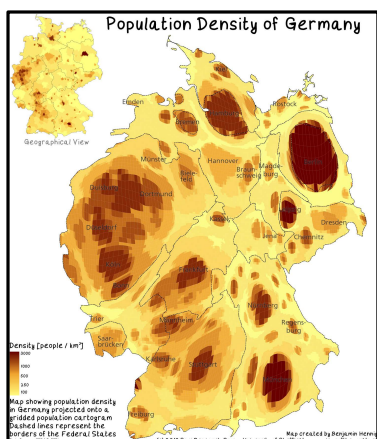
- Wiedererkennbarkeit der Form
- Vergleichbarkeit
- Lage der Regionen

- korrekte Adjazenzen
- kleiner Flächenfehler

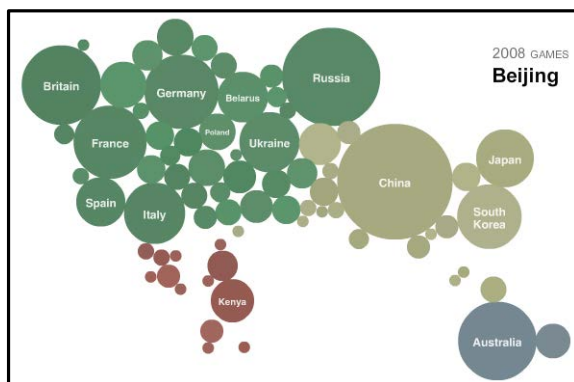
Flächenkartogramme

Ein **Flächenkartogramm** (dt. *Kartenanamorphote*) ist eine Kartendarstellung, in der jede Flächeneinheit proportional zu einer externen Größe und nicht mehr zur tatsächlichen Fläche ist (z.B. Bevölkerungszahl).

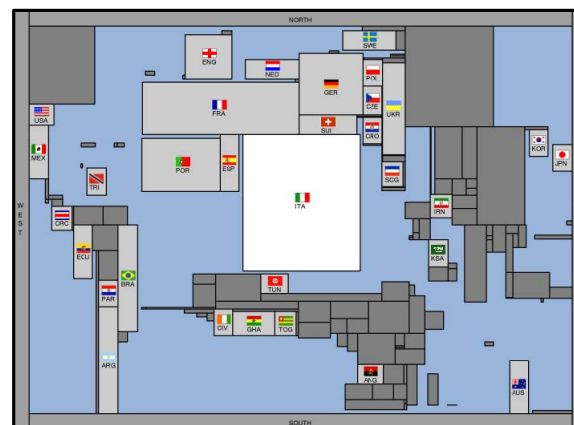
➔ Form, Lage und Nachbarschaften der Regionen werden verzerrt



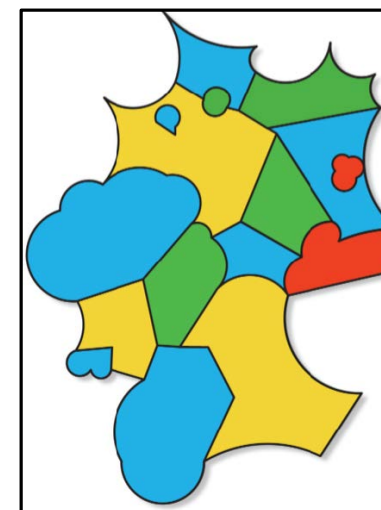
©Benjamin Hennig



©New York Times



©Bettina Speckmann



Qualitätskriterien.

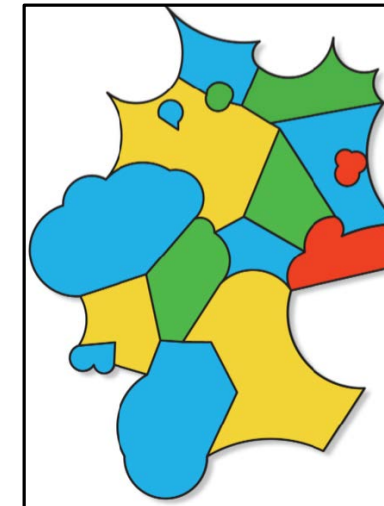
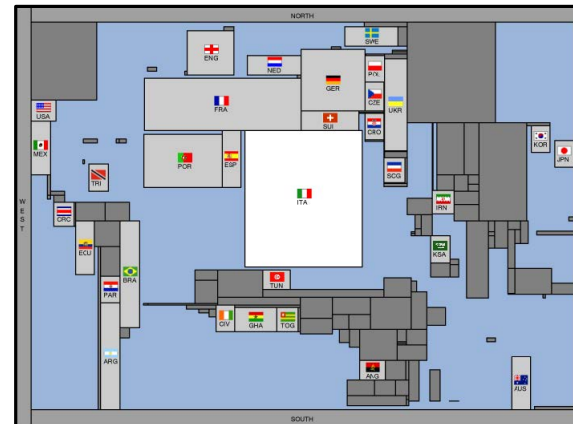
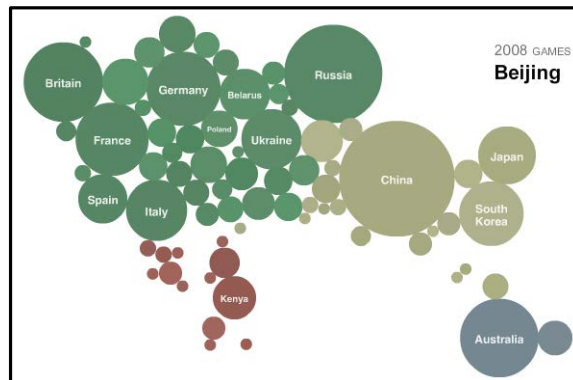
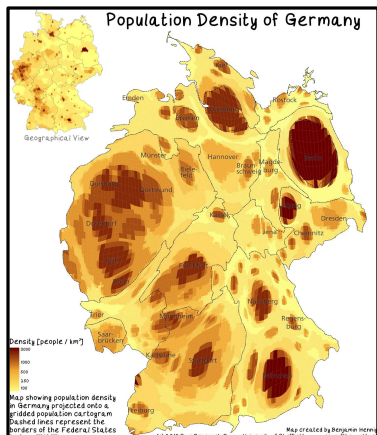
- Wiedererkennbarkeit der Form
- Vergleichbarkeit
- Lage der Regionen

- korrekte Adjazenzen
- kleiner Flächenfehler
- geringe Komplexität

Flächenkartogramme

Ein **Flächenkartogramm** (dt. *Kartenanamorphote*) ist eine Kartendarstellung, in der jede Flächeneinheit proportional zu einer externen Größe und nicht mehr zur tatsächlichen Fläche ist (z.B. Bevölkerungszahl).

➔ Form, Lage und Nachbarschaften der Regionen werden verzerrt



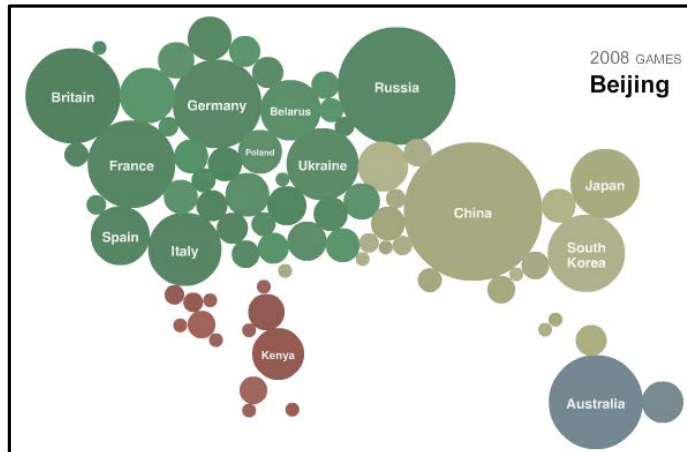
Qualitätskriterien.

- Wiedererkennbarkeit der Form
- Vergleichbarkeit
- Lage der Regionen

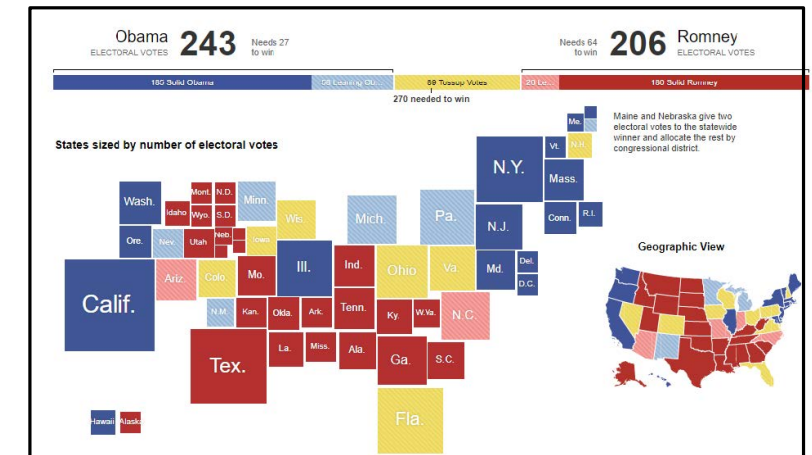
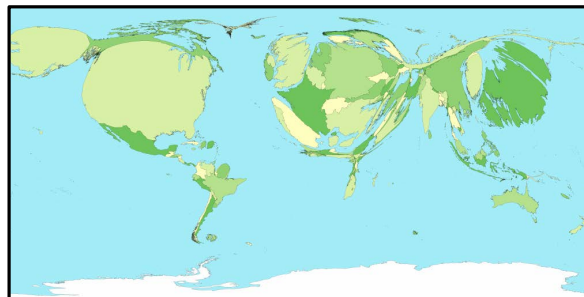
- korrekte Adjazenzen
- kleiner Flächenfehler
- geringe Komplexität
- Ablesbarkeit der Größe

Algorithmen für geographische Informationssysteme

12. Vorlesung Kartogramme



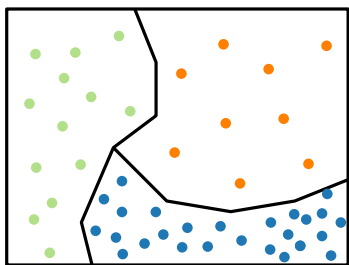
Teil II: Diffusionskartogramme



Kartenprojektion durch Diffusion [Gastner, Newman '04]



- Bevölkerungsdichte in Standardkarte sehr unterschiedlich



Michael T. Gastner



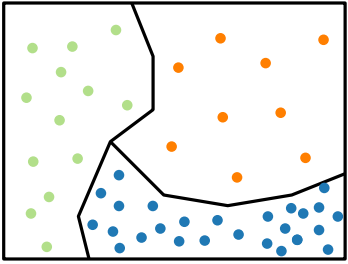
Mark Newman

Kartenprojektion durch Diffusion

[Gastner, Newman '04]



- Bevölkerungsdichte in Standardkarte sehr unterschiedlich
- ideales Kartogramm hat überall die gleiche Dichte



Michael T. Gastner

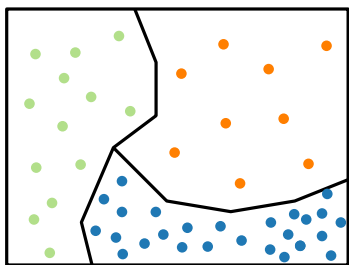


Mark Newman

Kartenprojektion durch Diffusion [Gastner, Newman '04]



- Bevölkerungsdichte in Standardkarte sehr unterschiedlich
- ideales Kartogramm hat überall die gleiche Dichte
- modelliere Dichteausgleich als physikalischen Diffusionsprozess



Michael T. Gastner

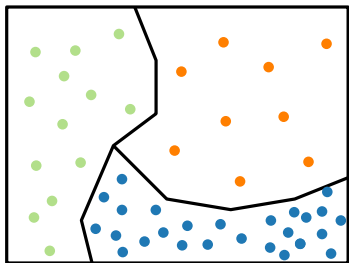


Mark Newman

Kartenprojektion durch Diffusion [Gastner, Newman '04]



- Bevölkerungsdichte in Standardkarte sehr unterschiedlich
- ideales Kartogramm hat überall die gleiche Dichte
- modelliere Dichteausgleich als physikalischen Diffusionsprozess
→ ergibt Transformation $T: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$



Michael T. Gastner



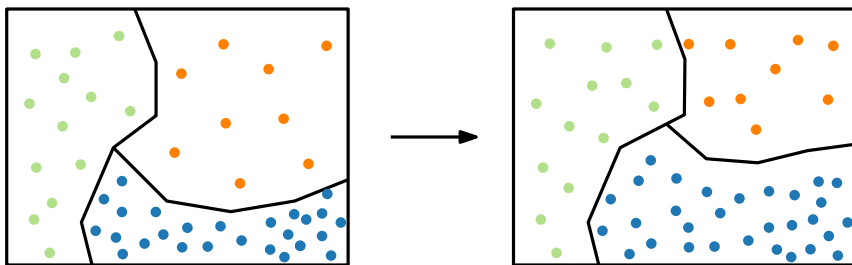
Mark Newman

Kartenprojektion durch Diffusion

[Gastner, Newman '04]



- Bevölkerungsdichte in Standardkarte sehr unterschiedlich
- ideales Kartogramm hat überall die gleiche Dichte
- modelliere Dichteausgleich als physikalischen Diffusionsprozess
 - ➔ ergibt Transformation $T: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$



Michael T. Gastner



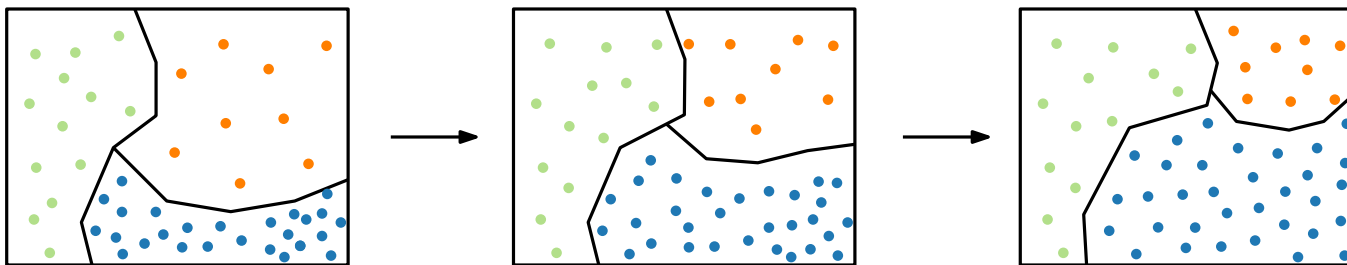
Mark Newman

Kartenprojektion durch Diffusion

[Gastner, Newman '04]



- Bevölkerungsdichte in Standardkarte sehr unterschiedlich
- ideales Kartogramm hat überall die gleiche Dichte
- modelliere Dichteausgleich als physikalischen Diffusionsprozess
→ ergibt Transformation $T: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$



Michael T. Gastner



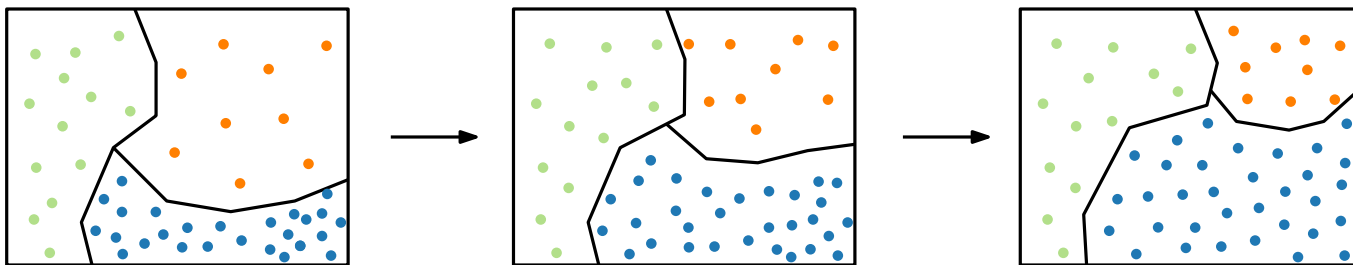
Mark Newman

Kartenprojektion durch Diffusion

[Gastner, Newman '04]



- Bevölkerungsdichte in Standardkarte sehr unterschiedlich
- ideales Kartogramm hat überall die gleiche Dichte
- modelliere Dichteausgleich als physikalischen Diffusionsprozess
 - ➔ ergibt Transformation $T: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$



- Diffusionsgleichung ist partielle Differentialgleichung



Michael T. Gastner

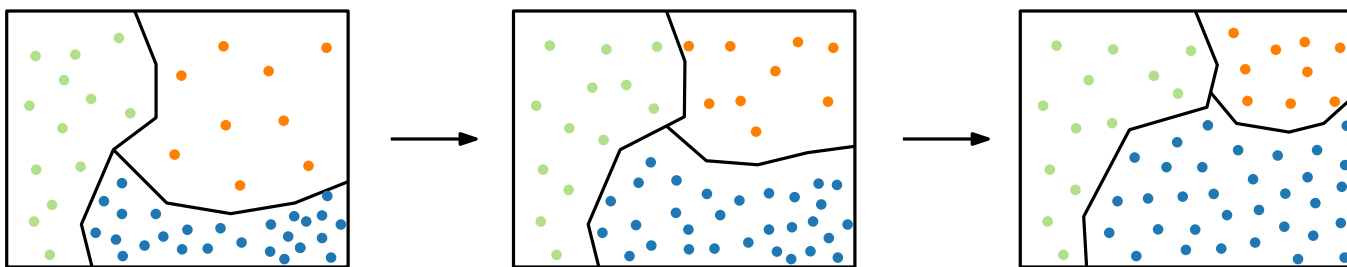


Mark Newman

Kartenprojektion durch Diffusion [Gastner, Newman '04]



- Bevölkerungsdichte in Standardkarte sehr unterschiedlich
- ideales Kartogramm hat überall die gleiche Dichte
- modelliere Dichtenausgleich als physikalischen Diffusionsprozess
→ ergibt Transformation $T: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$



- Diffusionsgleichung ist partielle Differentialgleichung

$$\rho(\mathbf{r}, t) = \frac{4}{L_x L_y} \sum_{\mathbf{k}} \tilde{\rho}(\mathbf{k}) \cos(k_x x) \cos(k_y y) \exp(-k^2 t), \quad [8]$$

where the sum is over all wave vectors $\mathbf{k} = (k_x, k_y) = 2\pi(m/L_x, n/L_y)$, with m and n nonnegative integers, and $\tilde{\rho}(\mathbf{k})$ is the discrete cosine transform of $\rho(\mathbf{r}, t = 0)$:

$$\tilde{\rho}(\mathbf{k}) = \frac{1}{4}(\delta_{k_x,0} + 1)(\delta_{k_y,0} + 1) \times \int_0^{L_x} \int_0^{L_y} \rho(\mathbf{r}, 0) \cos(k_x x) \cos(k_y y) dx dy, \quad [9]$$

where δ_{ij} is the Kronecker symbol. The velocity field $\mathbf{v}$ is then easily calculated from Eqs. 6 and 8 and has components

$$v_x(\mathbf{r}, t) = \frac{\sum_{\mathbf{k}} k_x \tilde{\rho}(\mathbf{k}) \sin(k_x x) \cos(k_y y) \exp(-k^2 t)}{\sum_{\mathbf{k}} \tilde{\rho}(\mathbf{k}) \cos(k_x x) \cos(k_y y) \exp(-k^2 t)}, \quad [10a]$$

$$v_y(\mathbf{r}, t) = \frac{\sum_{\mathbf{k}} k_y \tilde{\rho}(\mathbf{k}) \cos(k_x x) \sin(k_y y) \exp(-k^2 t)}{\sum_{\mathbf{k}} \tilde{\rho}(\mathbf{k}) \cos(k_x x) \cos(k_y y) \exp(-k^2 t)}. \quad [10b]$$

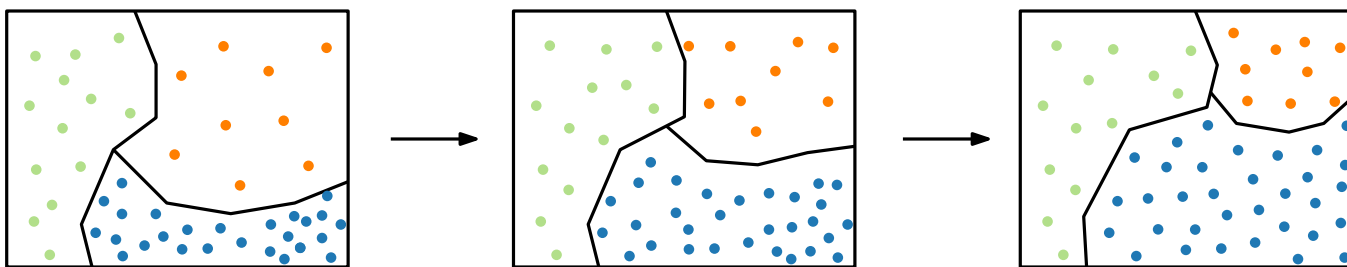
It is straightforward to see that our diffusion cartogram satisfies the fundamental definition, Eq. 1, of a cartogram. In the limit $t \rightarrow \infty$, Eq. 8 is dominated by the $\mathbf{k} = 0$ term and gives

$$\rho(\mathbf{r}, \infty) = \frac{4\tilde{\rho}(0)}{L_x L_y} = \frac{1}{L_x L_y} \int_0^{L_x} \int_0^{L_y} \rho(\mathbf{r}, 0) dx dy = \bar{\rho}, \quad [11]$$

Kartenprojektion durch Diffusion [Gastner, Newman '04]



- Bevölkerungsdichte in Standardkarte sehr unterschiedlich
- ideales Kartogramm hat überall die gleiche Dichte
- modelliere Dichtenausgleich als physikalischen Diffusionsprozess
→ ergibt Transformation $T: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$



- Diffusionsgleichung ist partielle Differentialgleichung
- Implementierung nutzt Fouriertransformation und numerische Lösungsverfahren

$$\rho(\mathbf{r}, t) = \frac{4}{L_x L_y} \sum_{\mathbf{k}} \tilde{\rho}(\mathbf{k}) \cos(k_x x) \cos(k_y y) \exp(-k^2 t), \quad [8]$$

where the sum is over all wave vectors $\mathbf{k} = (k_x, k_y) = 2\pi(m/L_x, n/L_y)$, with m and n nonnegative integers, and $\tilde{\rho}(\mathbf{k})$ is the discrete cosine transform of $\rho(\mathbf{r}, t = 0)$:

$$\tilde{\rho}(\mathbf{k}) = \frac{1}{4}(\delta_{k_x,0} + 1)(\delta_{k_y,0} + 1) \times \int_0^{L_x} \int_0^{L_y} \rho(\mathbf{r}, 0) \cos(k_x x) \cos(k_y y) dx dy, \quad [9]$$

where δ_{ij} is the Kronecker symbol. The velocity field $\mathbf{v}$ is then easily calculated from Eqs. 6 and 8 and has components

$$v_x(\mathbf{r}, t) = \frac{\sum_{\mathbf{k}} k_x \tilde{\rho}(\mathbf{k}) \sin(k_x x) \cos(k_y y) \exp(-k^2 t)}{\sum_{\mathbf{k}} \tilde{\rho}(\mathbf{k}) \cos(k_x x) \cos(k_y y) \exp(-k^2 t)}, \quad [10a]$$

$$v_y(\mathbf{r}, t) = \frac{\sum_{\mathbf{k}} k_y \tilde{\rho}(\mathbf{k}) \cos(k_x x) \sin(k_y y) \exp(-k^2 t)}{\sum_{\mathbf{k}} \tilde{\rho}(\mathbf{k}) \cos(k_x x) \cos(k_y y) \exp(-k^2 t)}. \quad [10b]$$

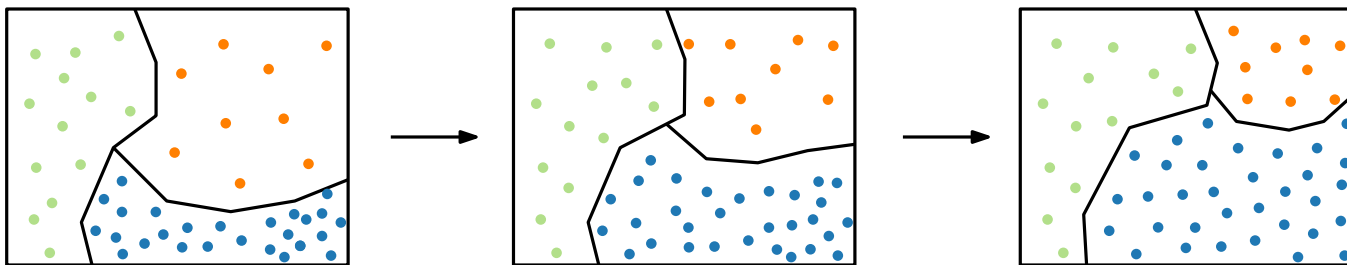
It is straightforward to see that our diffusion cartogram satisfies the fundamental definition, Eq. 1, of a cartogram. In the limit $t \rightarrow \infty$, Eq. 8 is dominated by the $\mathbf{k} = 0$ term and gives

$$\rho(\mathbf{r}, \infty) = \frac{4\tilde{\rho}(0)}{L_x L_y} = \frac{1}{L_x L_y} \int_0^{L_x} \int_0^{L_y} \rho(\mathbf{r}, 0) dx dy = \bar{\rho}, \quad [11]$$

Kartenprojektion durch Diffusion [Gastner, Newman '04]



- Bevölkerungsdichte in Standardkarte sehr unterschiedlich
- ideales Kartogramm hat überall die gleiche Dichte
- modelliere Dichtenausgleich als physikalischen Diffusionsprozess
→ ergibt Transformation $T: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$



- Diffusionsgleichung ist partielle Differentialgleichung
- Implementierung nutzt Fouriertransformation und numerische Lösungsverfahren
- asymptotisch konstante Dichte in ganzer Karte

$$\rho(\mathbf{r}, t) = \frac{4}{L_x L_y} \sum_{\mathbf{k}} \tilde{\rho}(\mathbf{k}) \cos(k_x x) \cos(k_y y) \exp(-k^2 t), \quad [8]$$

where the sum is over all wave vectors $\mathbf{k} = (k_x, k_y) = 2\pi(m/L_x, n/L_y)$, with m and n nonnegative integers, and $\tilde{\rho}(\mathbf{k})$ is the discrete cosine transform of $\rho(\mathbf{r}, t = 0)$:

$$\tilde{\rho}(\mathbf{k}) = \frac{1}{4}(\delta_{k_x,0} + 1)(\delta_{k_y,0} + 1) \times \int_0^{L_x} \int_0^{L_y} \rho(\mathbf{r}, 0) \cos(k_x x) \cos(k_y y) dx dy, \quad [9]$$

where δ_{ij} is the Kronecker symbol. The velocity field $\mathbf{v}$ is then easily calculated from Eqs. 6 and 8 and has components

$$v_x(\mathbf{r}, t) = \frac{\sum_{\mathbf{k}} k_x \tilde{\rho}(\mathbf{k}) \sin(k_x x) \cos(k_y y) \exp(-k^2 t)}{\sum_{\mathbf{k}} \tilde{\rho}(\mathbf{k}) \cos(k_x x) \cos(k_y y) \exp(-k^2 t)}, \quad [10a]$$

$$v_y(\mathbf{r}, t) = \frac{\sum_{\mathbf{k}} k_y \tilde{\rho}(\mathbf{k}) \cos(k_x x) \sin(k_y y) \exp(-k^2 t)}{\sum_{\mathbf{k}} \tilde{\rho}(\mathbf{k}) \cos(k_x x) \cos(k_y y) \exp(-k^2 t)}. \quad [10b]$$

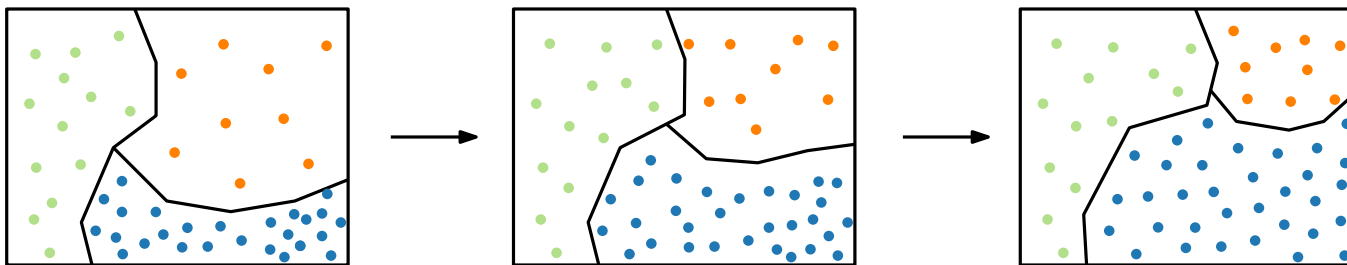
It is straightforward to see that our diffusion cartogram satisfies the fundamental definition, Eq. 1, of a cartogram. In the limit $t \rightarrow \infty$, Eq. 8 is dominated by the $\mathbf{k} = 0$ term and gives

$$\rho(\mathbf{r}, \infty) = \frac{4\tilde{\rho}(0)}{L_x L_y} = \frac{1}{L_x L_y} \int_0^{L_x} \int_0^{L_y} \rho(\mathbf{r}, 0) dx dy = \bar{\rho}, \quad [11]$$

Kartenprojektion durch Diffusion [Gastner, Newman '04]



- Bevölkerungsdichte in Standardkarte sehr unterschiedlich
- ideales Kartogramm hat überall die gleiche Dichte
- modelliere Dichtenausgleich als physikalischen Diffusionsprozess
→ ergibt Transformation $T: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$



- Diffusionsgleichung ist partielle Differentialgleichung
- Implementierung nutzt Fouriertransformation und numerische Lösungsverfahren
- asymptotisch konstante Dichte in ganzer Karte

$$\rho(\mathbf{r}, t) = \frac{4}{L_x L_y} \sum_{\mathbf{k}} \tilde{\rho}(\mathbf{k}) \cos(k_x x) \cos(k_y y) \exp(-k^2 t), \quad [8]$$

where the sum is over all wave vectors $\mathbf{k} = (k_x, k_y) = 2\pi(m/L_x, n/L_y)$, with m and n nonnegative integers, and $\tilde{\rho}(\mathbf{k})$ is the discrete cosine transform of $\rho(\mathbf{r}, t = 0)$:

$$\tilde{\rho}(\mathbf{k}) = \frac{1}{4}(\delta_{k_x,0} + 1)(\delta_{k_y,0} + 1) \times \int_0^{L_x} \int_0^{L_y} \rho(\mathbf{r}, 0) \cos(k_x x) \cos(k_y y) dx dy, \quad [9]$$

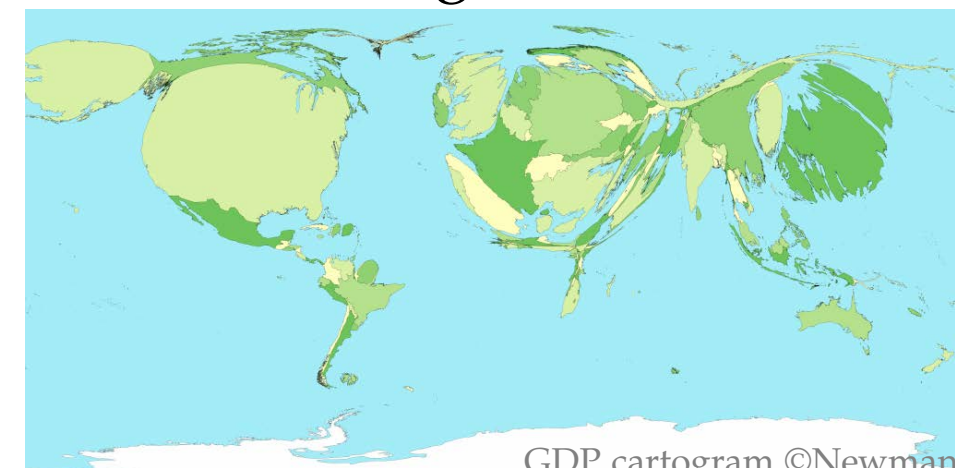
where δ_{ij} is the Kronecker symbol. The velocity field $\mathbf{v}$ is then easily calculated from Eqs. 6 and 8 and has components

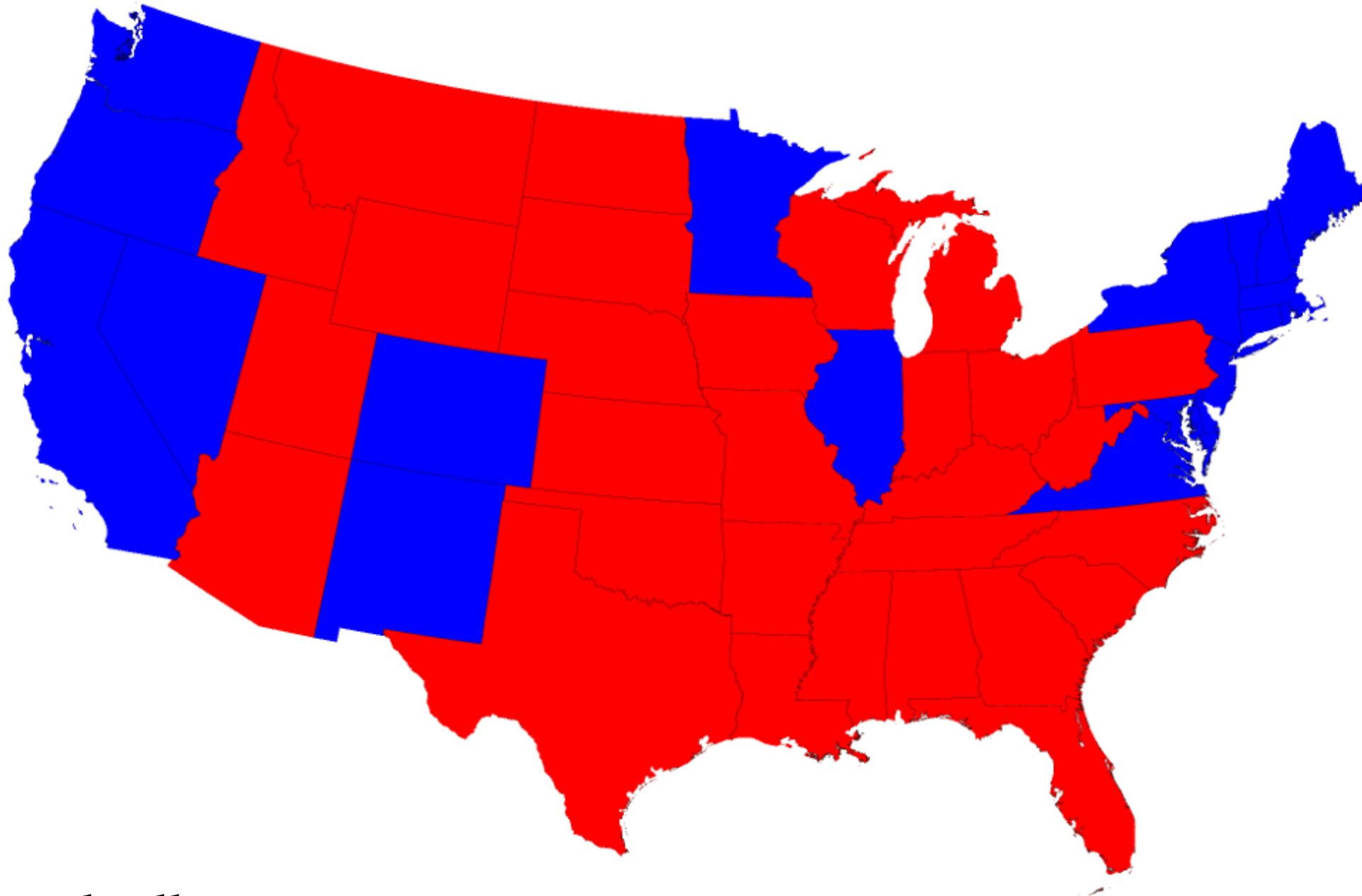
$$v_x(\mathbf{r}, t) = \frac{\sum_{\mathbf{k}} k_x \tilde{\rho}(\mathbf{k}) \sin(k_x x) \cos(k_y y) \exp(-k^2 t)}{\sum_{\mathbf{k}} \tilde{\rho}(\mathbf{k}) \cos(k_x x) \cos(k_y y) \exp(-k^2 t)}, \quad [10a]$$

$$v_y(\mathbf{r}, t) = \frac{\sum_{\mathbf{k}} k_y \tilde{\rho}(\mathbf{k}) \cos(k_x x) \sin(k_y y) \exp(-k^2 t)}{\sum_{\mathbf{k}} \tilde{\rho}(\mathbf{k}) \cos(k_x x) \cos(k_y y) \exp(-k^2 t)}. \quad [10b]$$

It is straightforward to see that our diffusion cartogram satisfies the fundamental definition, Eq. 1, of a cartogram. In the limit $t \rightarrow \infty$, Eq. 8 is dominated by the $\mathbf{k} = 0$ term and gives

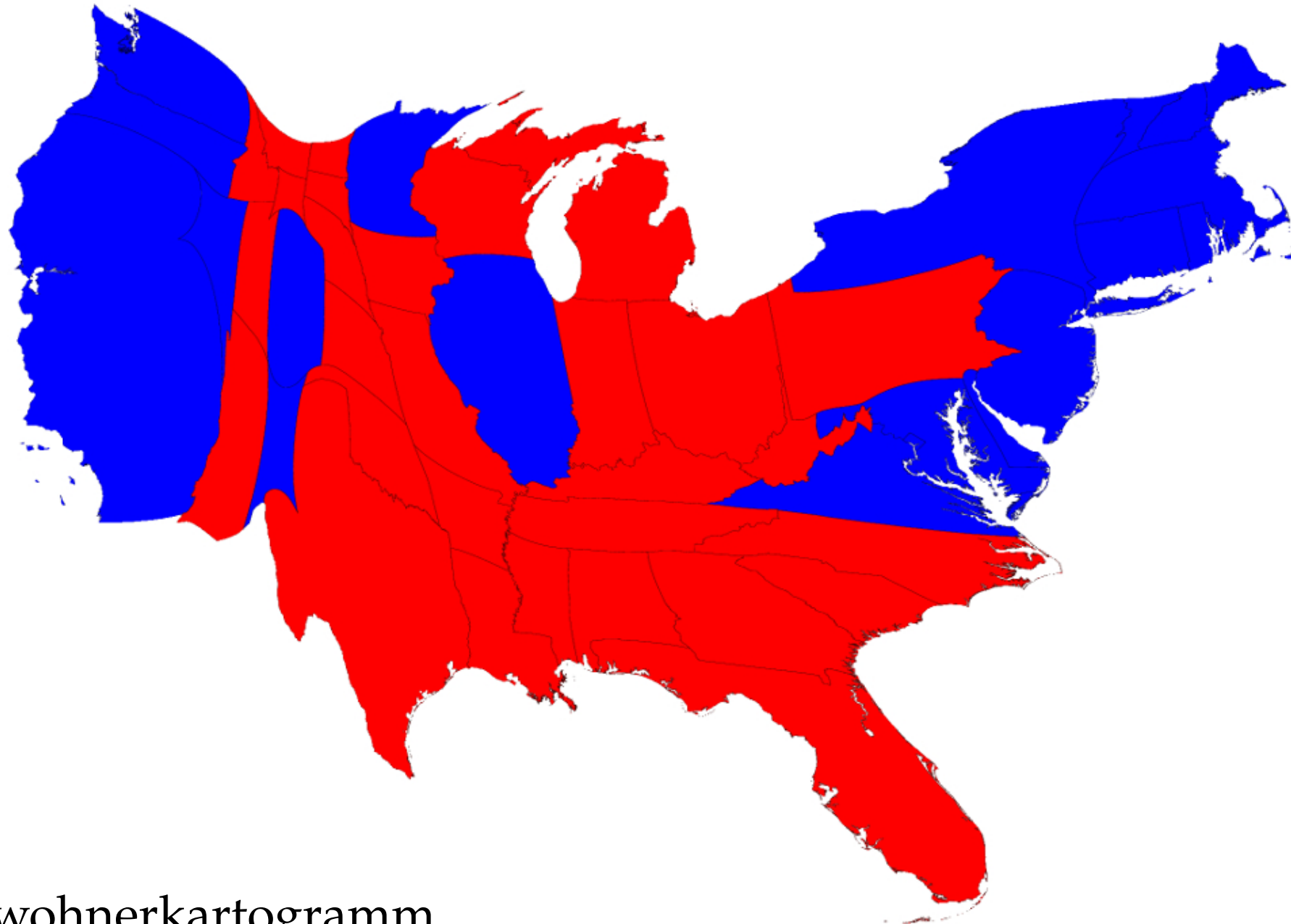
$$\rho(\mathbf{r}, \infty) = \frac{4\tilde{\rho}(0)}{L_x L_y} = \frac{1}{L_x L_y} \int_0^{L_x} \int_0^{L_y} \rho(\mathbf{r}, 0) dx dy = \bar{\rho}, \quad [11]$$





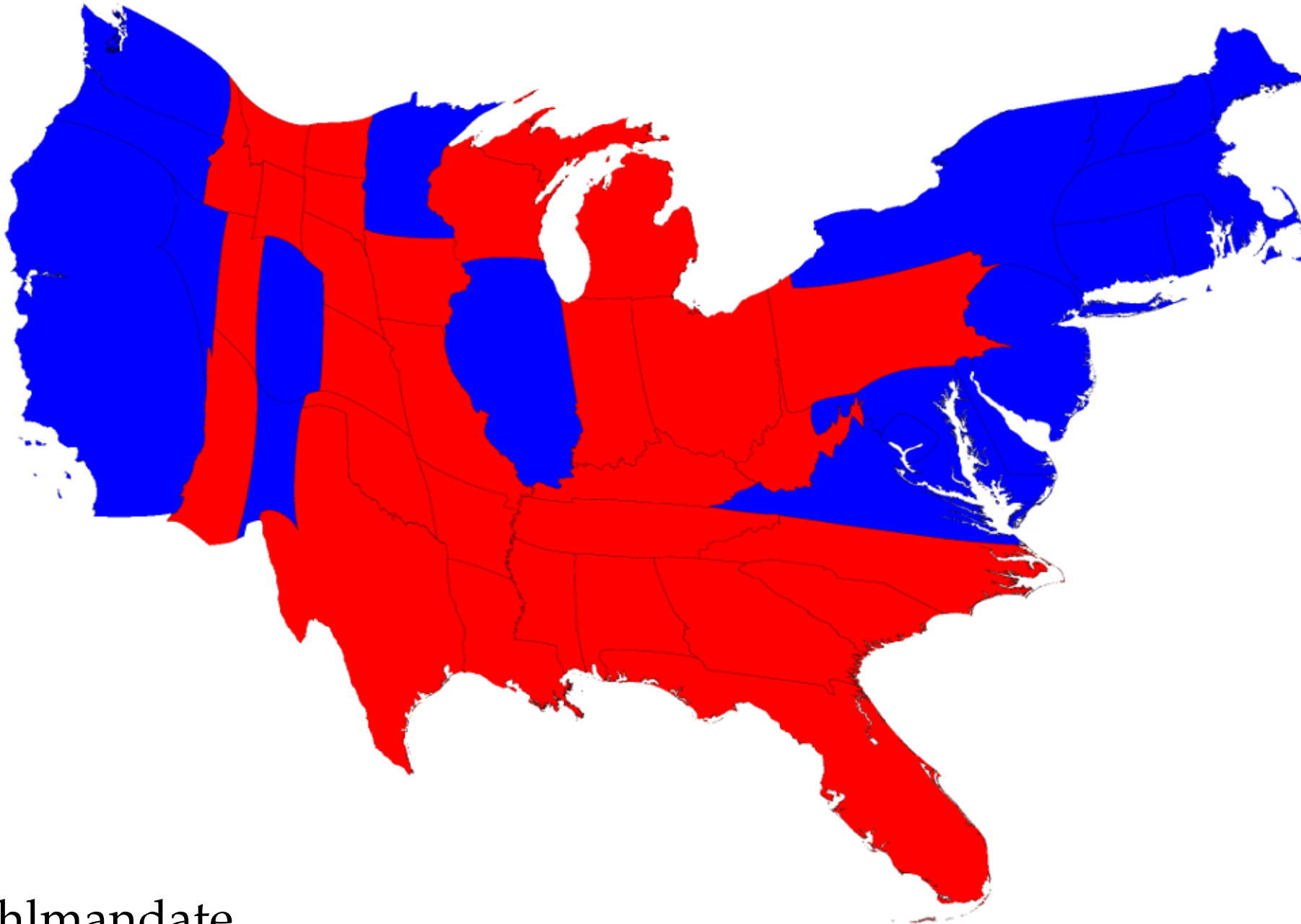
Standardkarte

2016 Präsidentschaftswahlen



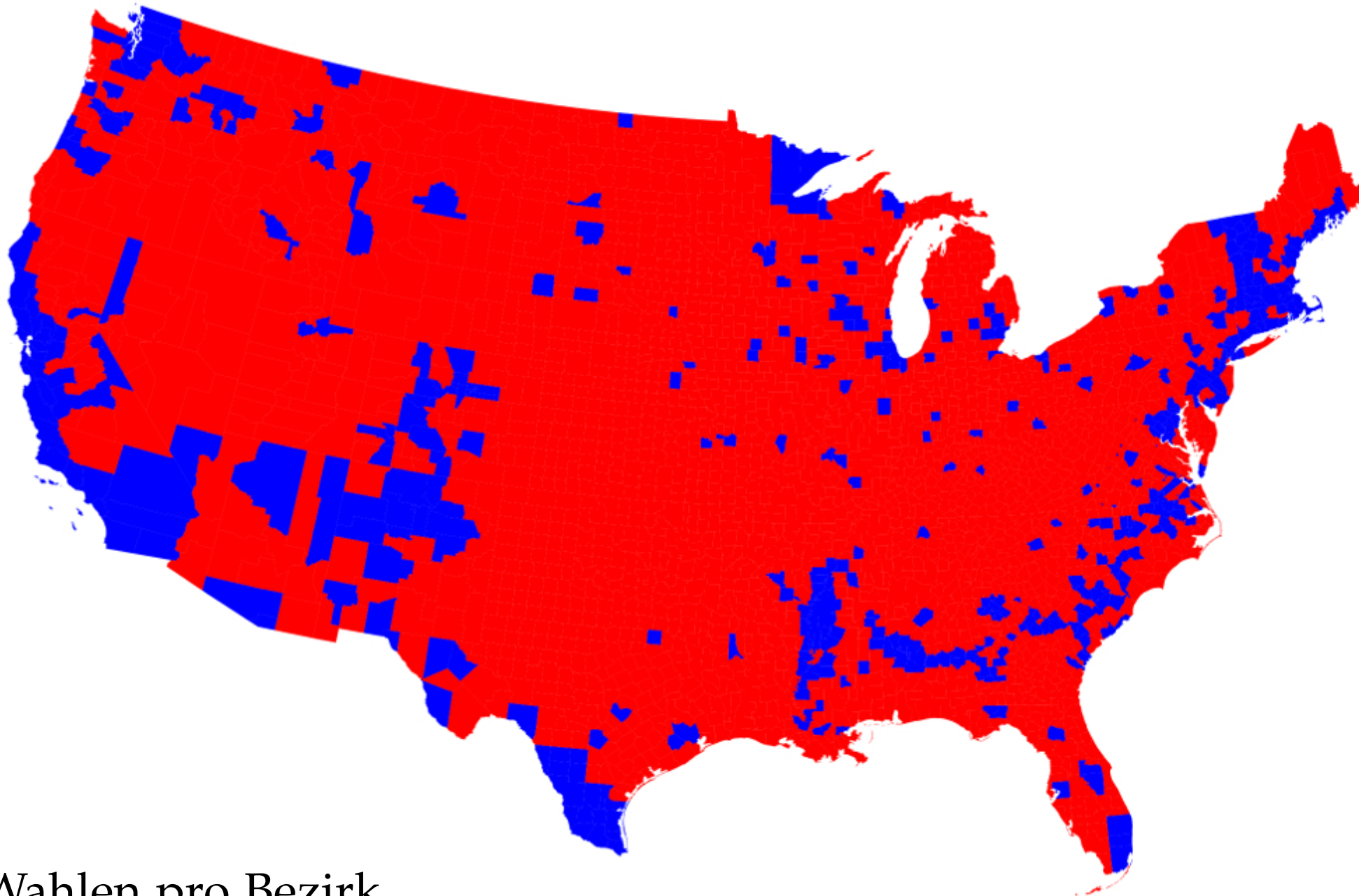
Einwohnerkartogramm

2016 Präsidentschaftswahlen



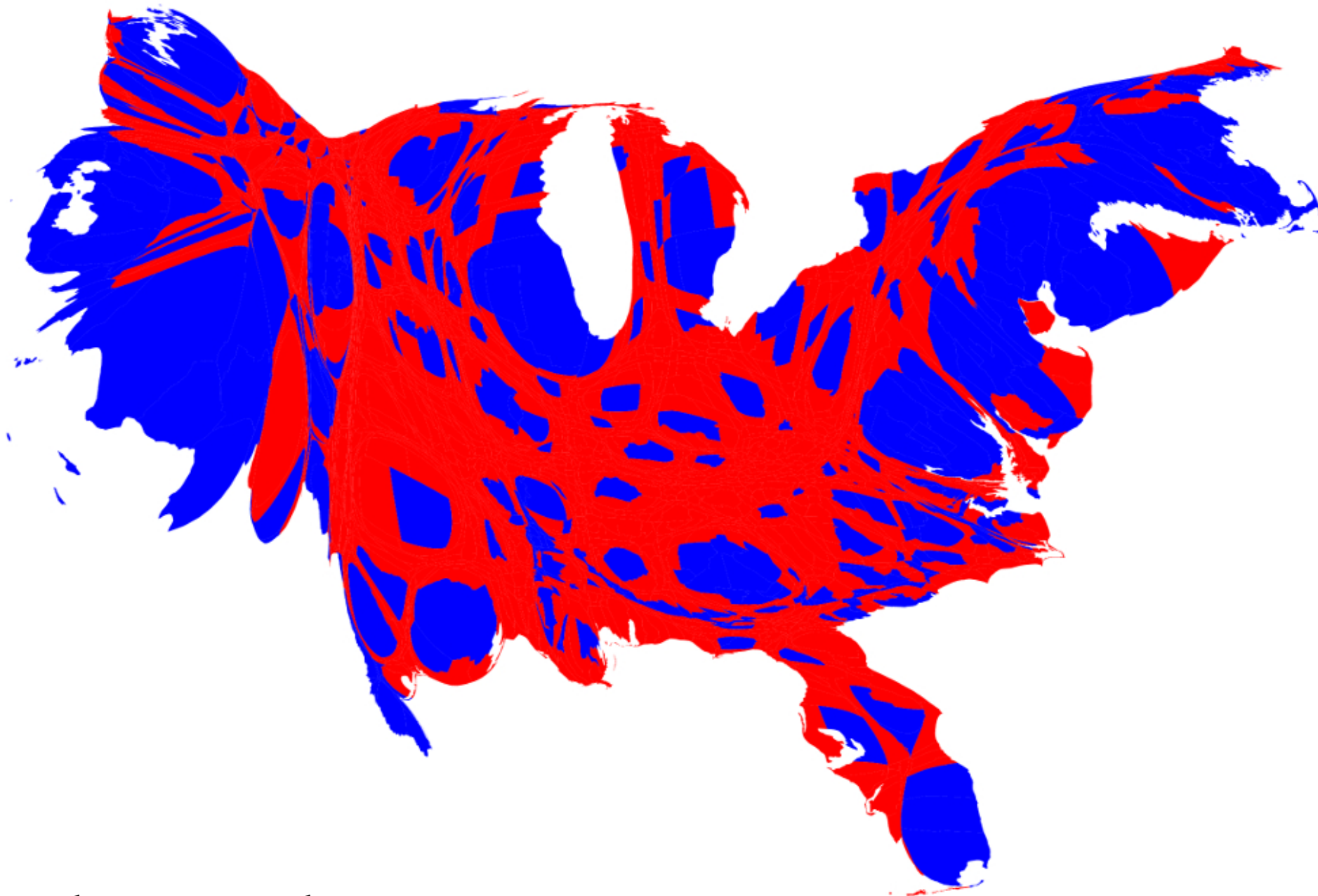
Wahlmandate

2016 Präsidentschaftswahlen



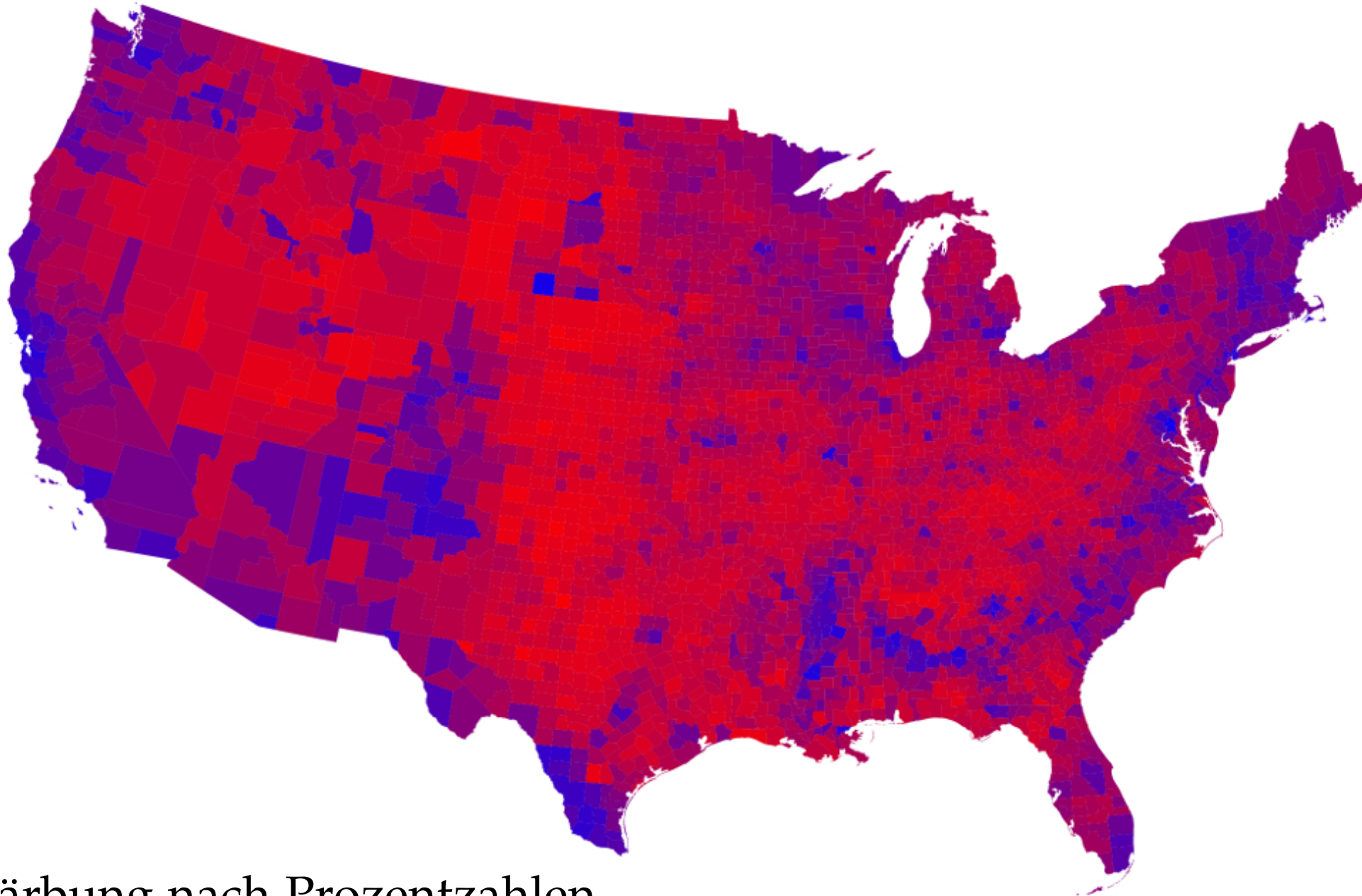
Wahlen pro Bezirk

2016 Präsidentschaftswahlen



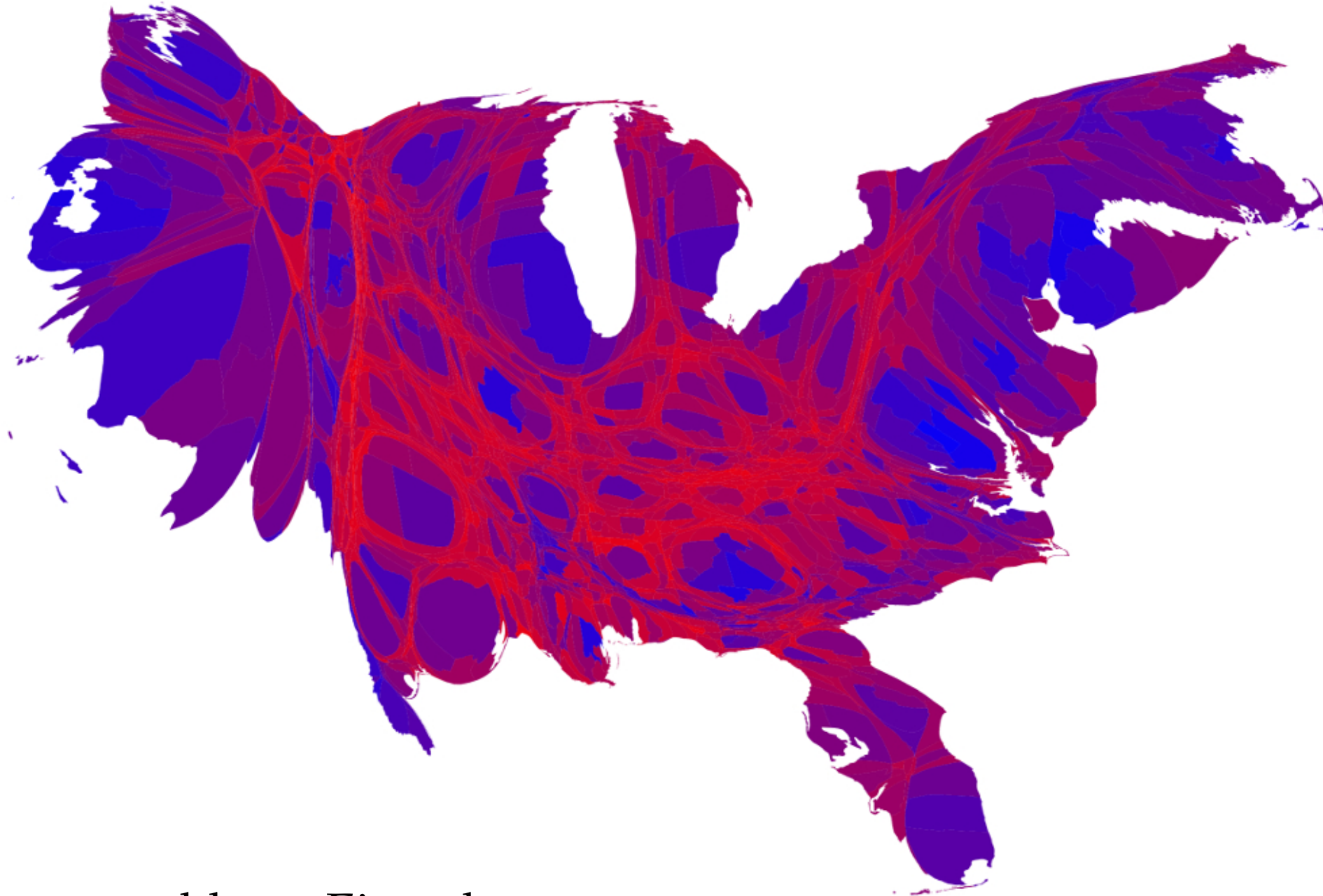
Bezirke - Einwohner

2016 Präsidentschaftswahlen



Färbung nach Prozentzahlen

2016 Präsidentschaftswahlen



Prozentzahlen – Einwohner

Gitterbasierte Diffusionskartogramme [Hennig '11]



- Erweiterung durch fein aufgelöstes Gitter ($\approx 365K$ Zellen)



Philipp Hennig

Gitterbasierte Diffusionskartogramme [Hennig '11]



- Erweiterung durch fein aufgelöstes Gitter ($\approx 365K$ Zellen)
- Datenwert für jede Gitterzelle ermöglicht detailliertere Kartogramme (Abbildung von Ballungsräumen etc)



Philipp Hennig

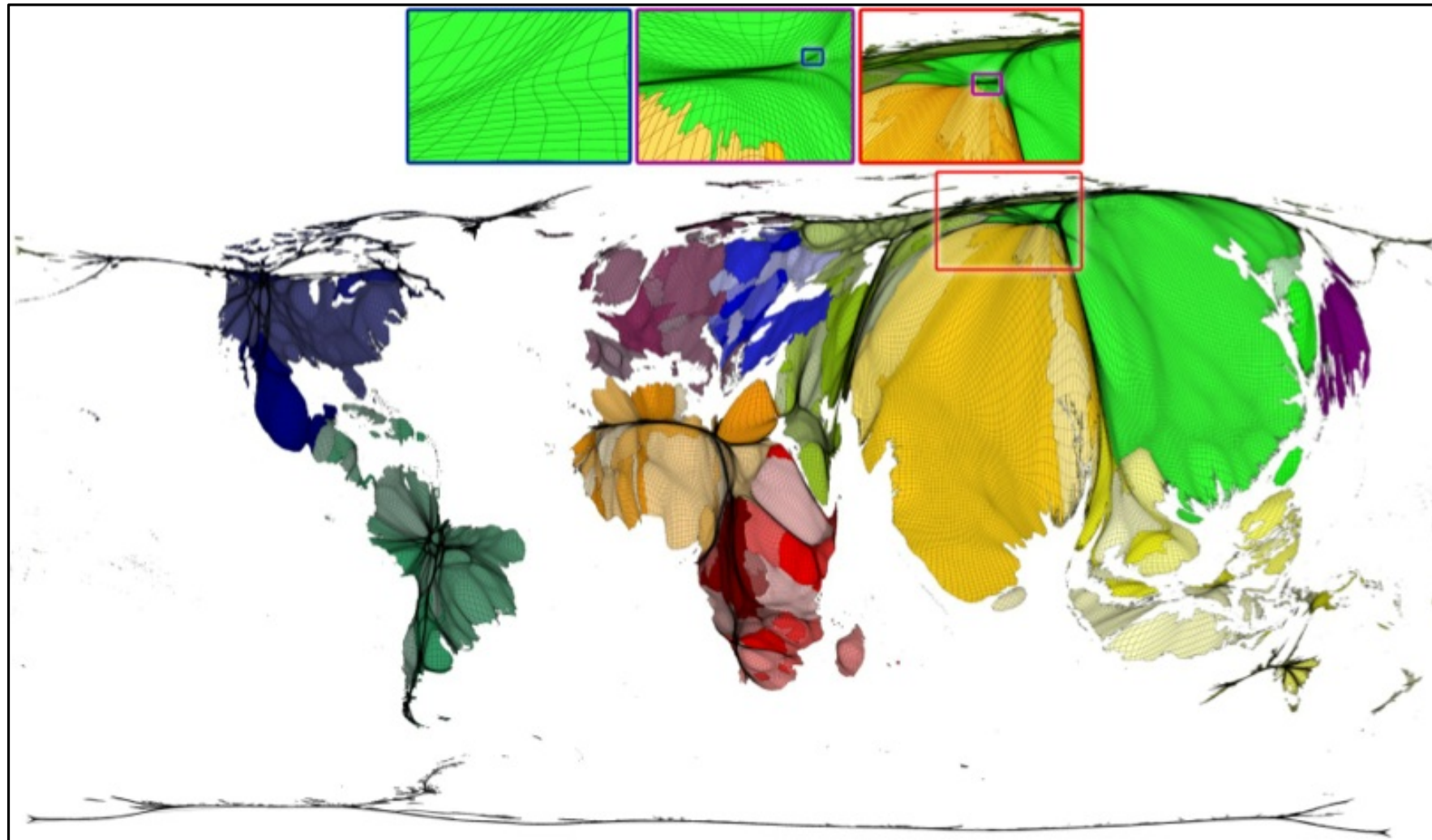
Gitterbasierte Diffusionskartogramme [Hennig '11]



- Erweiterung durch fein aufgelöstes Gitter ($\approx 365K$ Zellen)
- Datenwert für jede Gitterzelle ermöglicht detailliertere Kartogramme (Abbildung von Ballungsräumen etc)



Philipp Hennig



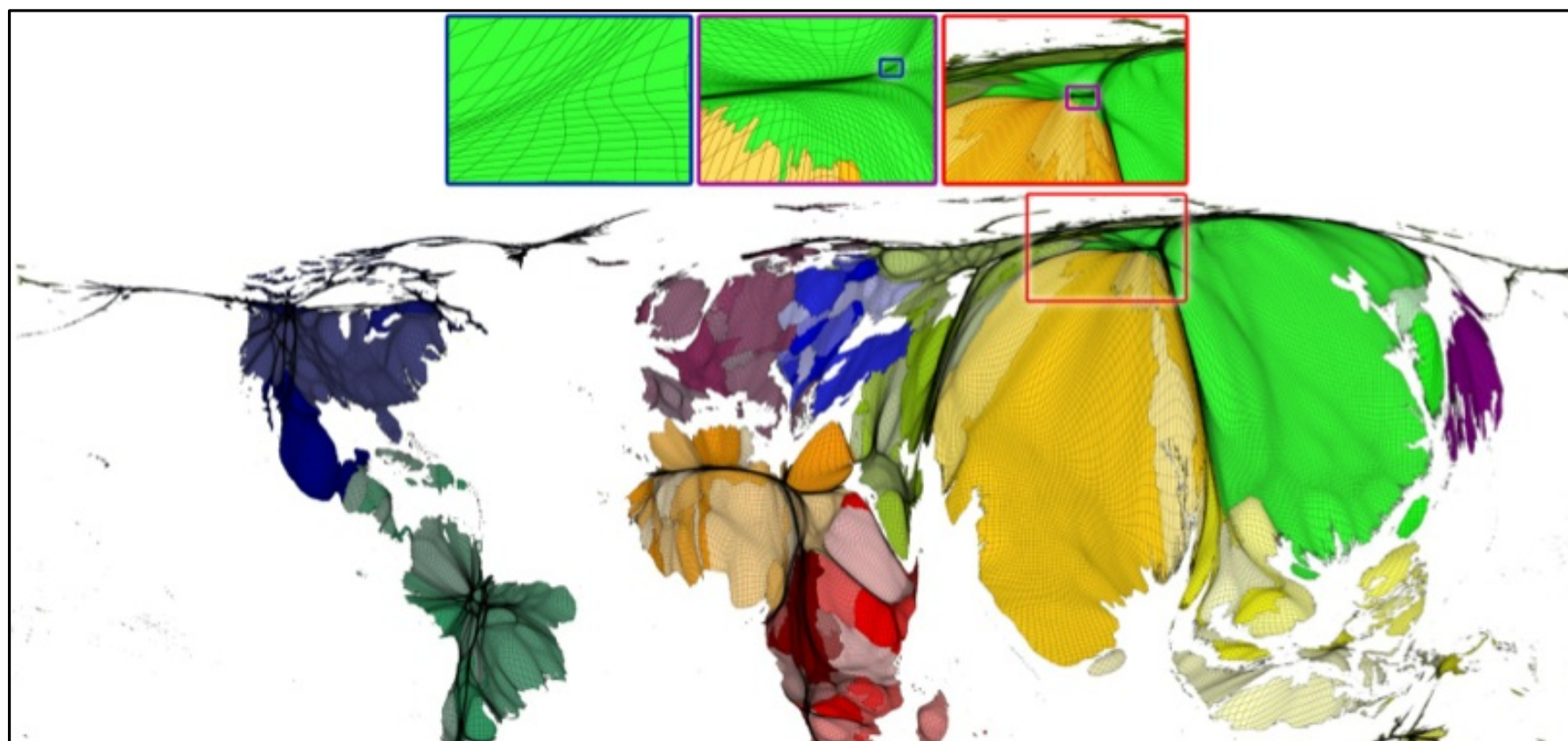
Gitterbasierte Diffusionskartogramme [Hennig '11]



- Erweiterung durch fein aufgelöstes Gitter ($\approx 365K$ Zellen)
- Datenwert für jede Gitterzelle ermöglicht detailliertere Kartogramme (Abbildung von Ballungsräumen etc)



Philipp Hennig

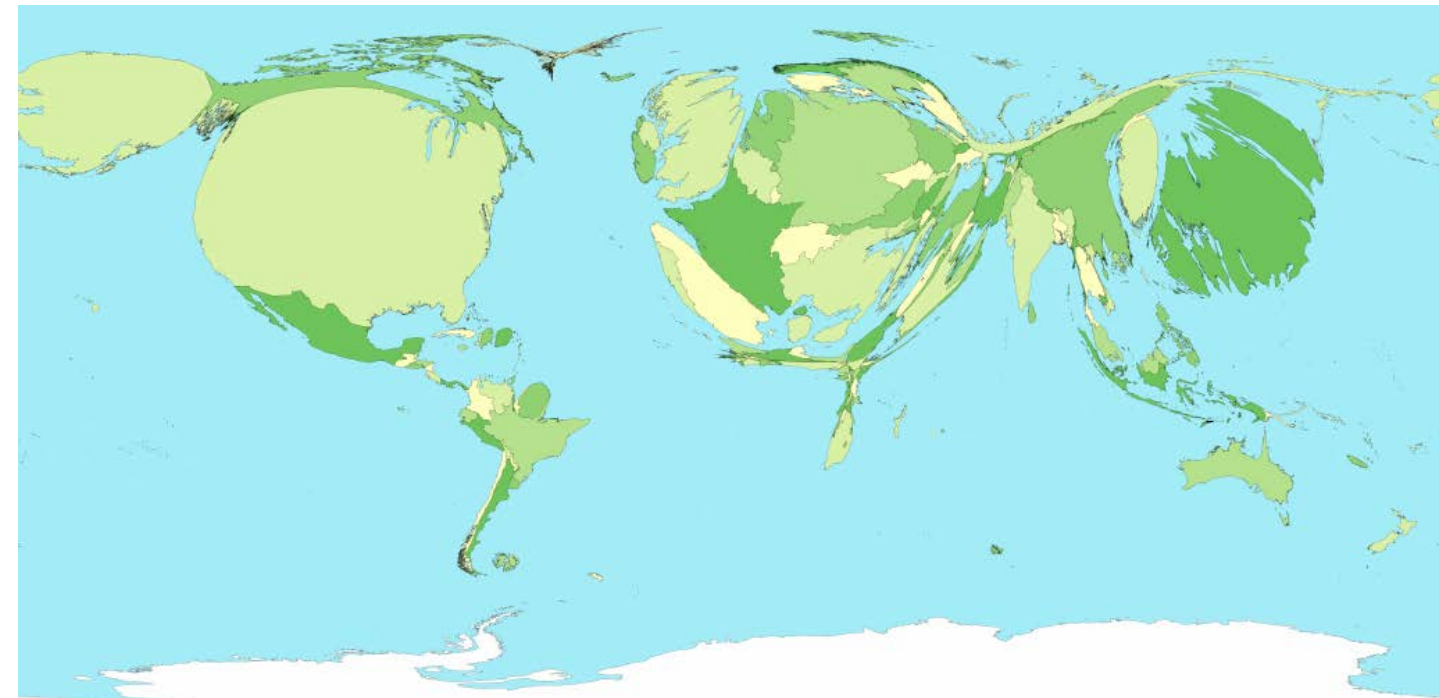


Demo.

<https://sourceforge.net/projects/scapetoad>

<https://observablehq.com/@riate/flow-based-cartograms-gastner-seguy-more-2018-in-the-browser>

Zusammenfassg. Diffusionskartogramme

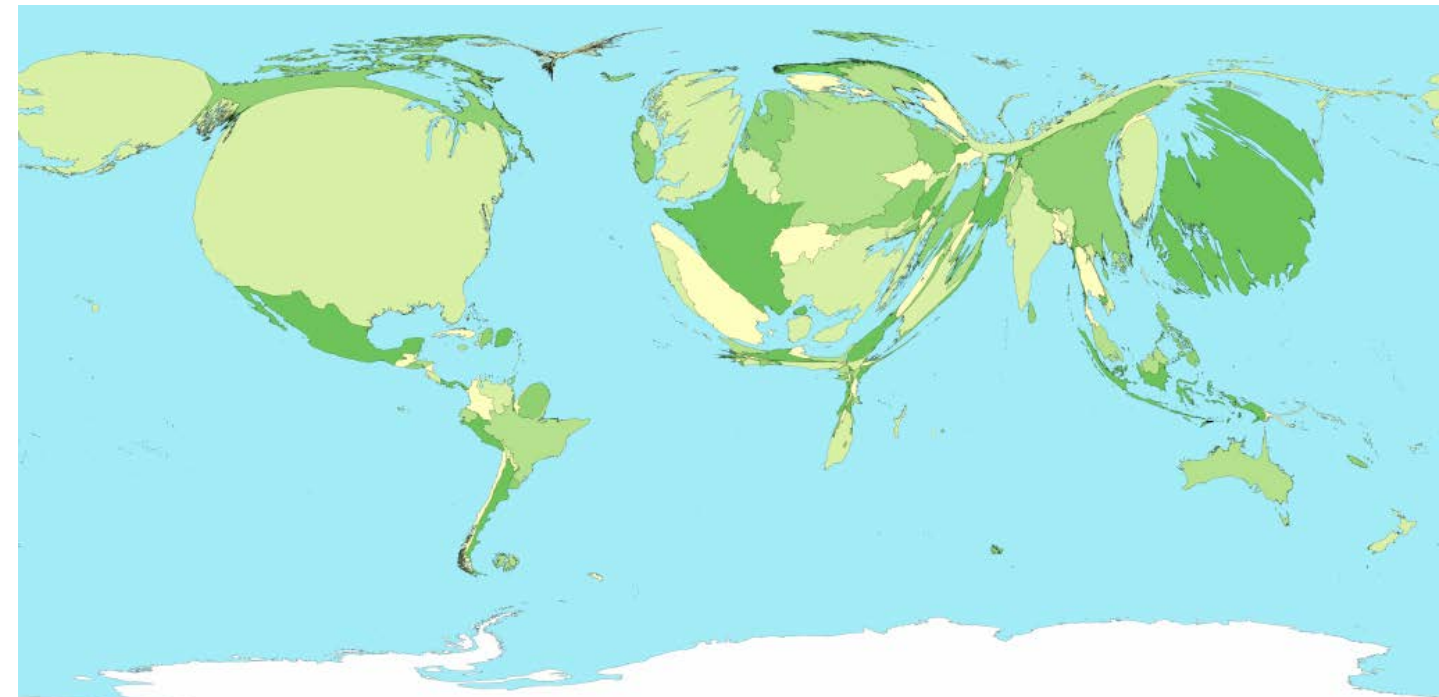


Zusammenfassg. Diffusionskartogramme



Diskussion.

- Wiedererkennbarkeit der Form
- Vergleichbarkeit
- Lage der Regionen
- korrekte Adjazenzen
- kleiner Flächenfehler
- geringe Komplexität
- Ablesbarkeit der Größe

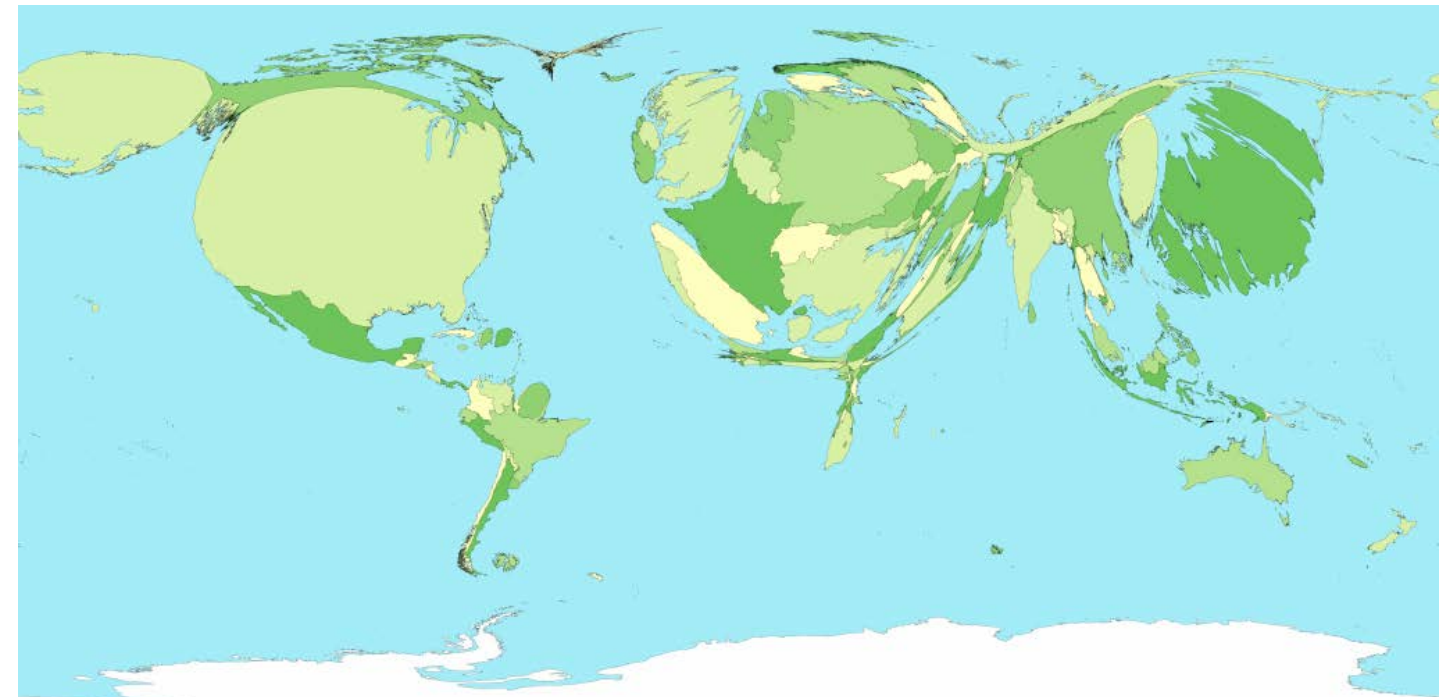


Zusammenfassg. Diffusionskartogramme



Diskussion.

- Wiedererkennbarkeit der Form ○
- Vergleichbarkeit
- Lage der Regionen
- korrekte Adjazenzen
- kleiner Flächenfehler
- geringe Komplexität
- Ablesbarkeit der Größe

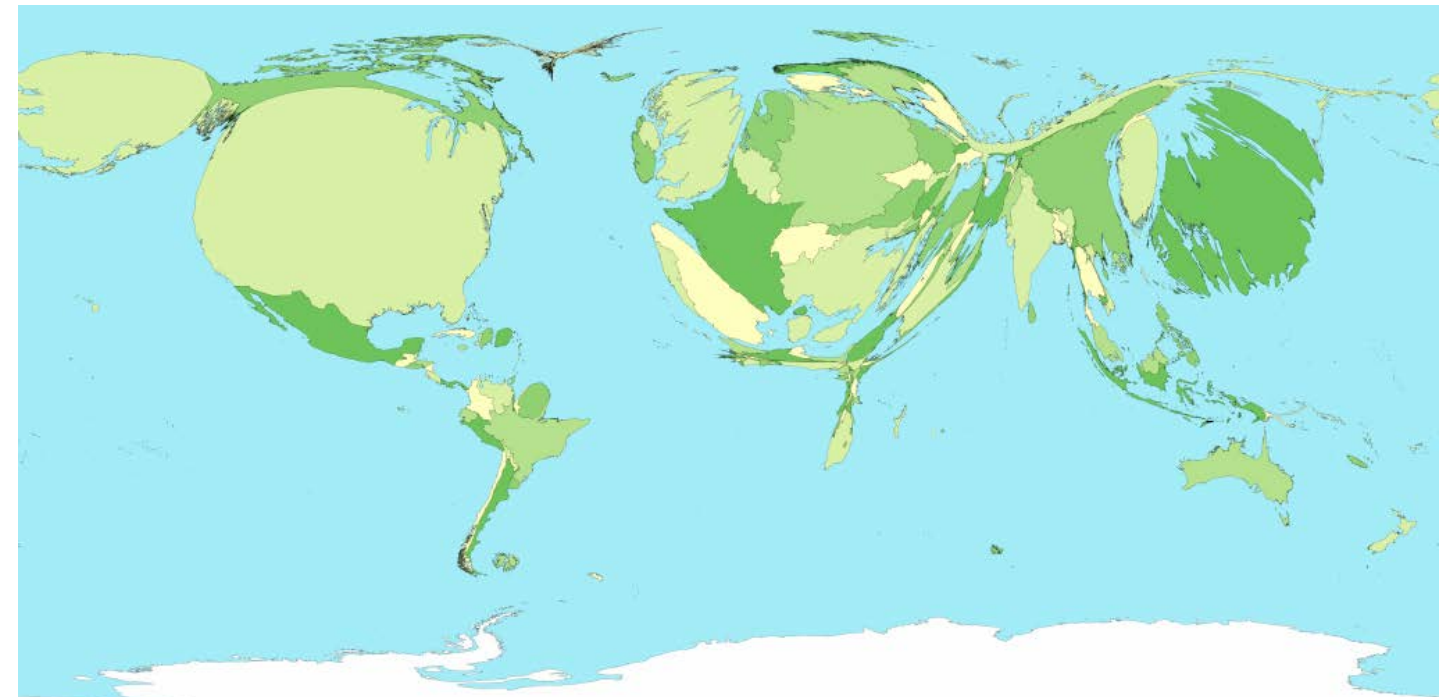


Zusammenfassg. Diffusionskartogramme



Diskussion.

- Wiedererkennbarkeit der Form ○
- Vergleichbarkeit ⊖
- Lage der Regionen
- korrekte Adjazenzen
- kleiner Flächenfehler
- geringe Komplexität
- Ablesbarkeit der Größe

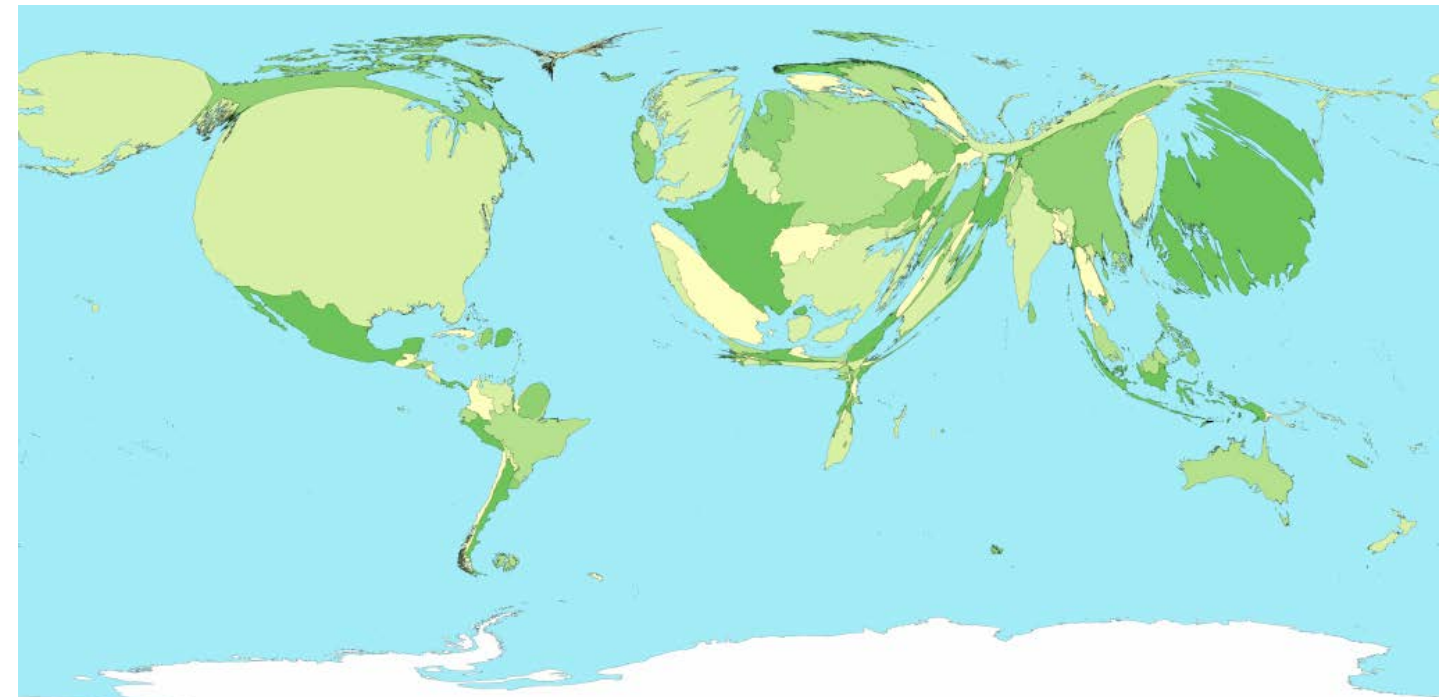


Zusammenfassg. Diffusionskartogramme



Diskussion.

- Wiedererkennbarkeit der Form
- Vergleichbarkeit
- Lage der Regionen
- korrekte Adjazenzen
- kleiner Flächenfehler
- geringe Komplexität
- Ablesbarkeit der Größe

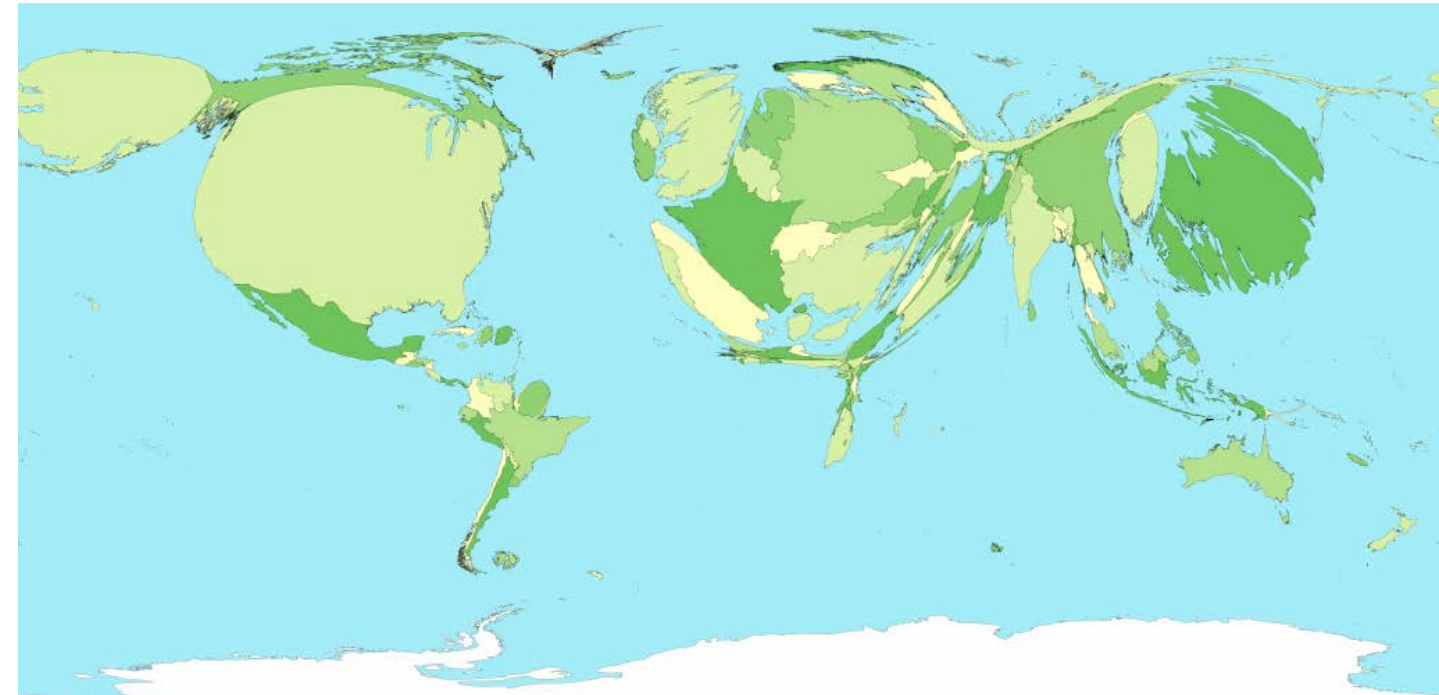


Zusammenfassg. Diffusionskartogramme



Diskussion.

- Wiedererkennbarkeit der Form
- Vergleichbarkeit
- Lage der Regionen
- korrekte Adjazenzen
- kleiner Flächenfehler
- geringe Komplexität
- Ablesbarkeit der Größe

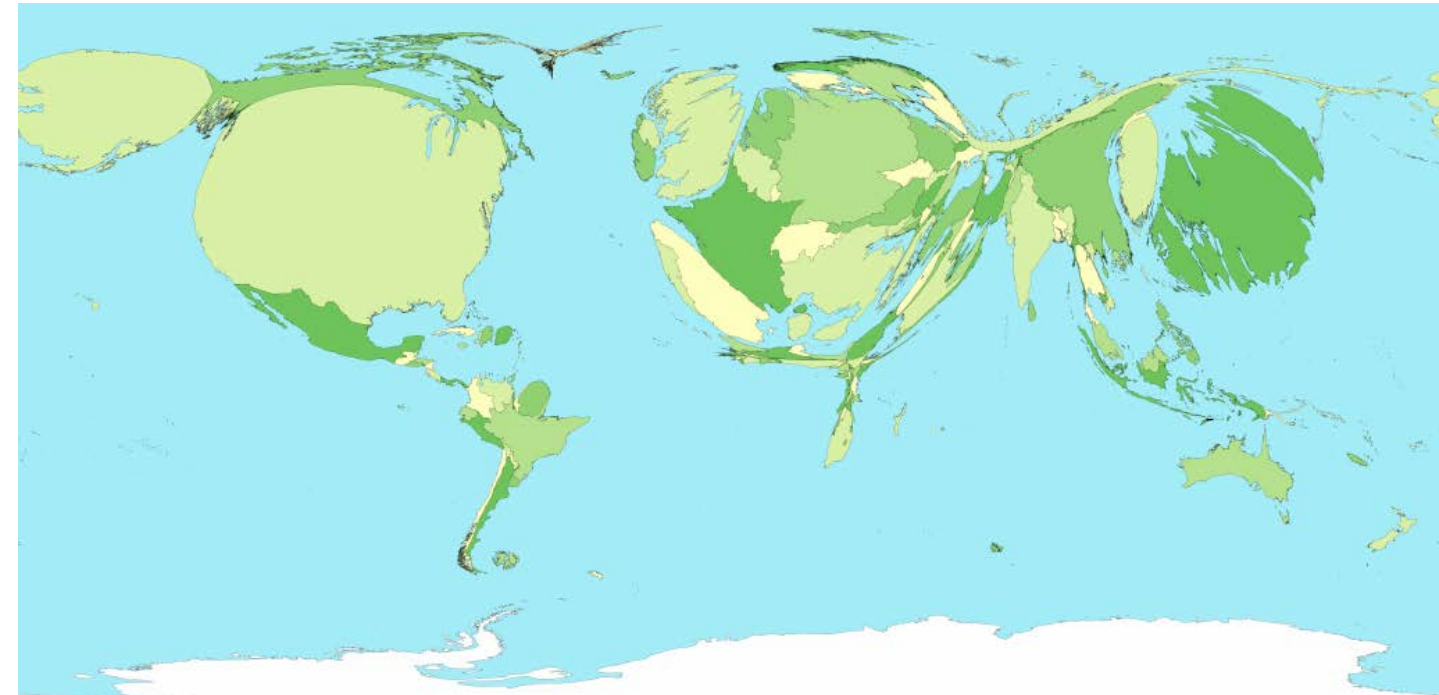


Zusammenfassg. Diffusionskartogramme



Diskussion.

- Wiedererkennbarkeit der Form
- Vergleichbarkeit
- Lage der Regionen
- korrekte Adjazenzen
- kleiner Flächenfehler
- geringe Komplexität
- Ablesbarkeit der Größe

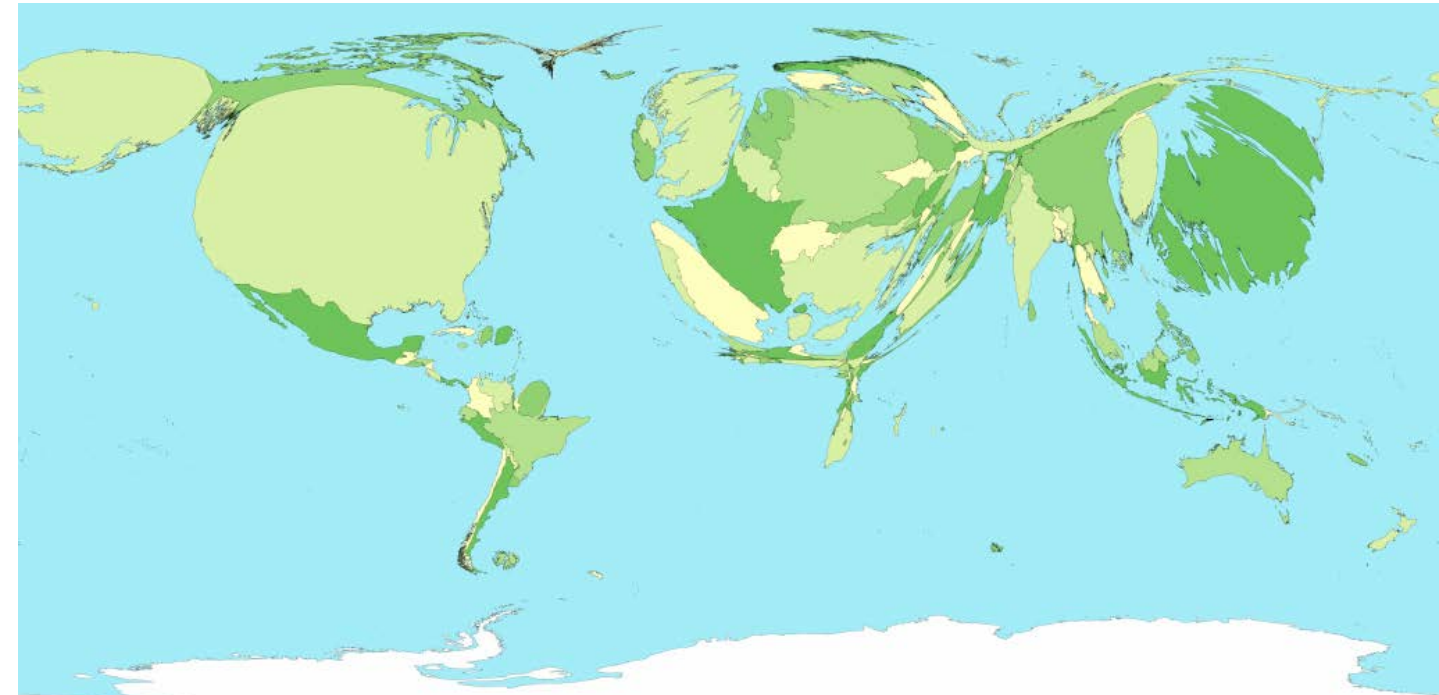


Zusammenfassg. Diffusionskartogramme



Diskussion.

- Wiedererkennbarkeit der Form
- Vergleichbarkeit
- Lage der Regionen
- korrekte Adjazenzen
- kleiner Flächenfehler
- geringe Komplexität
- Ablesbarkeit der Größe

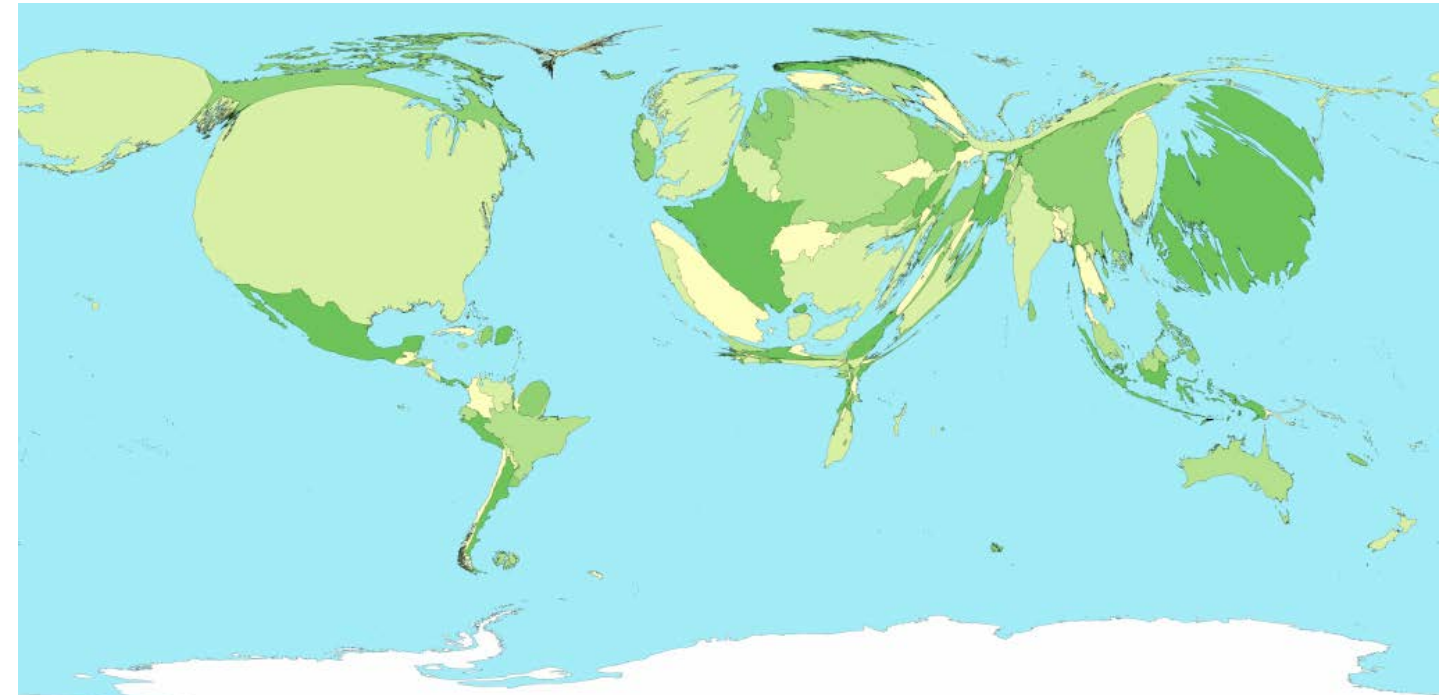


Zusammenfassg. Diffusionskartogramme



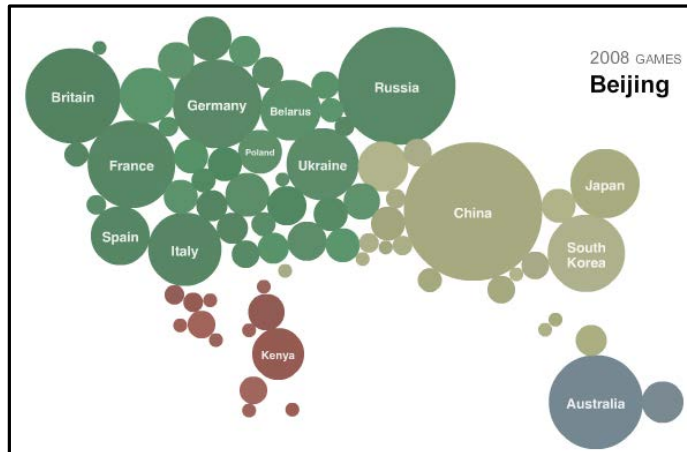
Diskussion.

- Wiedererkennbarkeit der Form
- Vergleichbarkeit
- Lage der Regionen
- korrekte Adjazenzen
- kleiner Flächenfehler
- geringe Komplexität
- Ablesbarkeit der Größe

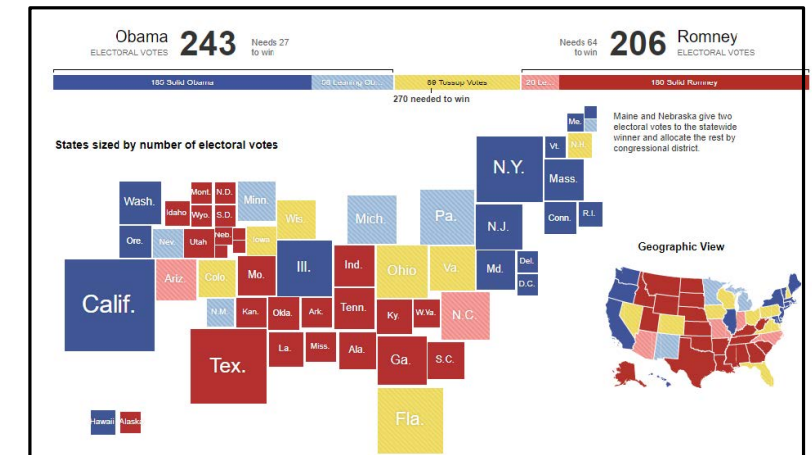
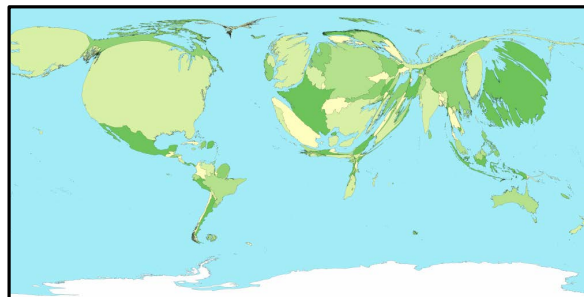


Algorithmen für geographische Informationssysteme

12. Vorlesung Kartogramme



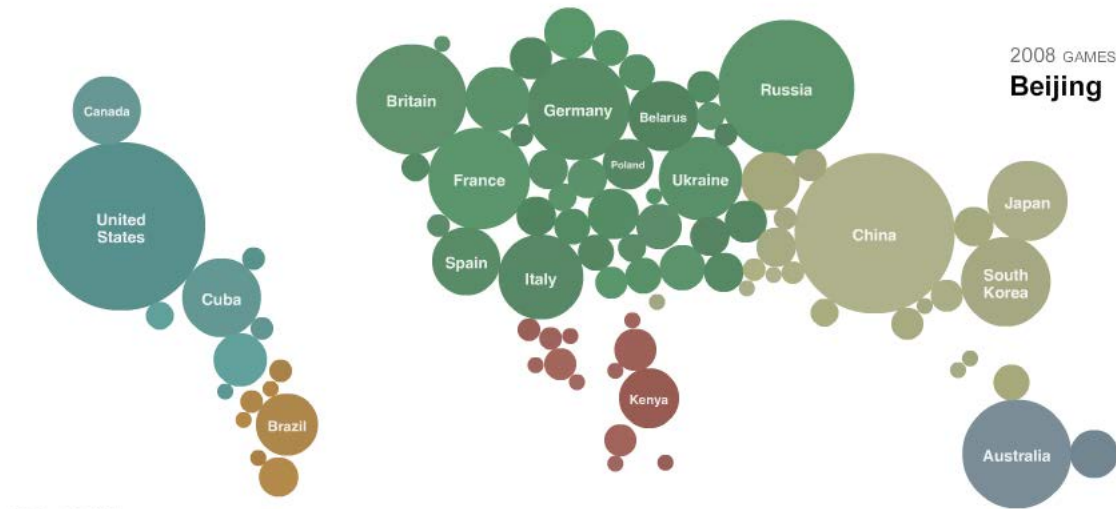
Teil III: Kreiskartogramme (auch Dorling Kartogramme)



Kreiskartogramme [Dorling '95]



Danny Dorling

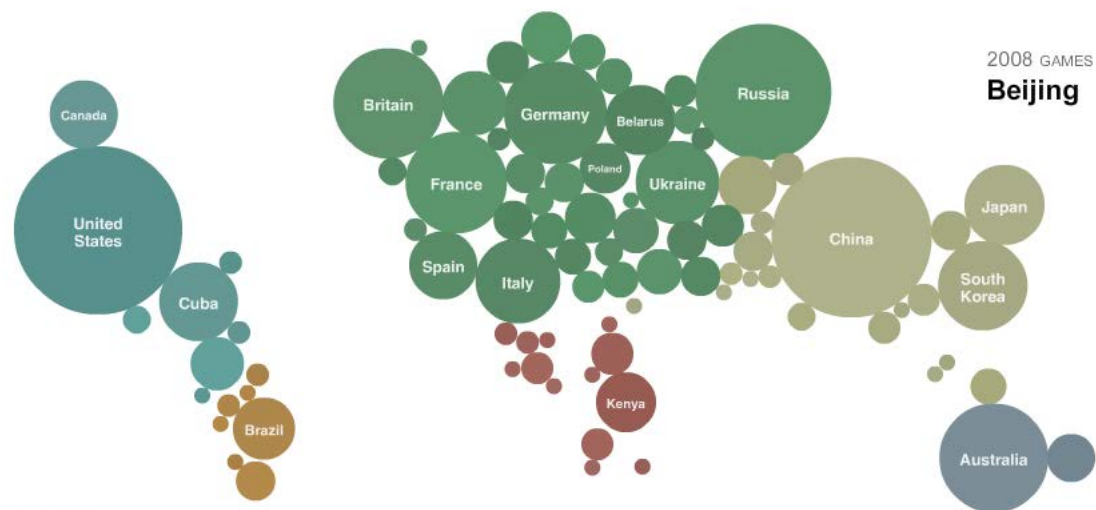


Kreiskartogramme [Dorling '95]

- einfache, abstrakte Form: jede Region als Kreisscheibe



Danny Dorling

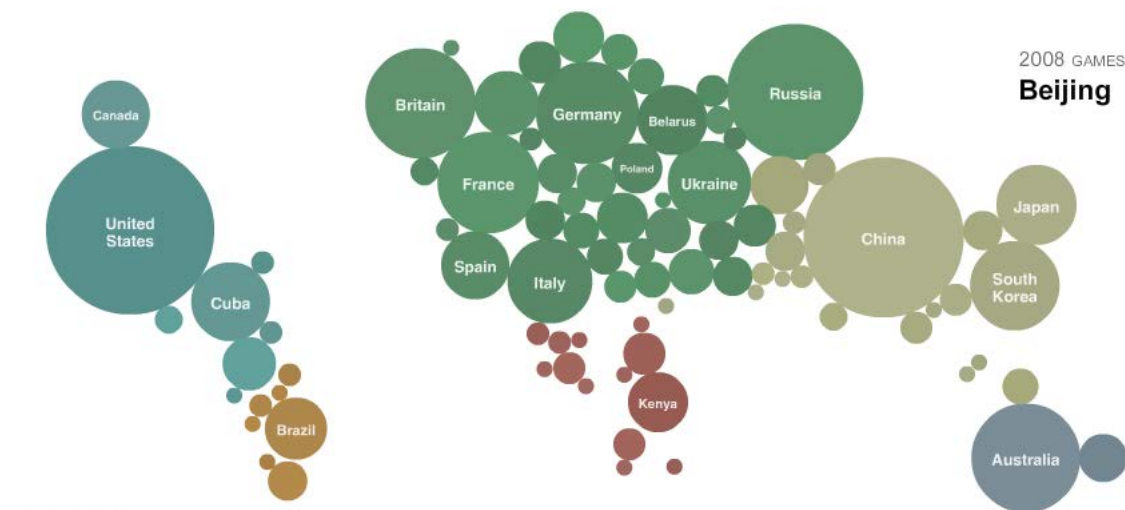


Kreiskartogramme [Dorling '95]

- einfache, abstrakte Form: jede Region als Kreisscheibe
- Fläche fest skaliert bzgl. gegebener Größe



Danny Dorling

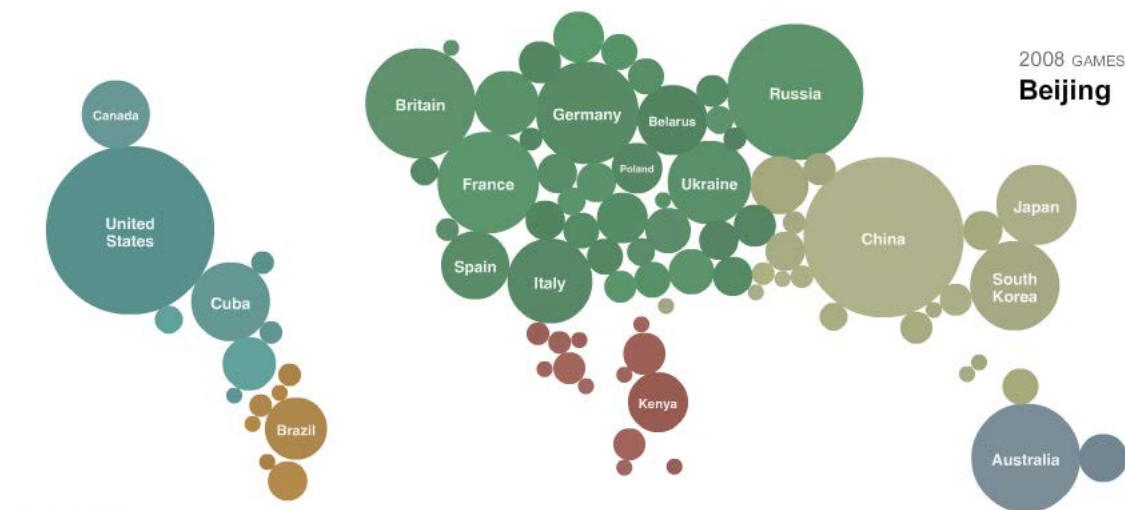


Kreiskartogramme [Dorling '95]

- einfache, abstrakte Form: jede Region als Kreisscheibe
- Fläche fest skaliert bzgl. gegebener Größe
- initiale Platzierung im Schwerpunkt der Region



Danny Dorling

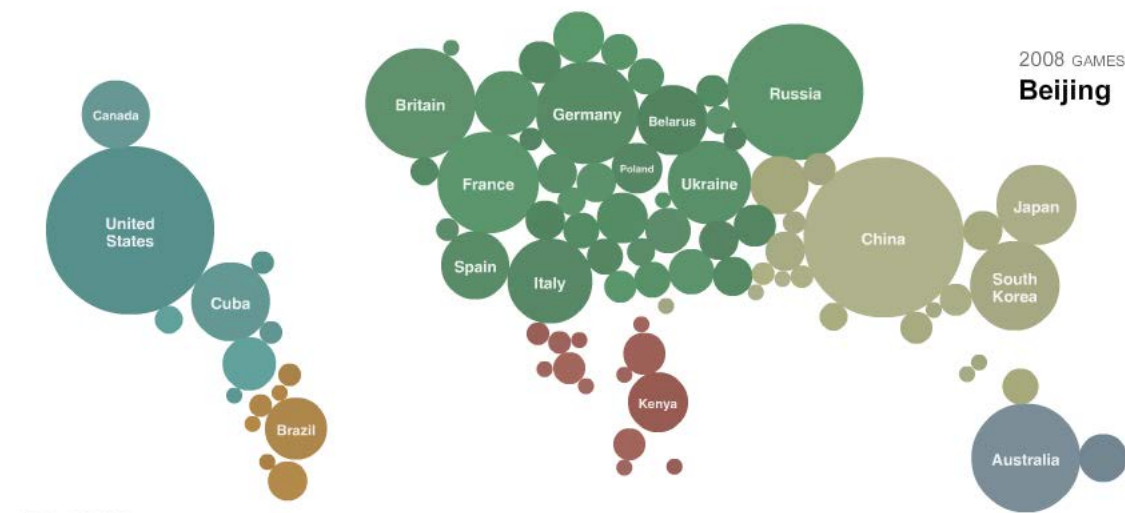


Kreiskartogramme [Dorling '95]

- einfache, abstrakte Form: jede Region als Kreisscheibe
- Fläche fest skaliert bzgl. gegebener Größe
- initiale Platzierung im Schwerpunkt der Region
- iteratives Verschieben zum Auflösen der Überlappungen

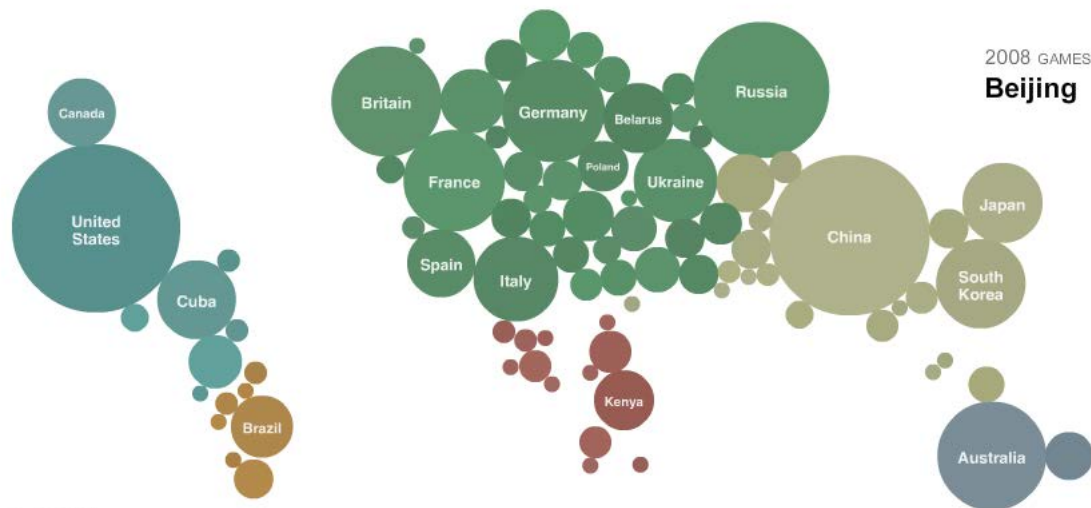


Danny Dorling

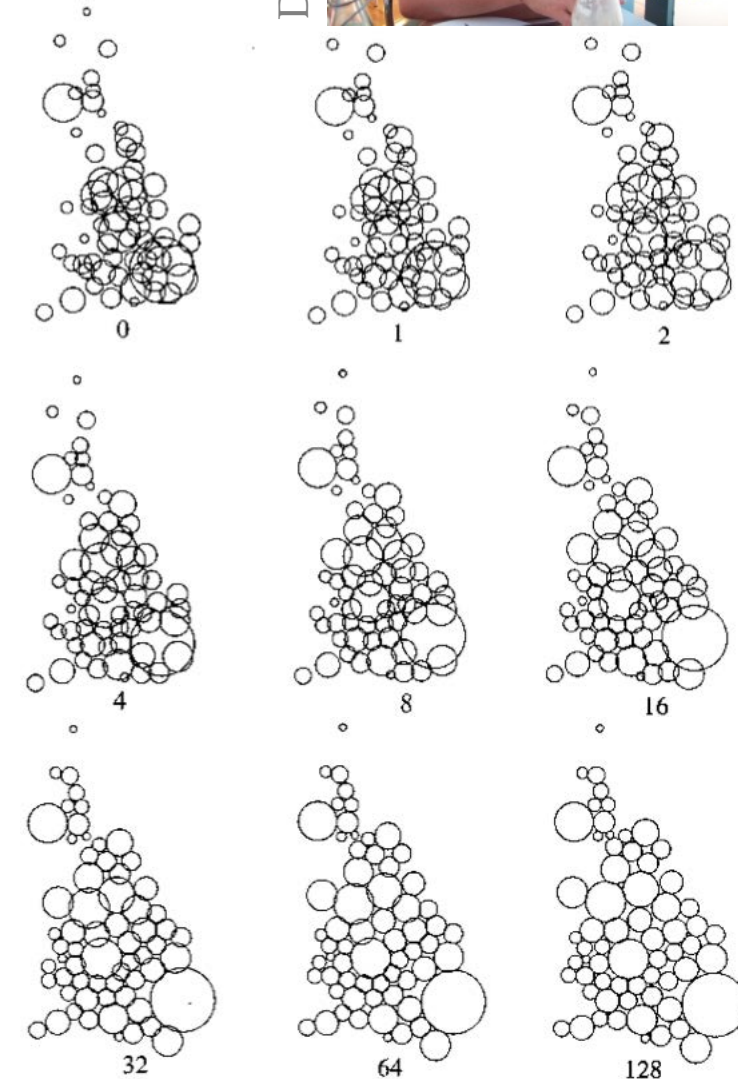


Kreiskartogramme [Dorling '95]

- einfache, abstrakte Form: jede Region als Kreisscheibe
- Fläche fest skaliert bzgl. gegebener Größe
- initiale Platzierung im Schwerpunkt der Region
- iteratives Verschieben zum Auflösen der Überlappungen

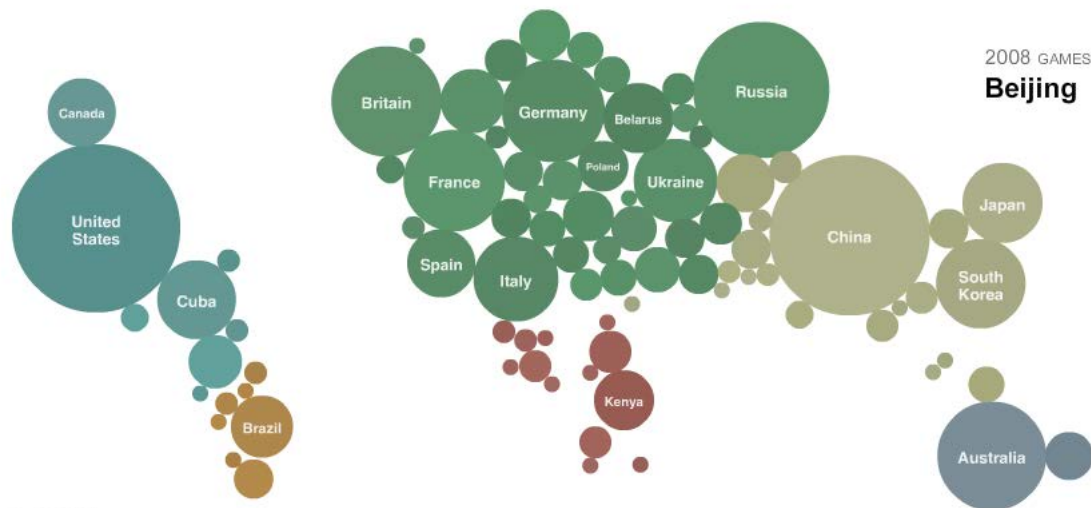


Danny Dorling

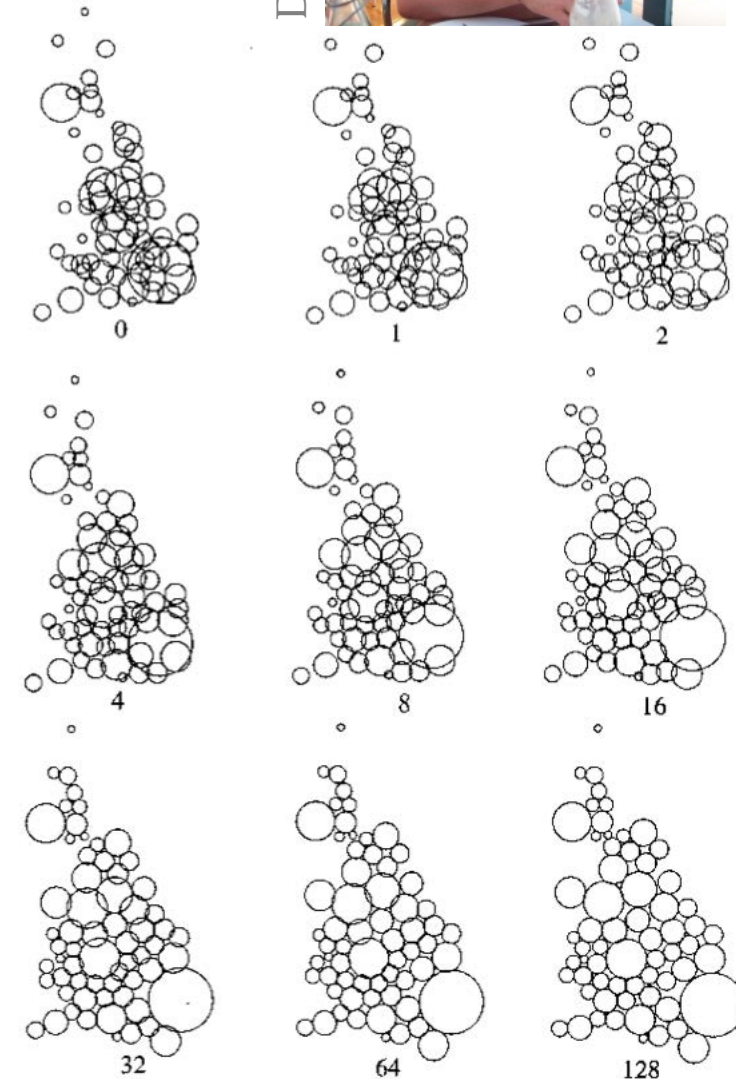


Kreiskartogramme [Dorling '95]

- einfache, abstrakte Form: jede Region als Kreisscheibe
 - Fläche fest skaliert bzgl. gegebener Größe
 - initiale Platzierung im Schwerpunkt der Region
 - iteratives Verschieben zum Auflösen der Überlappungen
- kräftebasierter Algorithmus (ähnlich Spring-Embedder):



Danny Dorling



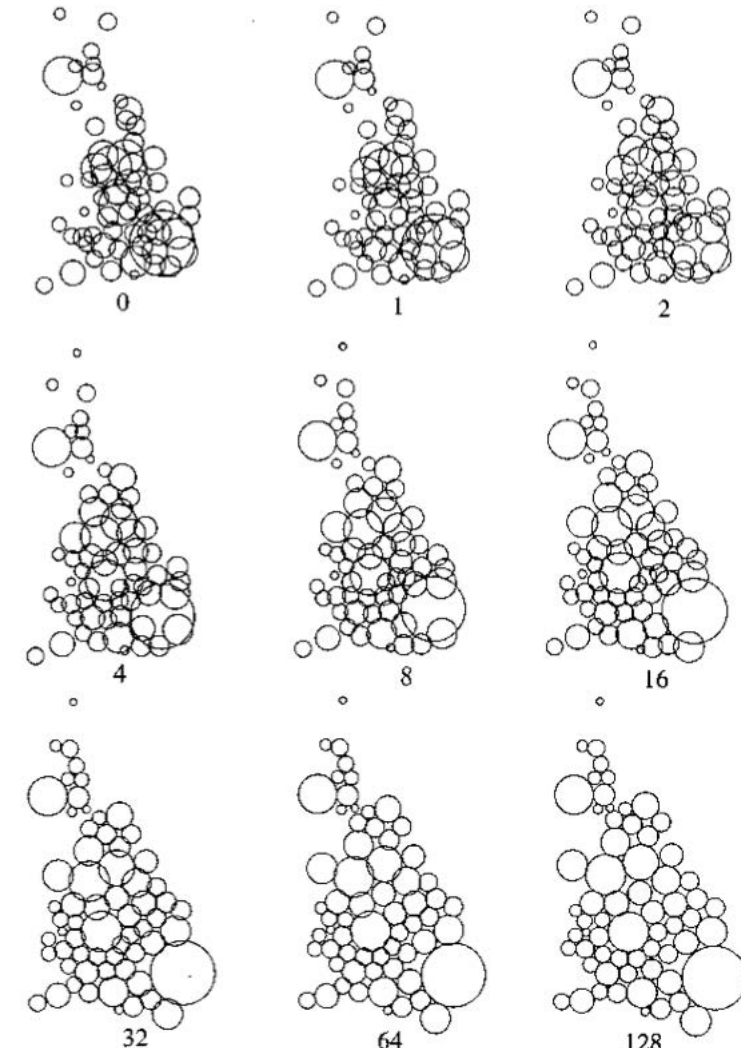
Kreiskartogramme [Dorling '95]

- einfache, abstrakte Form: jede Region als Kreisscheibe
 - Fläche fest skaliert bzgl. gegebener Größe
 - initiale Platzierung im Schwerpunkt der Region
 - iteratives Verschieben zum Auflösen der Überlappungen
- kräftebasierter Algorithmus (ähnlich Spring-Embedder):

```
while Kräfte >  $\varepsilon$  do
```



Danny Dorling



Kreiskartogramme [Dorling '95]

- einfache, abstrakte Form: jede Region als Kreisscheibe
 - Fläche fest skaliert bzgl. gegebener Größe
 - initiale Platzierung im Schwerpunkt der Region
 - iteratives Verschieben zum Auflösen der Überlappungen
- kräftebasierter Algorithmus (ähnlich Spring-Embedder):

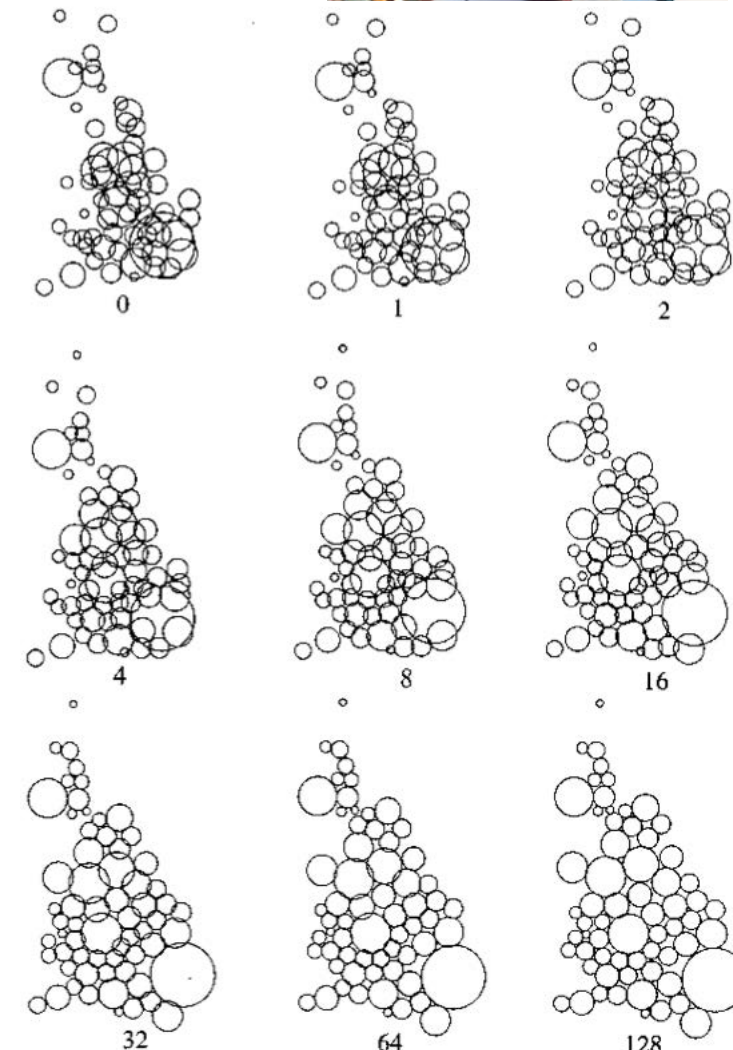
```

while Kräfte >  $\varepsilon$  do
  foreach disk  $D$  do

```



Danny Dorling



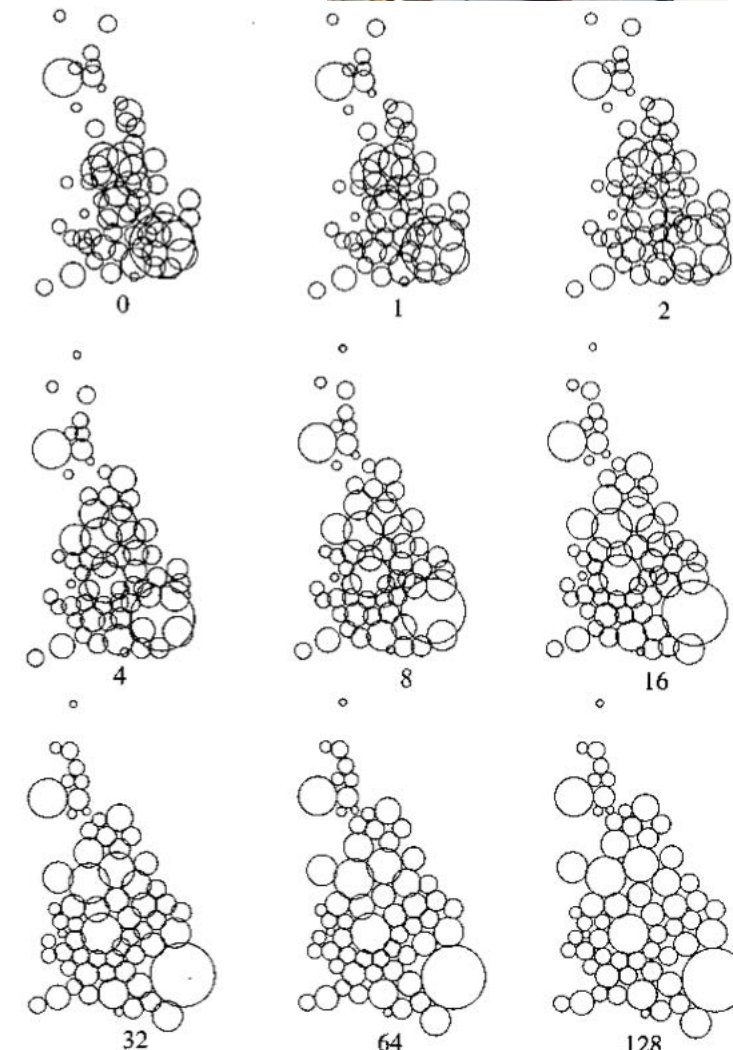
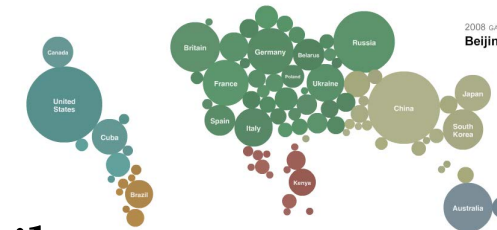
Kreiskartogramme [Dorling '95]

- einfache, abstrakte Form: jede Region als Kreisscheibe
 - Fläche fest skaliert bzgl. gegebener Größe
 - initiale Platzierung im Schwerpunkt der Region
 - iteratives Verschieben zum Auflösen der Überlappungen
- kräftebasierter Algorithmus (ähnlich Spring-Embedder):

```

while Kräfte >  $\varepsilon$  do
  foreach disk  $D$  do

```



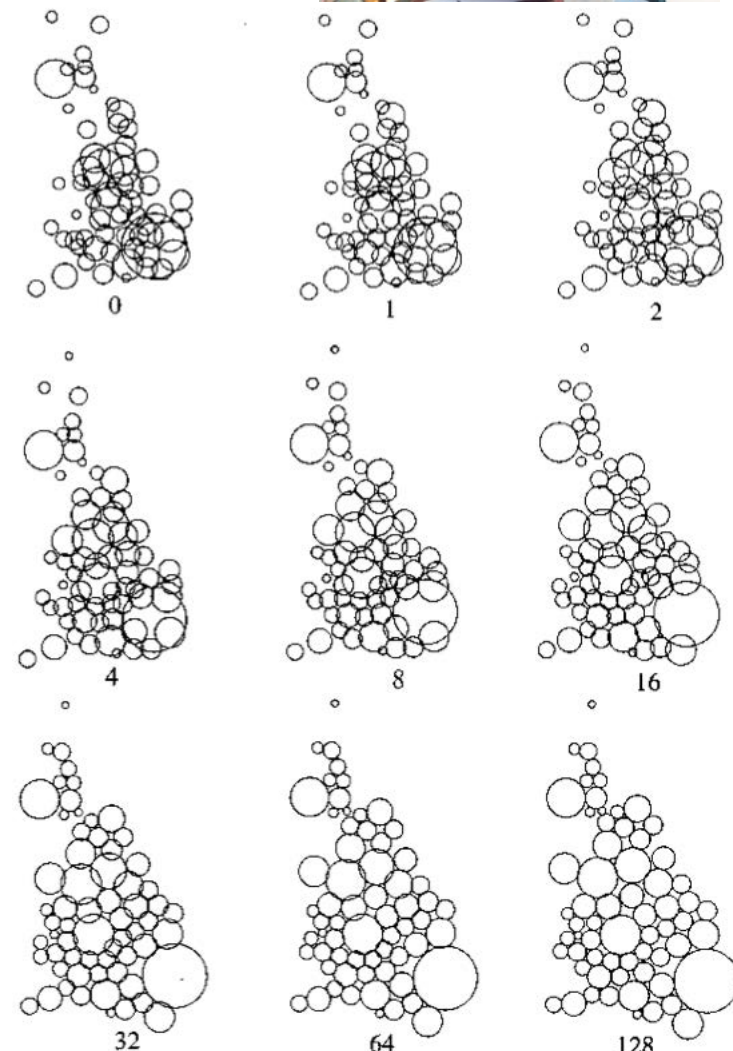
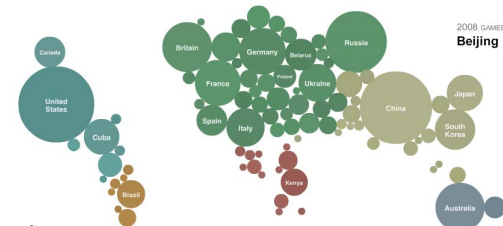
Kreiskartogramme [Dorling '95]

- einfache, abstrakte Form: jede Region als Kreisscheibe
 - Fläche fest skaliert bzgl. gegebener Größe
 - initiale Platzierung im Schwerpunkt der Region
 - iteratives Verschieben zum Auflösen der Überlappungen
- kräftebasierter Algorithmus (ähnlich Spring-Embedder):

```

while Kräfte >  $\varepsilon$  do
  foreach disk  $D$  do
    foreach disk  $D' \cap D \neq \emptyset$  do

```



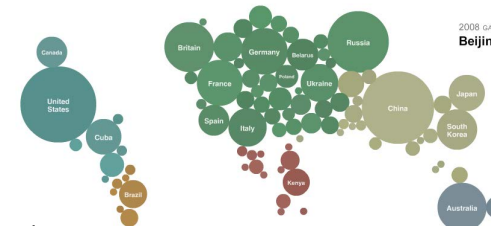
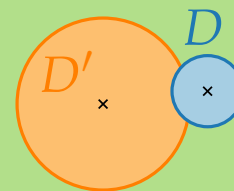
Kreiskartogramme [Dorling '95]

- einfache, abstrakte Form: jede Region als Kreisscheibe
 - Fläche fest skaliert bzgl. gegebener Größe
 - initiale Platzierung im Schwerpunkt der Region
 - iteratives Verschieben zum Auflösen der Überlappungen
- kräftebasierter Algorithmus (ähnlich Spring-Embedder):

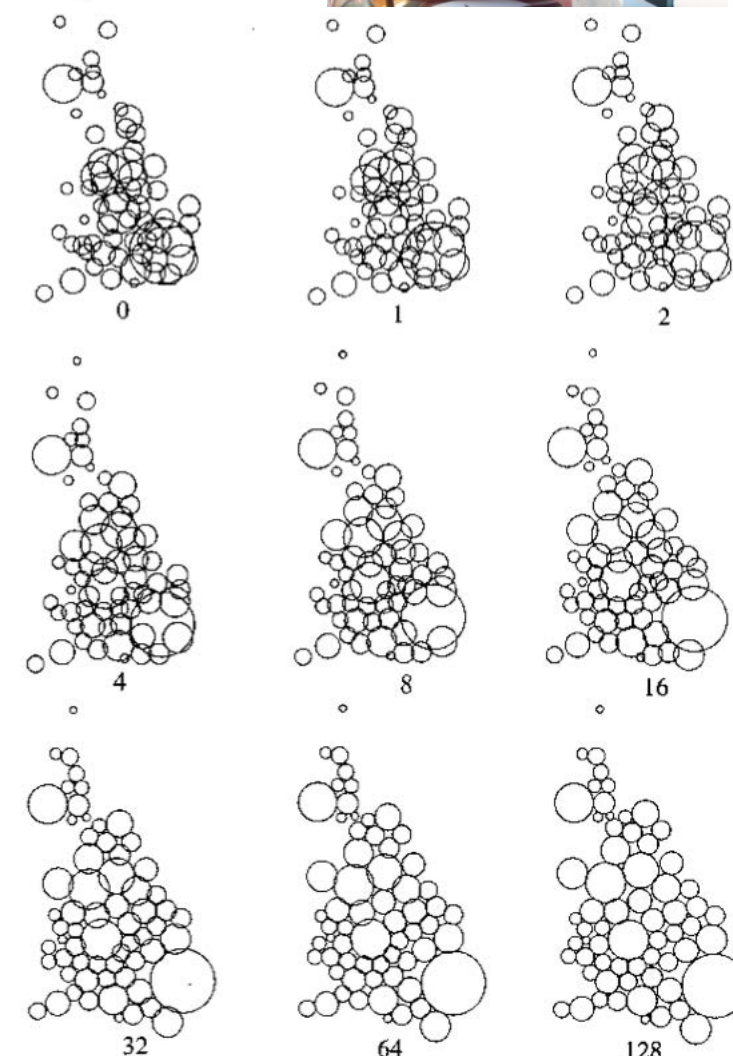
```

while Kräfte >  $\varepsilon$  do
  foreach disk  $D$  do
    foreach disk  $D' \cap D \neq \emptyset$  do

```



Danny Dorling

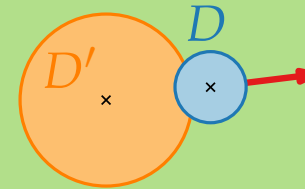


Kreiskartogramme [Dorling '95]

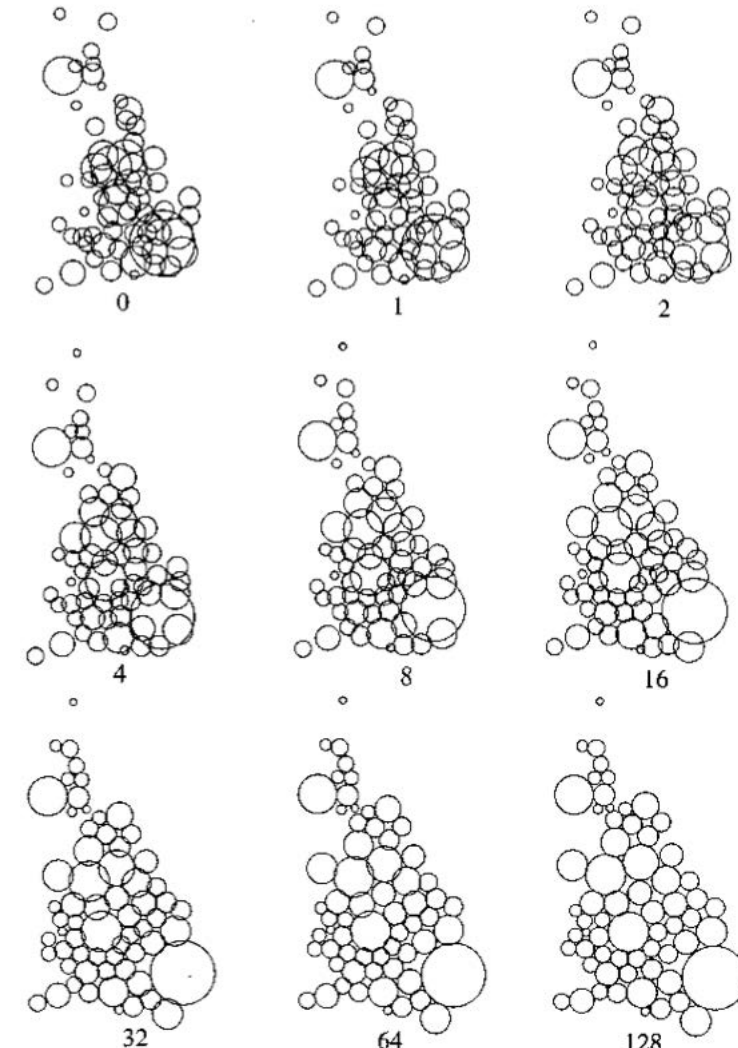
- einfache, abstrakte Form: jede Region als Kreisscheibe
 - Fläche fest skaliert bzgl. gegebener Größe
 - initiale Platzierung im Schwerpunkt der Region
 - iteratives Verschieben zum Auflösen der Überlappungen
- kräftebasierter Algorithmus (ähnlich Spring-Embedder):

```

while Kräfte >  $\varepsilon$  do
  foreach disk  $D$  do
    foreach disk  $D' \cap D \neq \emptyset$  do
      └ Abstoßung von  $D'$ 
  
```



Danny Dorling



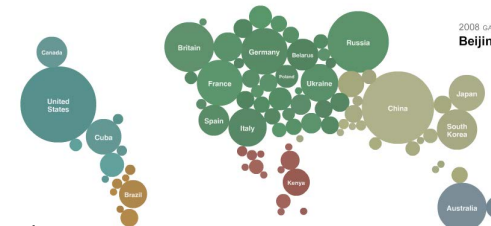
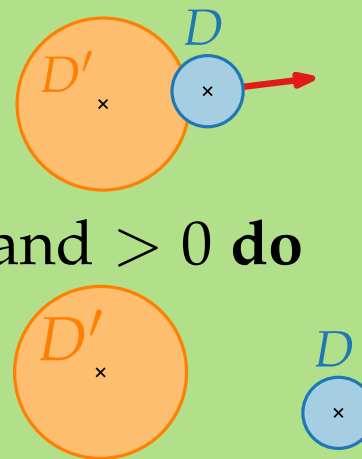
Kreiskartogramme [Dorling '95]

- einfache, abstrakte Form: jede Region als Kreisscheibe
 - Fläche fest skaliert bzgl. gegebener Größe
 - initiale Platzierung im Schwerpunkt der Region
 - iteratives Verschieben zum Auflösen der Überlappungen
- kräftebasierter Algorithmus (ähnlich Spring-Embedder):

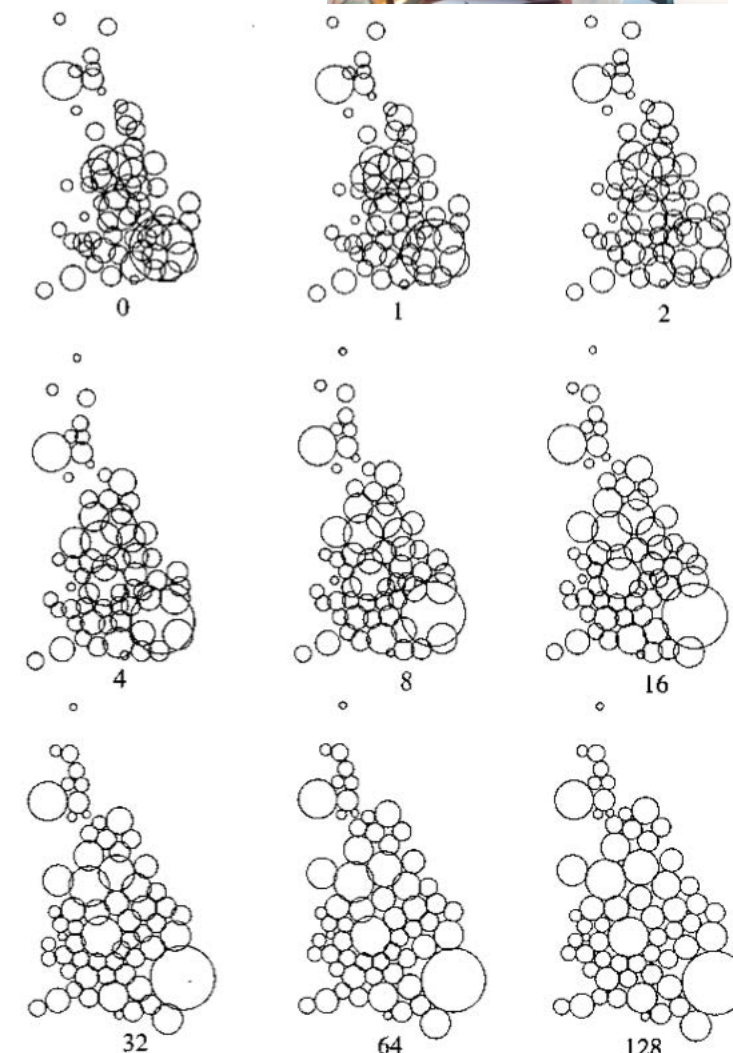
```

while Kräfte >  $\varepsilon$  do
  foreach disk  $D$  do
    foreach disk  $D' \cap D \neq \emptyset$  do
      | Abstoßung von  $D'$ 
    foreach geogr. Nachbar  $D'$  von  $D$  mit Abstand > 0 do
      |

```



Danny Dorling



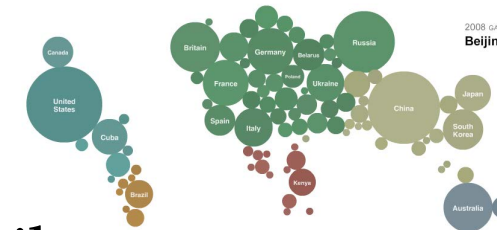
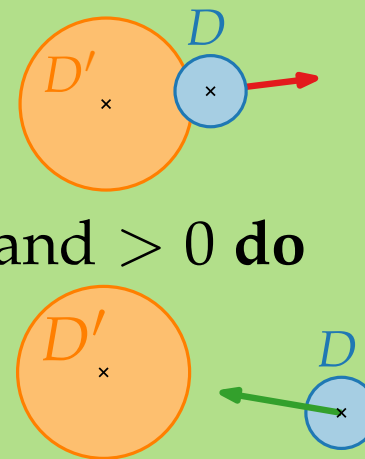
Kreiskartogramme [Dorling '95]

- einfache, abstrakte Form: jede Region als Kreisscheibe
 - Fläche fest skaliert bzgl. gegebener Größe
 - initiale Platzierung im Schwerpunkt der Region
 - iteratives Verschieben zum Auflösen der Überlappungen
- kräftebasierter Algorithmus (ähnlich Spring-Embedder):

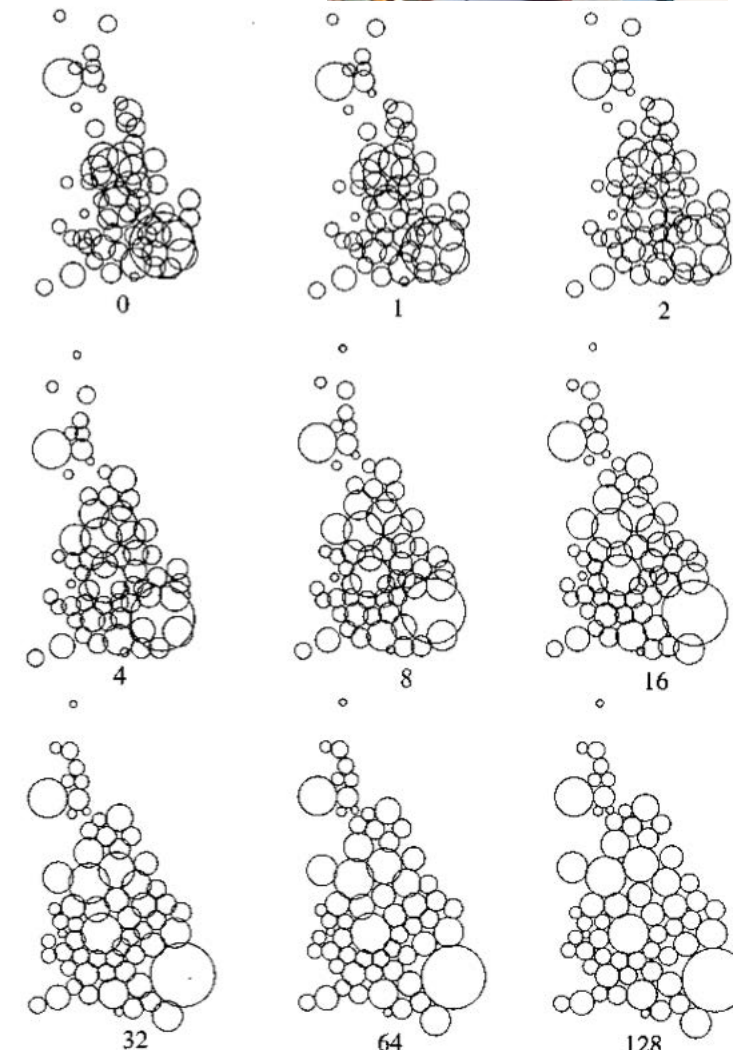
```

while Kräfte >  $\varepsilon$  do
  foreach disk  $D$  do
    foreach disk  $D' \cap D \neq \emptyset$  do
      | Abstoßung von  $D'$ 
    foreach geogr. Nachbar  $D'$  von  $D$  mit Abstand > 0 do
      | Anziehung zu  $D'$ 

```



Danny Dorling

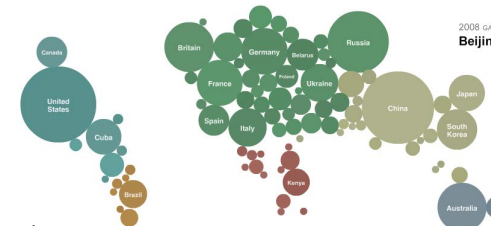
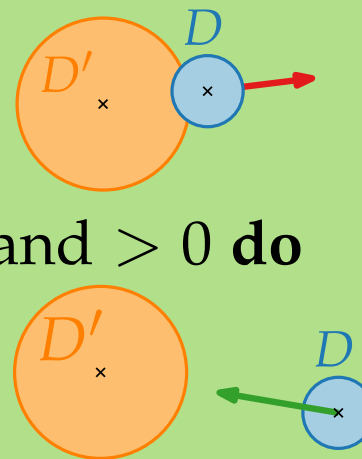


Kreiskartogramme [Dorling '95]

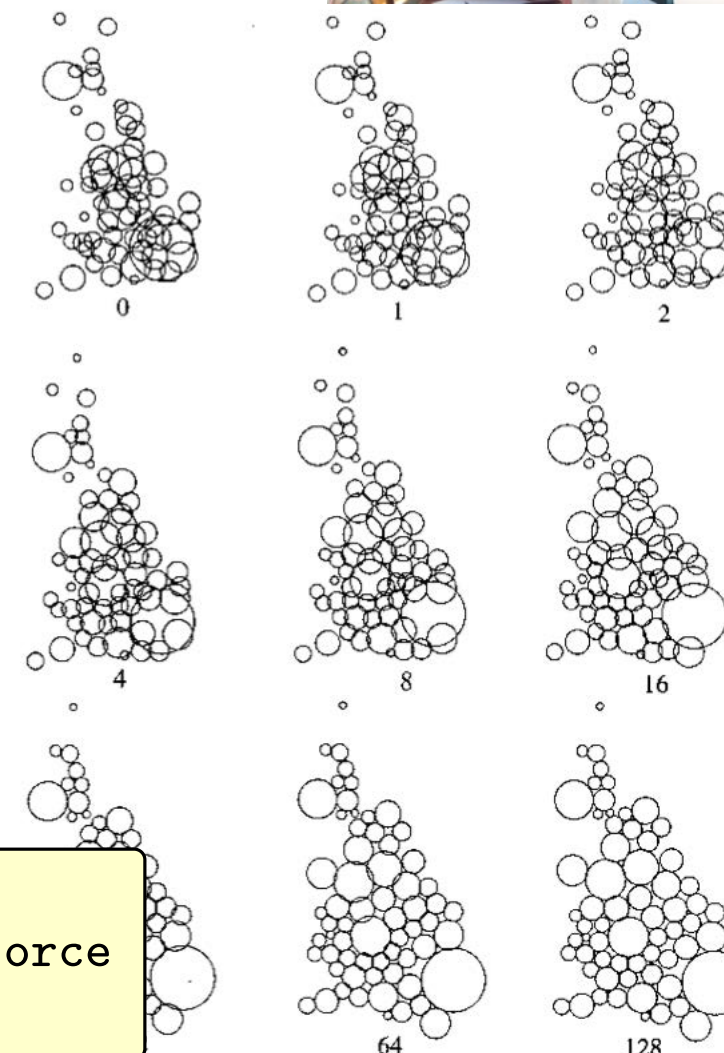
- einfache, abstrakte Form: jede Region als Kreisscheibe
 - Fläche fest skaliert bzgl. gegebener Größe
 - initiale Platzierung im Schwerpunkt der Region
 - iteratives Verschieben zum Auflösen der Überlappungen
- kräftebasierter Algorithmus (ähnlich Spring-Embedder):

```

while Kräfte > ε do
  foreach disk  $D$  do
    foreach disk  $D' \cap D \neq \emptyset$  do
      └ Abstoßung von  $D'$ 
    foreach geogr. Nachbar  $D'$  von  $D$  mit Abstand > 0 do
      └ Anziehung zu  $D'$ 
  
```



Danny Dorling



Demo.

<https://observablehq.com/@observablehq/dorling-cartograms-in-plot-with-d3-force>

<https://observablehq.com/@joewdavies/dorling-cartogram-configuration>

Verbesserung Kreiskartogramme [Inoue '11]



Weiteres Kriterium:



Ryo Inoue

Verbesserung Kreiskartogramme [Inoue '11]



Weiteres Kriterium:

- minimiere Abweichung der relativen Lage benachbarter Regionen



Ryo Inoue

Verbesserung Kreiskartogramme [Inoue '11]



Weiteres Kriterium:

- minimiere Abweichung der relativen Lage benachbarter Regionen

Formulierung als nicht-lineares Optimierungsproblem:



Ryo Inoue

Verbesserung Kreiskartogramme [Inoue '11]



Weiteres Kriterium:

- minimiere Abweichung der relativen Lage benachbarter Regionen

Formulierung als nicht-lineares Optimierungsproblem:

Minimiere

unter den NB.



Ryo Inoue

Verbesserung Kreiskartogramme [Inoue '11]



Weiteres Kriterium:

- minimiere Abweichung der relativen Lage benachbarter Regionen

Formulierung als nicht-lineares Optimierungsproblem:

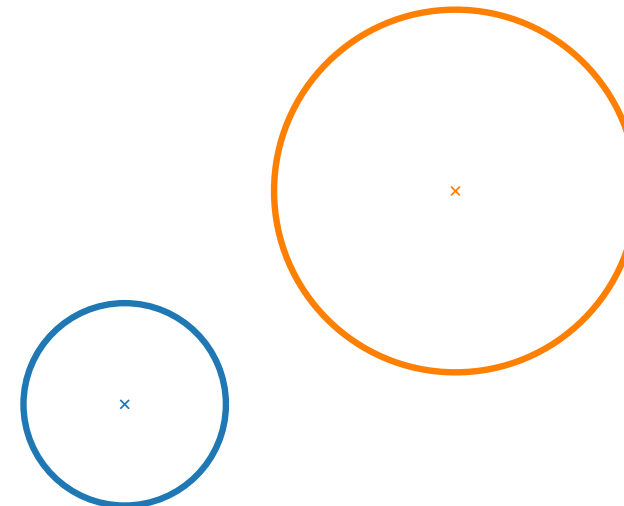
Minimiere $\sum_{(i,j) \in E} \left[\alpha \left(\frac{d_{ij}}{r_i + r_j} - 1 \right)^2 \right]$

geogr. Nachbarn

unter den NB.



Ryo Inoue



Verbesserung Kreiskartogramme [Inoue '11]



Weiteres Kriterium:

- minimiere Abweichung der relativen Lage benachbarter Regionen

Formulierung als nicht-lineares Optimierungsproblem:

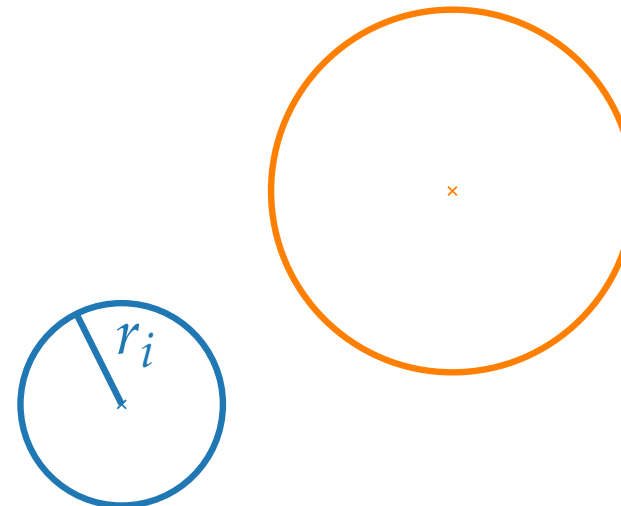
Minimiere $\sum_{(i,j) \in E} \left[\alpha \left(\frac{d_{ij}}{r_i + r_j} - 1 \right)^2 \right]$

geogr. Nachbarn

unter den NB.



Ryo Inoue



Verbesserung Kreiskartogramme [Inoue '11]



Weiteres Kriterium:

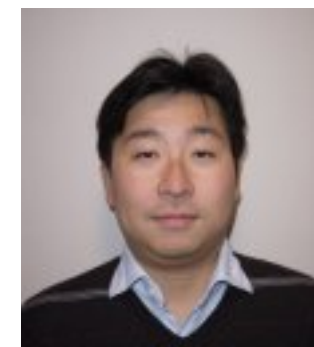
- minimiere Abweichung der relativen Lage benachbarter Regionen

Formulierung als nicht-lineares Optimierungsproblem:

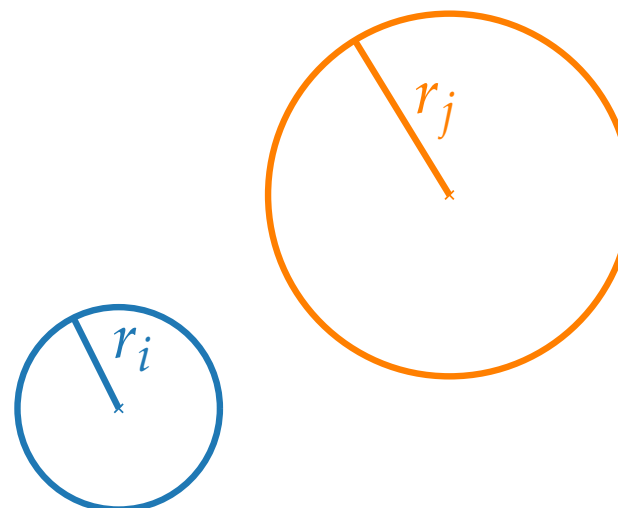
Minimiere $\sum_{(i,j) \in E} \left[\alpha \left(\frac{d_{ij}}{r_i + r_j} - 1 \right)^2 \right]$

geogr. Nachbarn

unter den NB.



Ryo Inoue



Verbesserung Kreiskartogramme [Inoue '11]



Weiteres Kriterium:

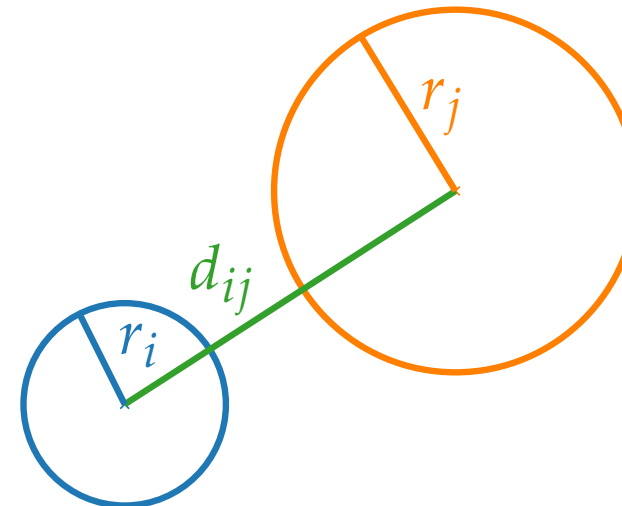
- minimiere Abweichung der relativen Lage benachbarter Regionen

Formulierung als nicht-lineares Optimierungsproblem:

Minimiere $\sum_{(i,j) \in E} \left[\alpha \left(\frac{d_{ij}}{r_i + r_j} - 1 \right)^2 \right]$

geogr. Nachbarn

unter den NB.



Ryo Inoue

Verbesserung Kreiskartogramme [Inoue '11]



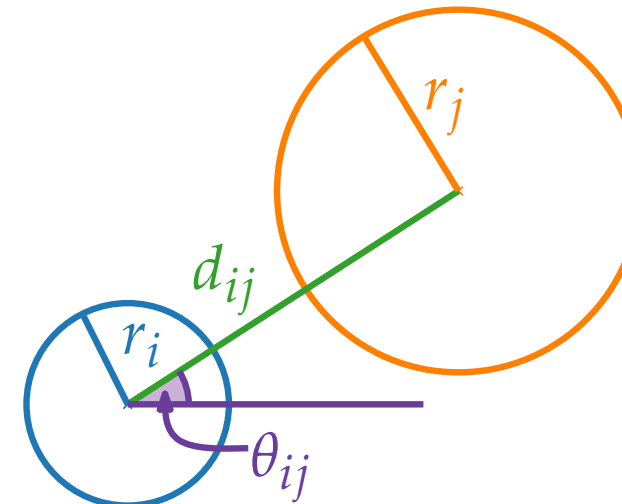
Weiteres Kriterium:

- minimiere Abweichung der relativen Lage benachbarter Regionen

Formulierung als nicht-lineares Optimierungsproblem:

Minimiere ^{geogr. Nachbarn} $\sum_{(i,j) \in E} \left[\alpha \left(\frac{d_{ij}}{r_i + r_j} - 1 \right)^2 + (1 - \alpha) \left(\theta_{ij} - \theta_{ij}^{(0)} \right)^2 \right]$

unter den NB.



Ryo Inoue

Verbesserung Kreiskartogramme [Inoue '11]



Weiteres Kriterium:

- minimiere Abweichung der relativen Lage benachbarter Regionen

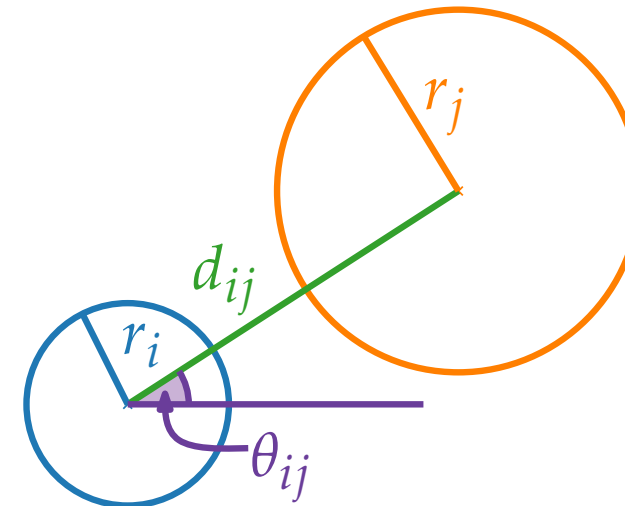
Formulierung als nicht-lineares Optimierungsproblem:

Minimiere $\sum_{(i,j) \in E} \left[\alpha \left(\frac{d_{ij}}{r_i + r_j} - 1 \right)^2 + (1 - \alpha) \left(\theta_{ij} - \theta_{ij}^{(0)} \right)^2 \right]$

geogr. Nachbarn

Eingabewinkel

unter den NB.



Ryo Inoue

Verbesserung Kreiskartogramme [Inoue '11]



Weiteres Kriterium:

- minimiere Abweichung der relativen Lage benachbarter Regionen

Formulierung als nicht-lineares Optimierungsproblem:

Minimiere $\sum_{(i,j) \in E} \left[\alpha \left(\frac{d_{ij}}{r_i + r_j} - 1 \right)^2 + (1 - \alpha) \left(\theta_{ij} - \theta_{ij}^{(0)} \right)^2 \right]$

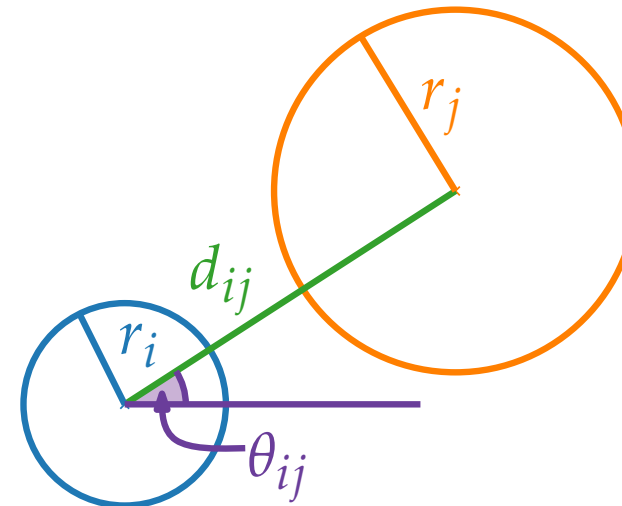
geogr. Nachbarn

Eingabewinkel

unter den NB. $d_{ij} \geq$ $\forall i \neq j$

$d_{ij} =$

$\theta_{ij} =$



Ryo Inoue

Verbesserung Kreiskartogramme [Inoue '11]



Weiteres Kriterium:

- minimiere Abweichung der relativen Lage benachbarter Regionen

Formulierung als nicht-lineares Optimierungsproblem:

Minimiere $\sum_{(i,j) \in E} \left[\alpha \left(\frac{d_{ij}}{r_i + r_j} - 1 \right)^2 + (1 - \alpha) \left(\theta_{ij} - \theta_{ij}^{(0)} \right)^2 \right]$

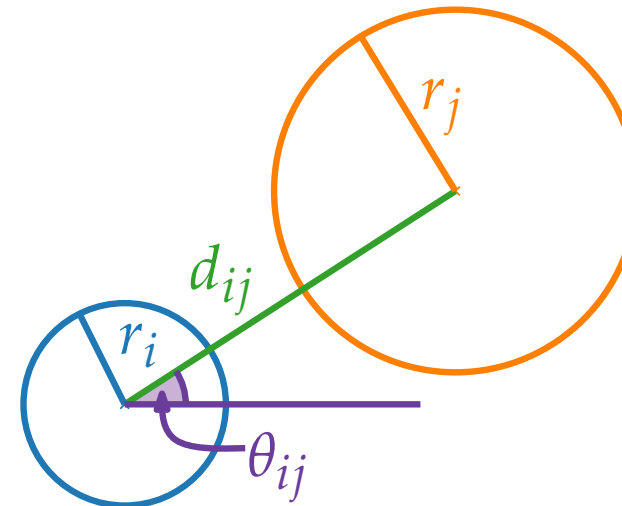
geogr. Nachbarn

Eingabewinkel

unter den NB. $d_{ij} \geq r_i + r_j \quad \forall i \neq j$

$d_{ij} =$

$\theta_{ij} =$



Ryo Inoue

Verbesserung Kreiskartogramme [Inoue '11]



Weiteres Kriterium:

- minimiere Abweichung der relativen Lage benachbarter Regionen

Formulierung als nicht-lineares Optimierungsproblem:

Minimiere $\sum_{(i,j) \in E} \left[\alpha \left(\frac{d_{ij}}{r_i + r_j} - 1 \right)^2 + (1 - \alpha) \left(\theta_{ij} - \theta_{ij}^{(0)} \right)^2 \right]$

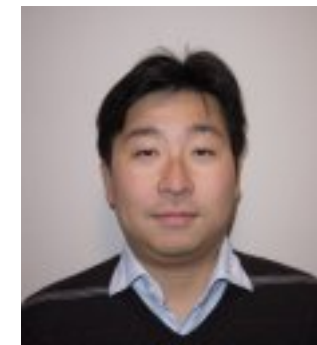
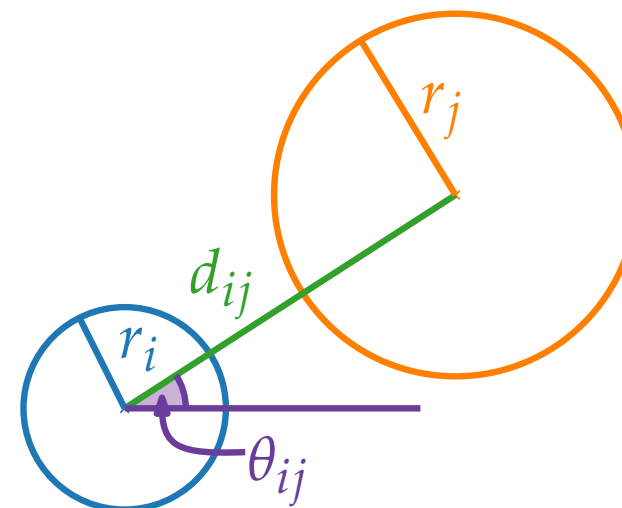
geogr. Nachbarn

Eingabewinkel

unter den NB. $d_{ij} \geq r_i + r_j \quad \forall i \neq j$

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

$$\theta_{ij} =$$



Ryo Inoue

Verbesserung Kreiskartogramme [Inoue '11]



Weiteres Kriterium:

- minimiere Abweichung der relativen Lage benachbarter Regionen

Formulierung als nicht-lineares Optimierungsproblem:

Minimiere $\sum_{(i,j) \in E} \left[\alpha \left(\frac{d_{ij}}{r_i + r_j} - 1 \right)^2 + (1 - \alpha) \left(\theta_{ij} - \theta_{ij}^{(0)} \right)^2 \right]$

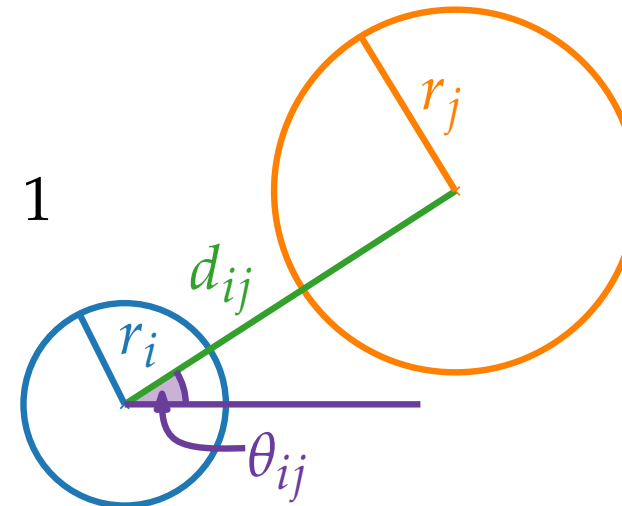
geogr. Nachbarn

Eingabewinkel

unter den NB. $d_{ij} \geq r_i + r_j \quad \forall i \neq j$

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

$$\theta_{ij} = \arctan \frac{y_j - y_i}{x_j - x_i}, \quad 0 \leq \alpha \leq 1$$



Ryo Inoue

Verbesserung Kreiskartogramme [Inoue '11]



Weiteres Kriterium:

- minimiere Abweichung der relativen Lage benachbarter Regionen

Formulierung als nicht-lineares Optimierungsproblem:

Minimiere $\sum_{(i,j) \in E} \left[\alpha \left(\frac{d_{ij}}{r_i + r_j} - 1 \right)^2 + (1 - \alpha) \left(\theta_{ij} - \theta_{ij}^{(0)} \right)^2 \right]$

geogr. Nachbarn

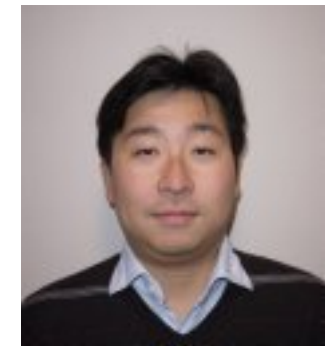
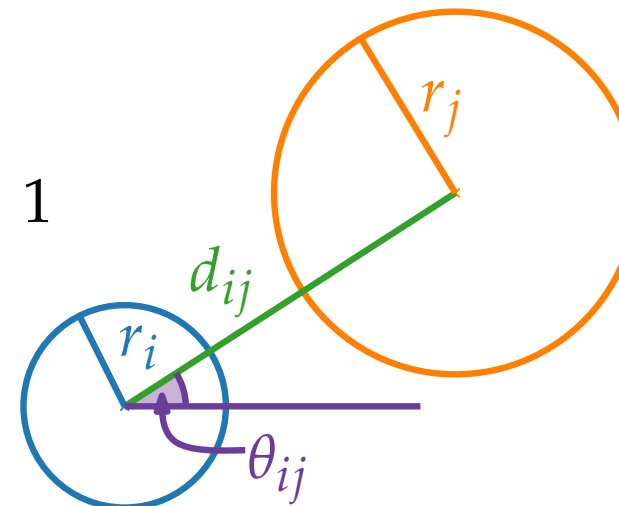
Eingabewinkel

unter den NB. $d_{ij} \geq r_i + r_j \quad \forall i \neq j$

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

$$\theta_{ij} = \arctan \frac{y_j - y_i}{x_j - x_i}, \quad 0 \leq \alpha \leq 1$$

Lösung mit Solver NUOPT.



Ryo Inoue

Verbesserung Kreiskartogramme [Inoue '11]



Ryo Inoue

Weiteres Kriteri

■ minimiere

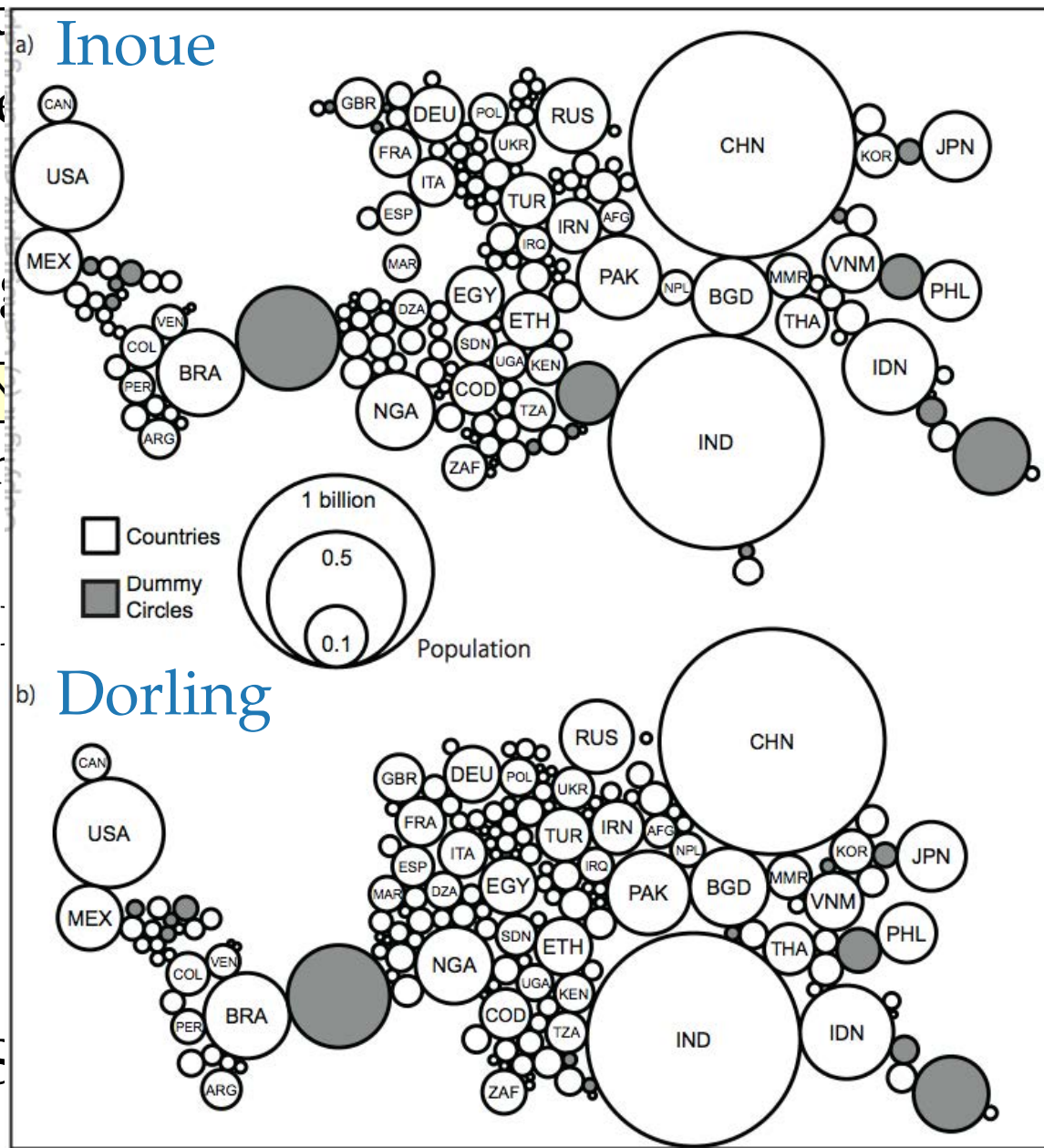
Formulierung

geogr. N

Minim

unter den

Lösung mit S

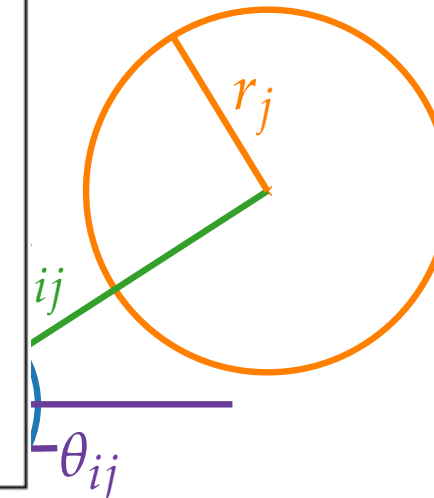


schbarter Regionen

lem:

$$- \theta_{ij}^{(0)} \Big)^2 \Big]$$

Eingabewinkel



Verbesserung Kreiskartogramme [Inoue '11]



Weiteres Kriterium:

- minimiere Abweichung der relativen Lage benachbarter Regionen

Formulierung als nicht-lineares Optimierungsproblem:

Minimiere $\sum_{(i,j) \in E} \left[\alpha \left(\frac{d_{ij}}{r_i + r_j} - 1 \right)^2 + (1 - \alpha) \left(\theta_{ij} - \theta_{ij}^{(0)} \right)^2 \right]$

geogr. Nachbarn

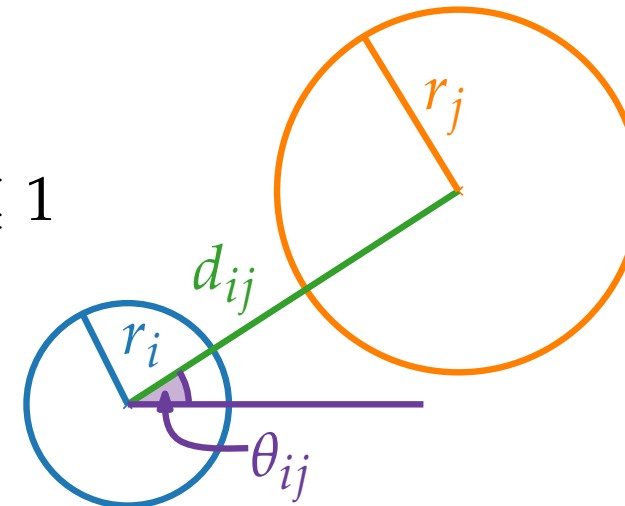
Eingabewinkel

unter den NB. $d_{ij} \geq r_i + r_j \quad \forall i \neq j$

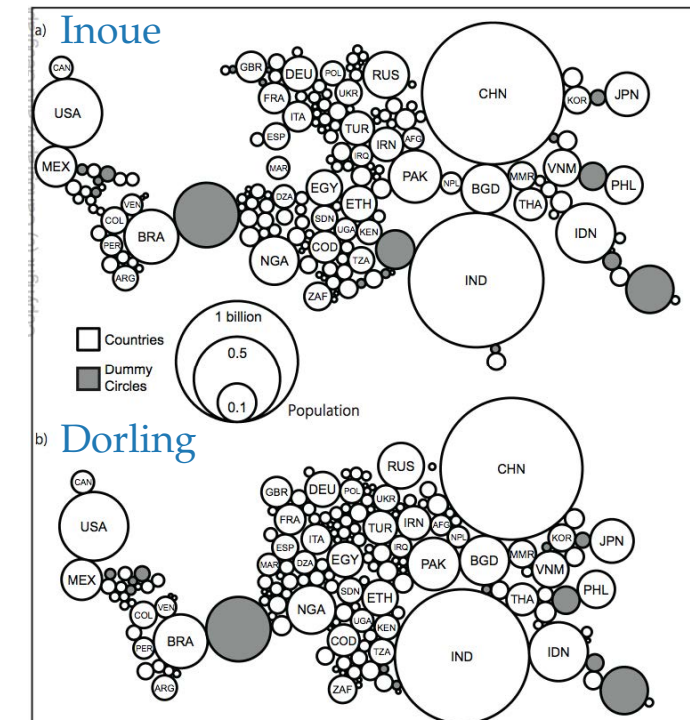
$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

$$\theta_{ij} = \arctan \frac{y_j - y_i}{x_j - x_i}, \quad 0 \leq \alpha \leq 1$$

Lösung mit Solver NUOPT.



Ryo Inoue

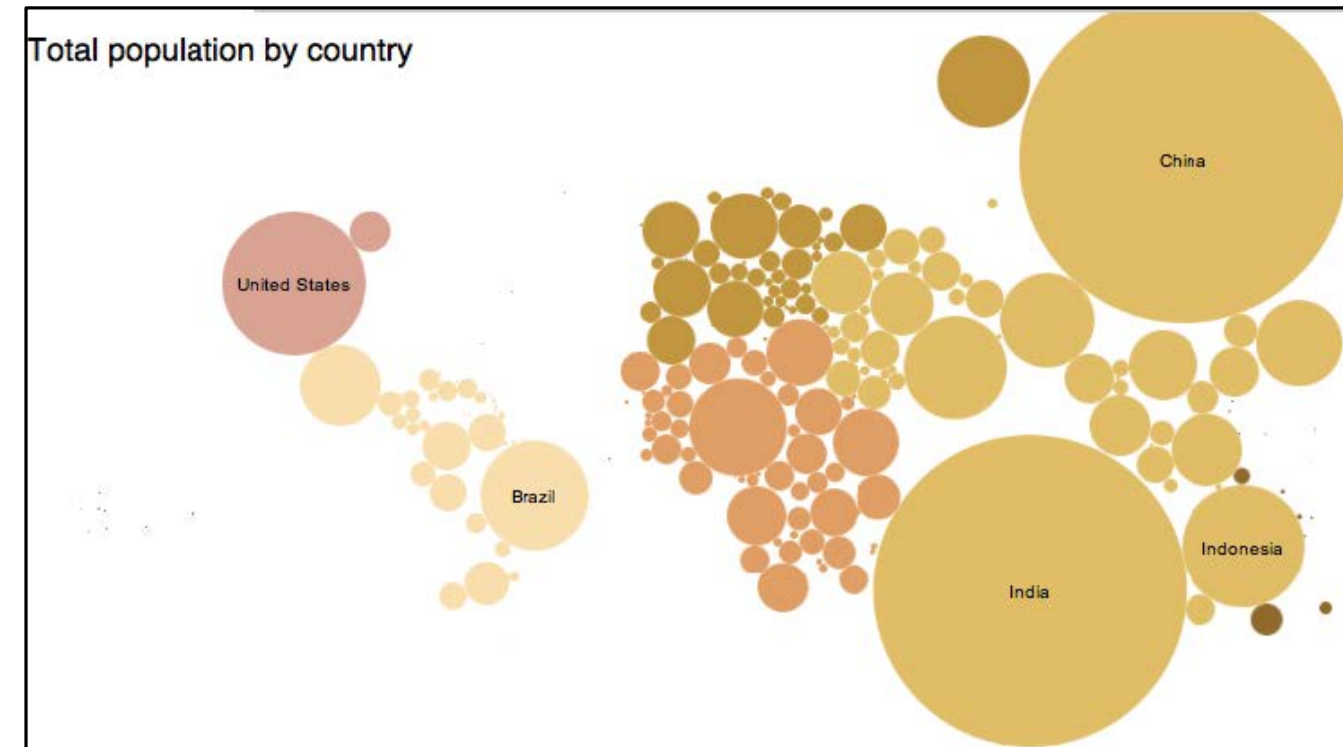


Zusammenfassung Kreiskartogramme



Diskussion.

- Wiedererkennbarkeit der Form
- Vergleichbarkeit
- Lage der Regionen
- korrekte Adjazenzen
- kleiner Flächenfehler
- geringe Komplexität
- Ablesbarkeit der Größe

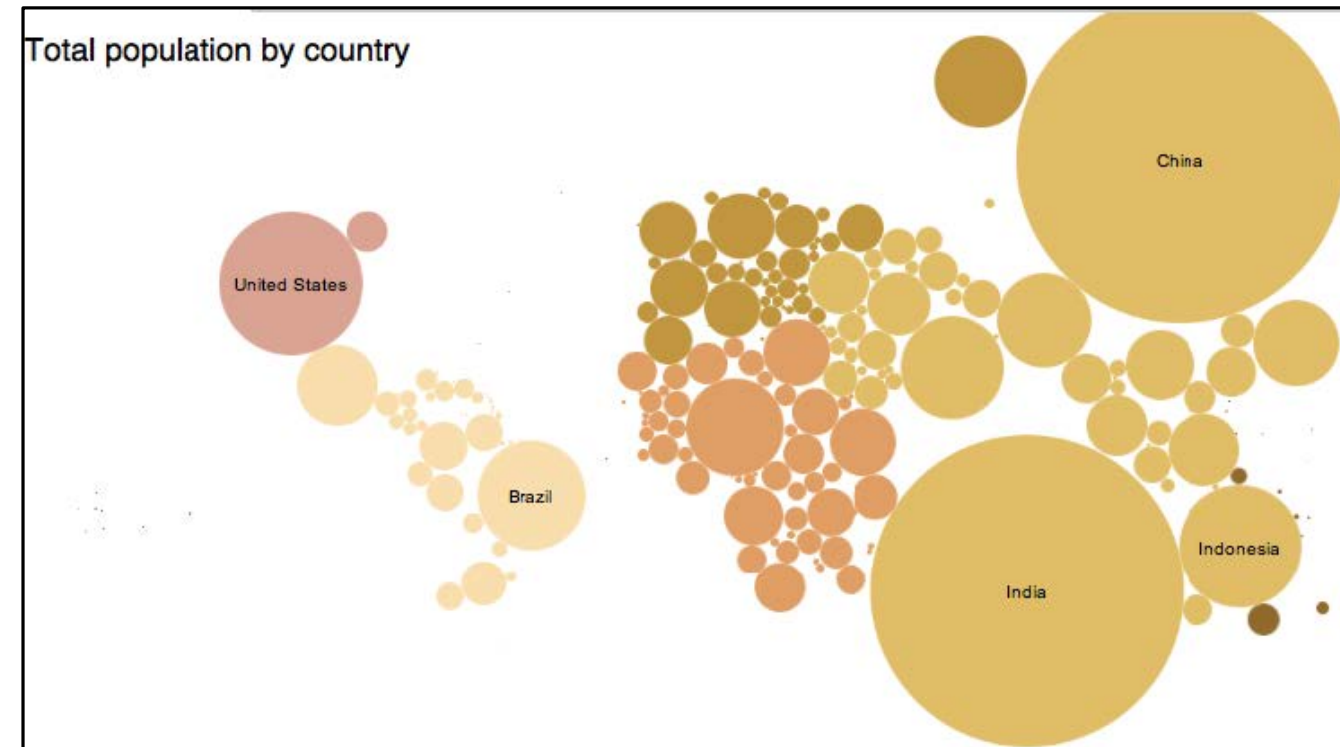


Zusammenfassung Kreiskartogramme



Diskussion.

- Wiedererkennbarkeit der Form ⊖
- Vergleichbarkeit
- Lage der Regionen
- korrekte Adjazenzen
- kleiner Flächenfehler
- geringe Komplexität
- Ablesbarkeit der Größe

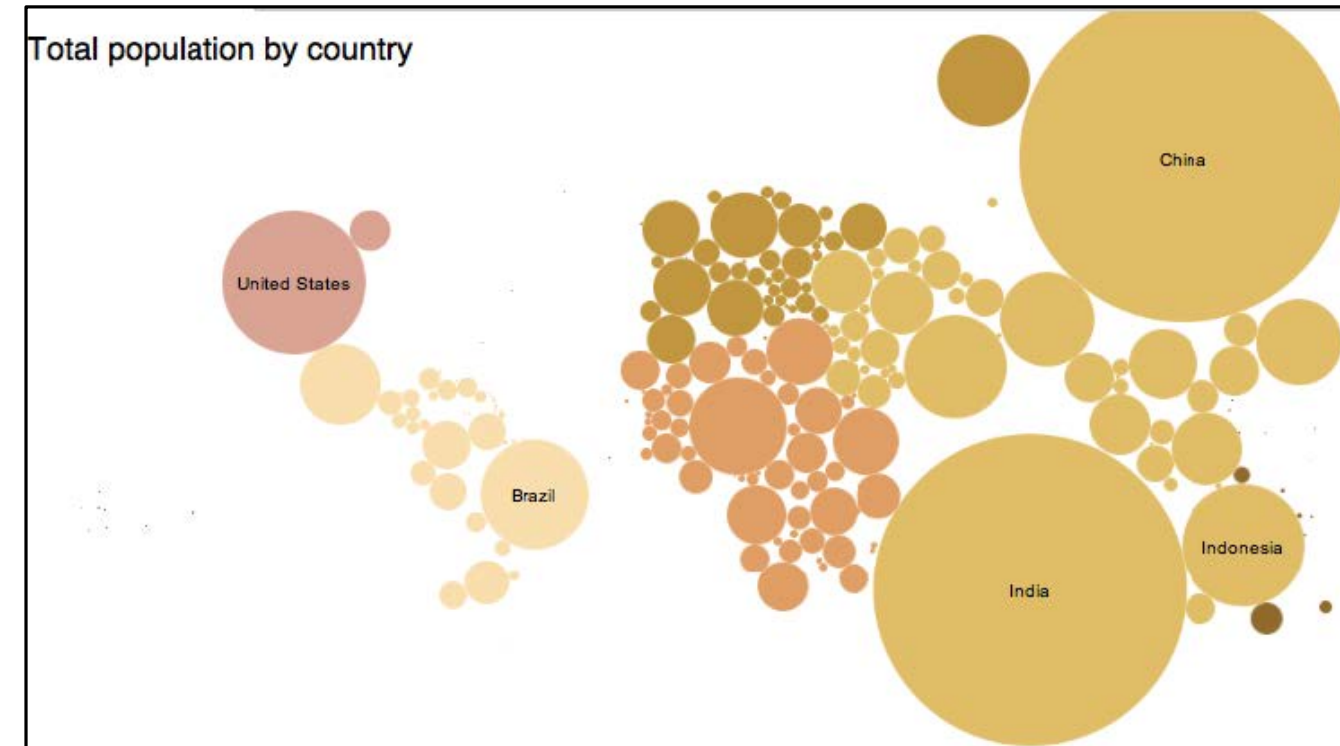


Zusammenfassung Kreiskartogramme



Diskussion.

- Wiedererkennbarkeit der Form ⊖
- Vergleichbarkeit ⊕
- Lage der Regionen
- korrekte Adjazenzen
- kleiner Flächenfehler
- geringe Komplexität
- Ablesbarkeit der Größe

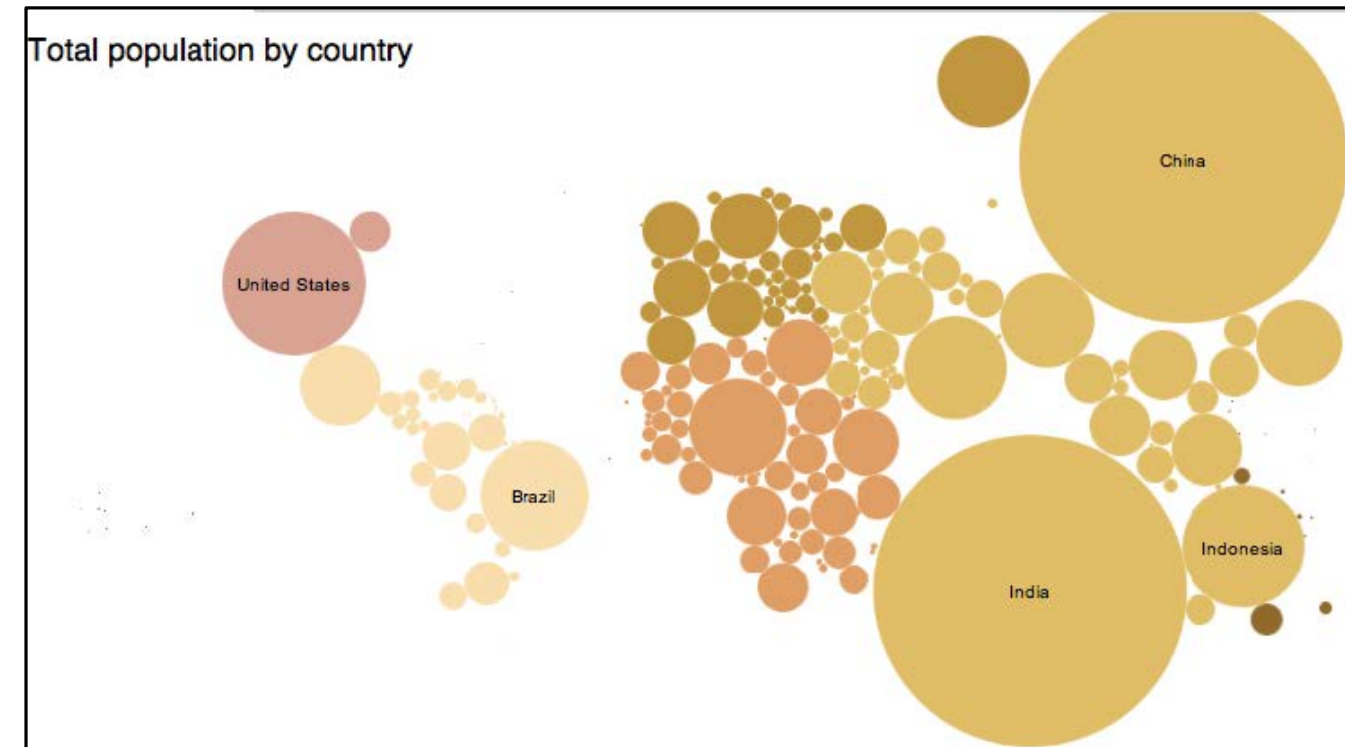


Zusammenfassung Kreiskartogramme



Diskussion.

- Wiedererkennbarkeit der Form
- Vergleichbarkeit
- Lage der Regionen
- korrekte Adjazenzen
- kleiner Flächenfehler
- geringe Komplexität
- Ablesbarkeit der Größe

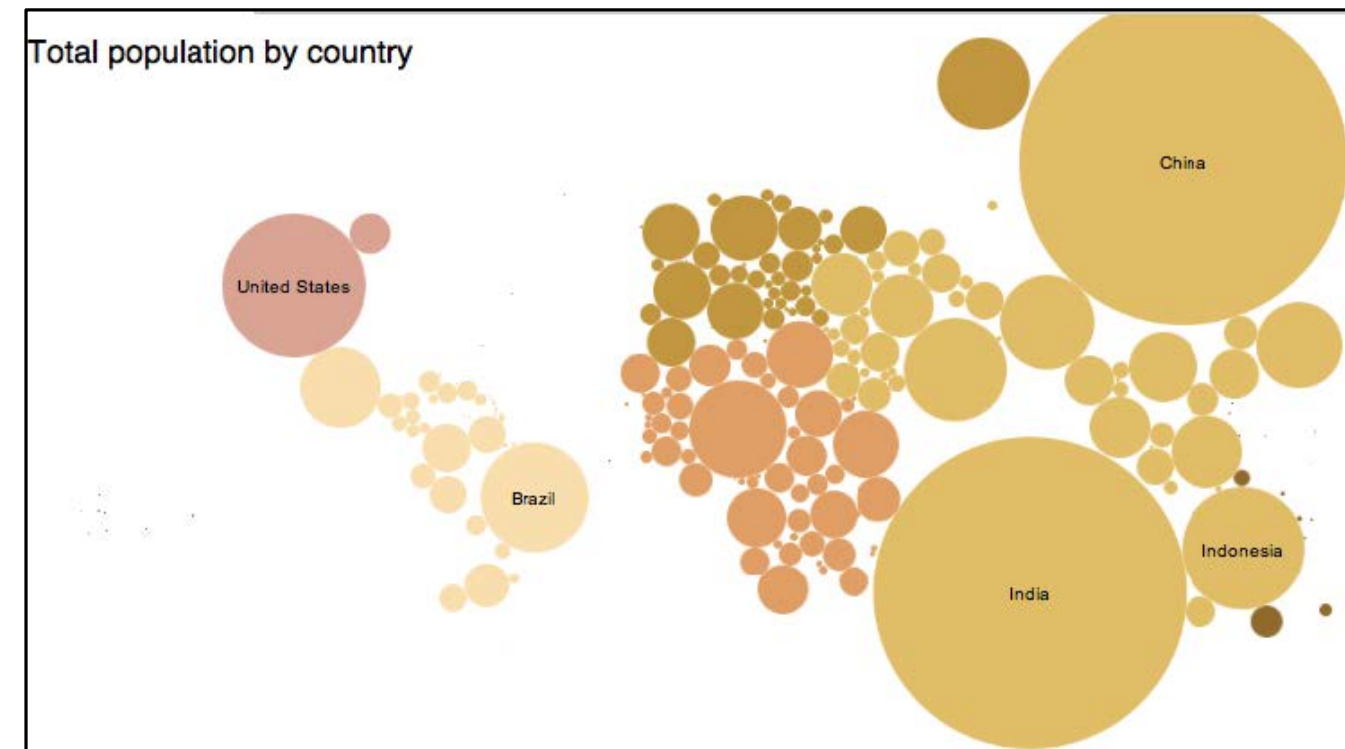


Zusammenfassung Kreiskartogramme



Diskussion.

- Wiedererkennbarkeit der Form
- Vergleichbarkeit
- Lage der Regionen
- korrekte Adjazenzen
- kleiner Flächenfehler
- geringe Komplexität
- Ablesbarkeit der Größe

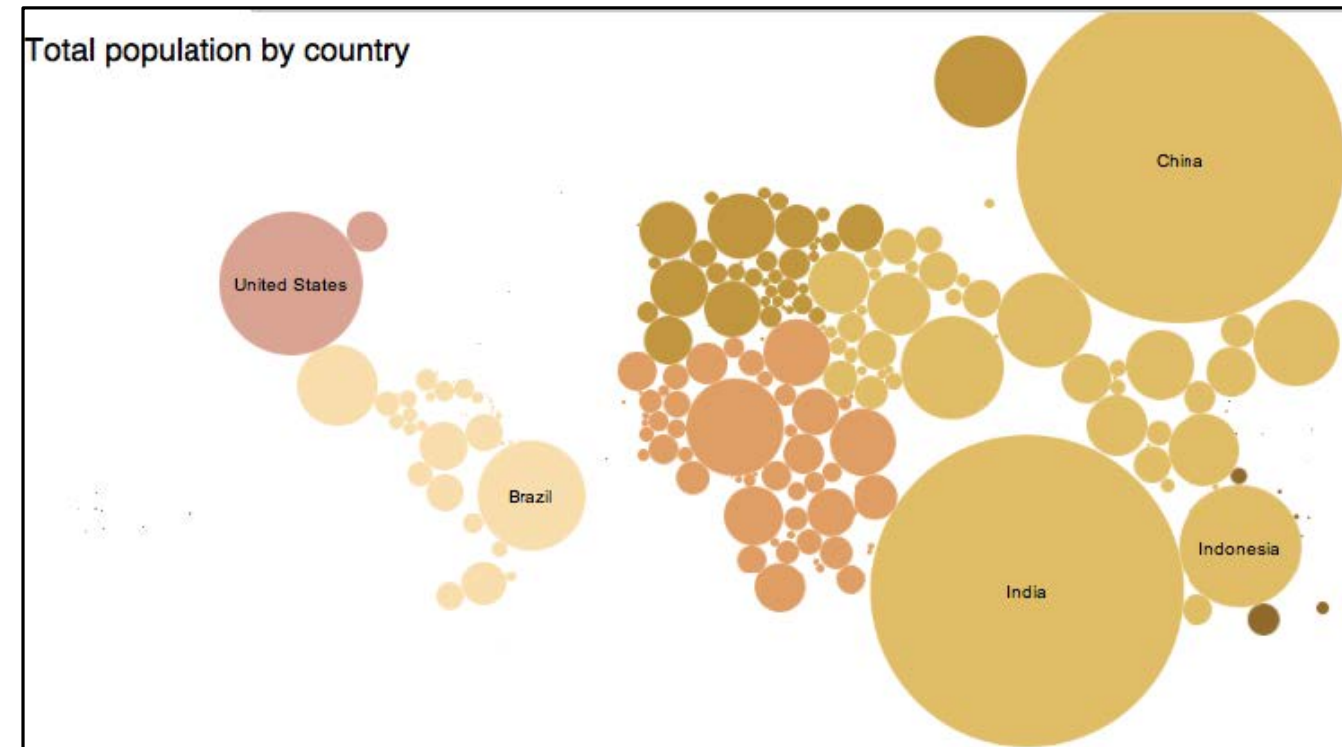


Zusammenfassung Kreiskartogramme



Diskussion.

- Wiedererkennbarkeit der Form
- Vergleichbarkeit
- Lage der Regionen
- korrekte Adjazenzen
- kleiner Flächenfehler
- geringe Komplexität
- Ablesbarkeit der Größe

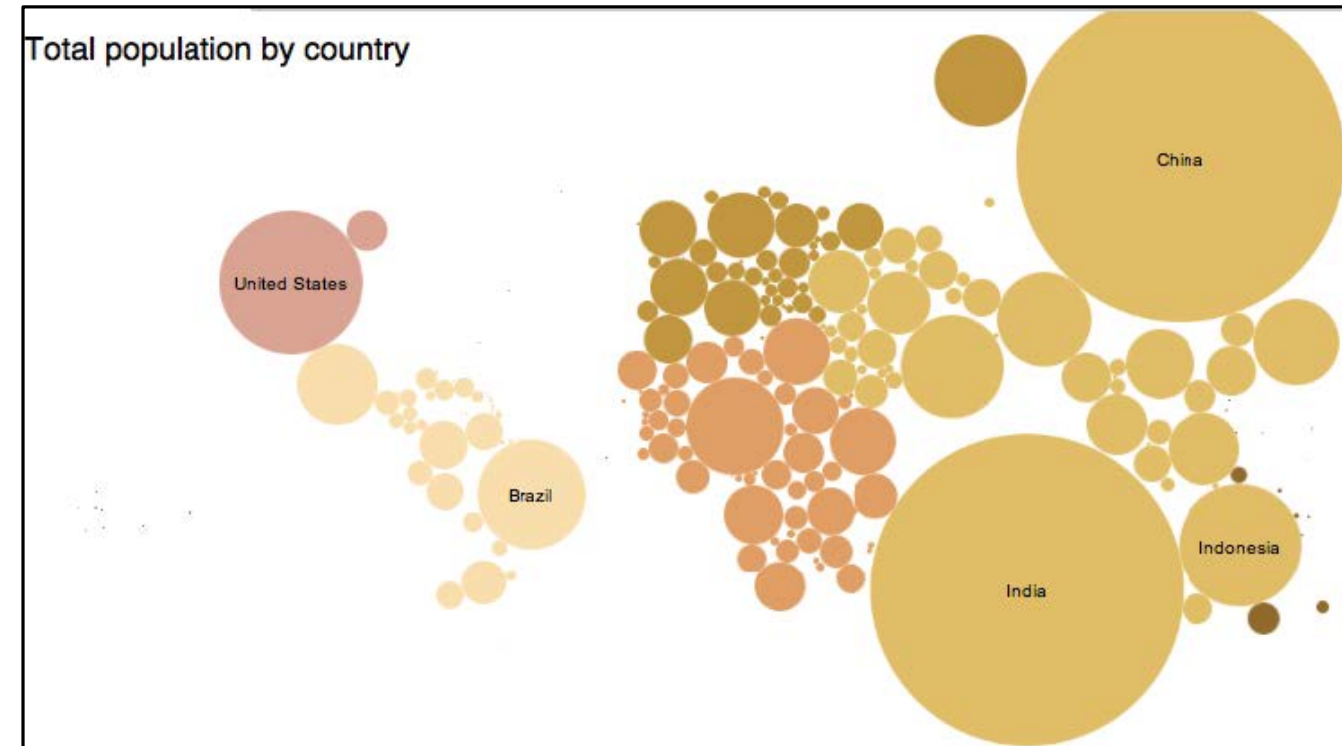


Zusammenfassung Kreiskartogramme



Diskussion.

- Wiedererkennbarkeit der Form
- Vergleichbarkeit
- Lage der Regionen
- korrekte Adjazenzen
- kleiner Flächenfehler
- geringe Komplexität
- Ablesbarkeit der Größe

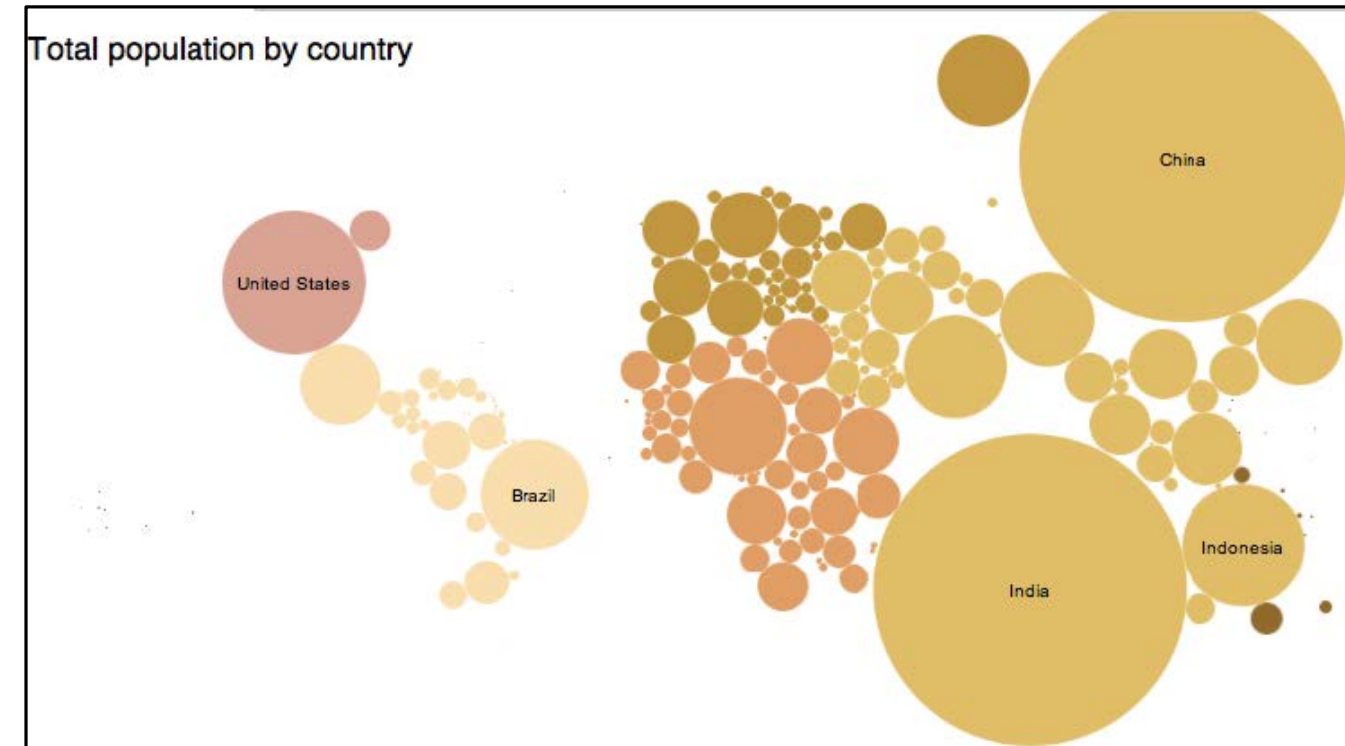


Zusammenfassung Kreiskartogramme



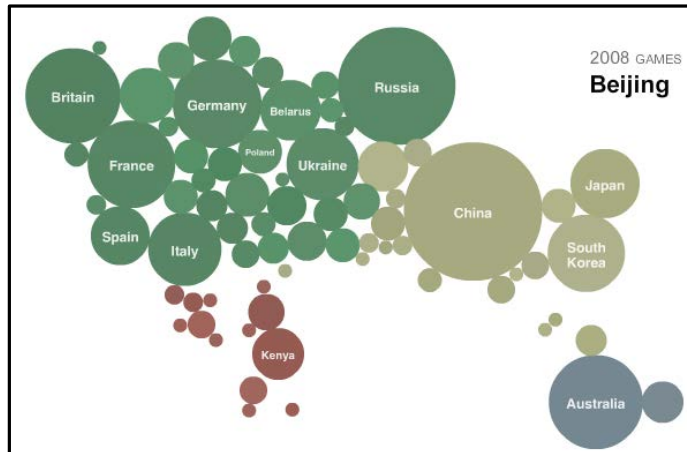
Diskussion.

- Wiedererkennbarkeit der Form
- Vergleichbarkeit
- Lage der Regionen
- korrekte Adjazenzen
- kleiner Flächenfehler
- geringe Komplexität
- Ablesbarkeit der Größe

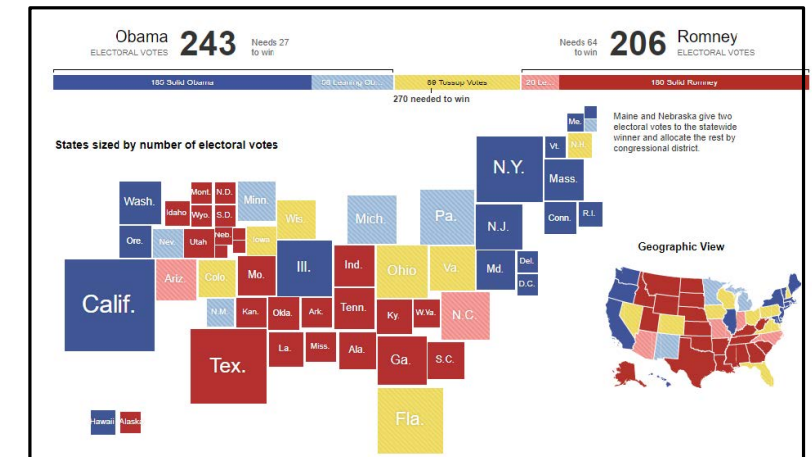
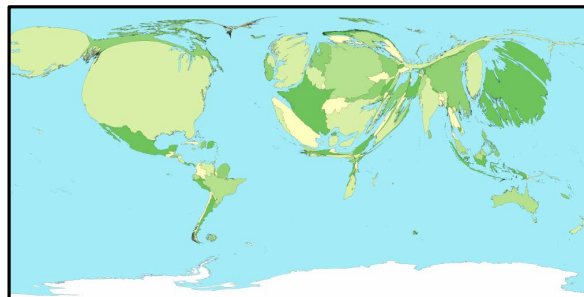


Algorithmen für geographische Informationssysteme

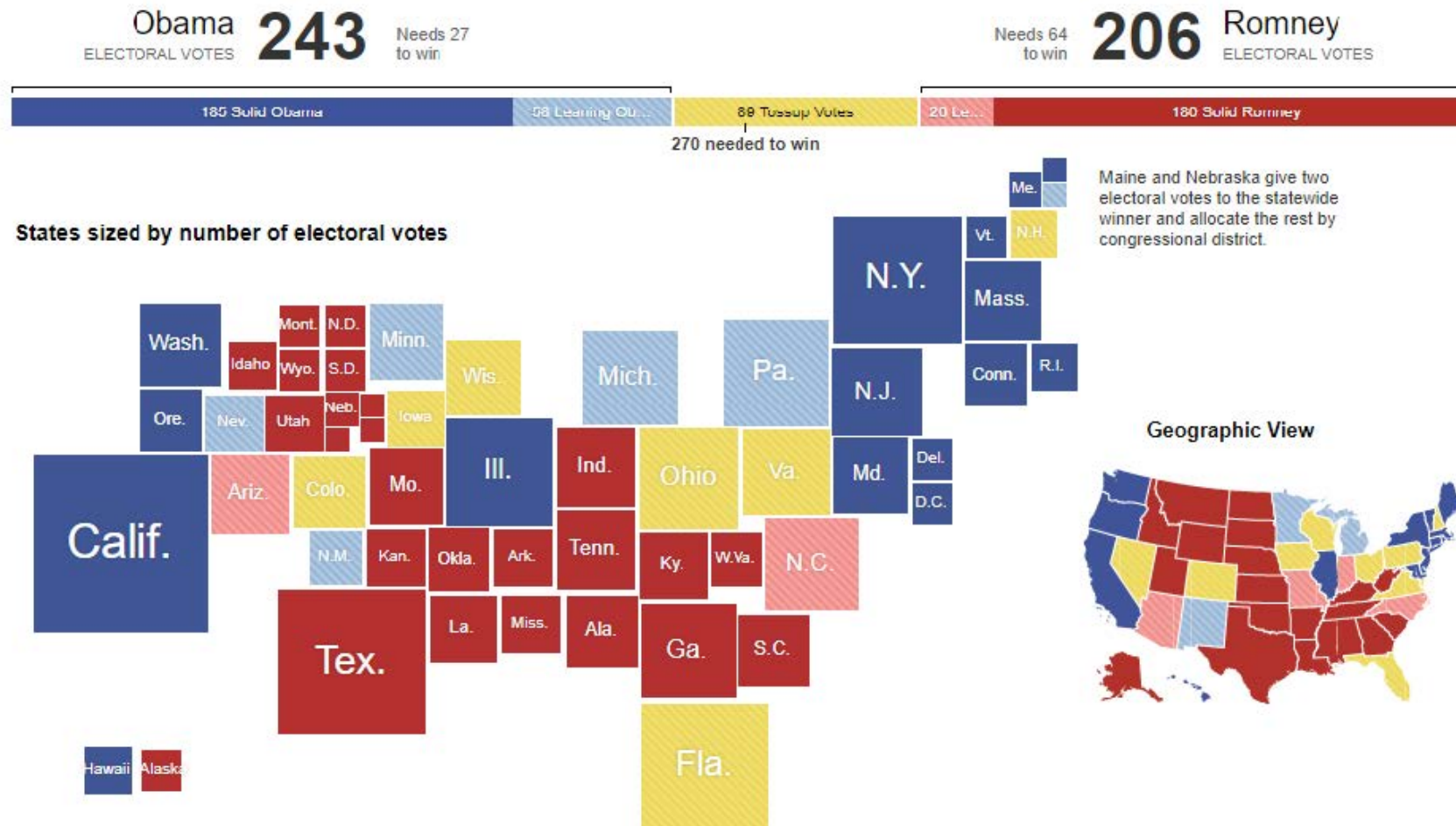
12. Vorlesung Kartogramme



Teil IV: Rechteckskartogramme (auch Demers Kartogramme)

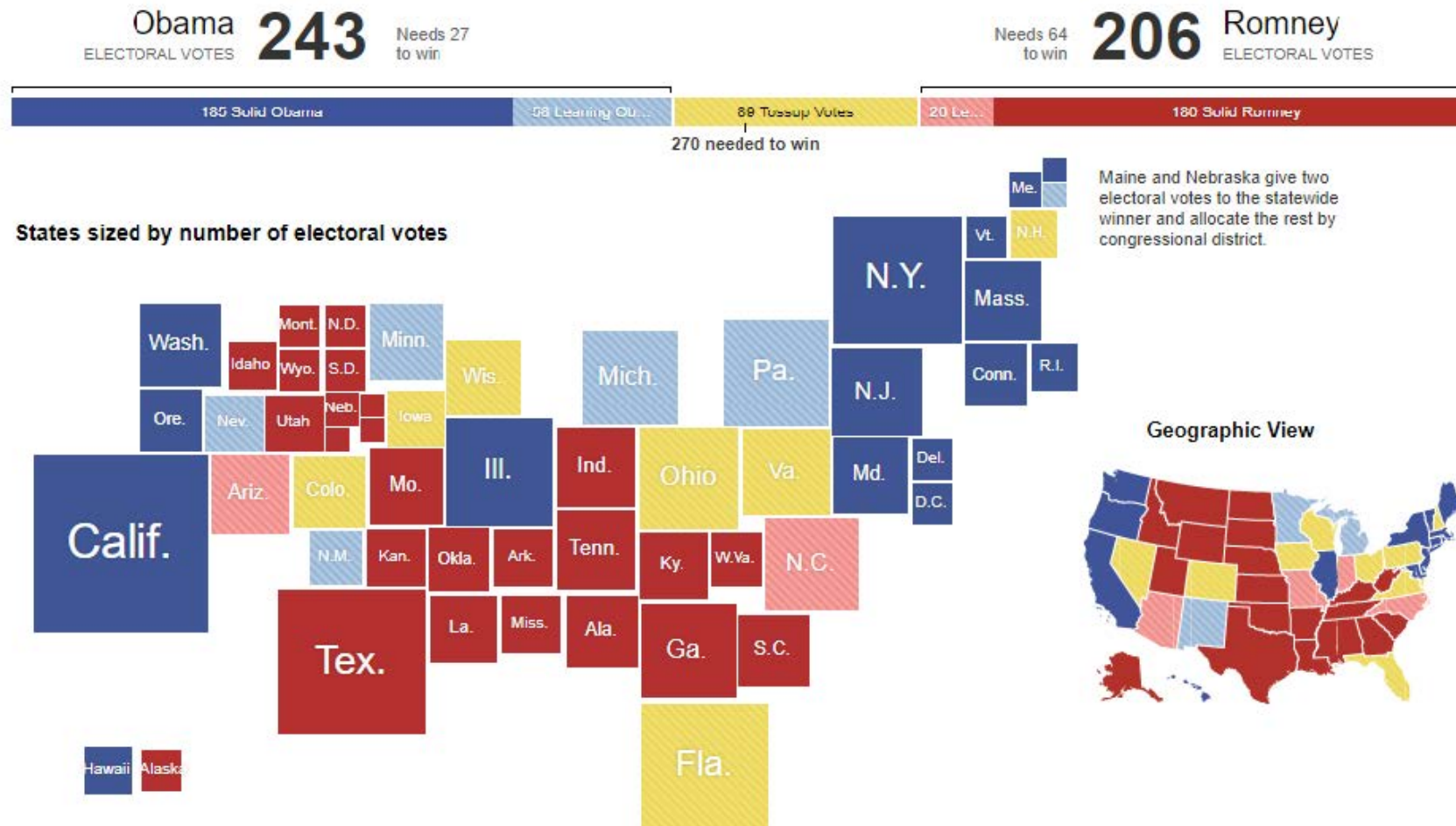


Rechteckskartogramme



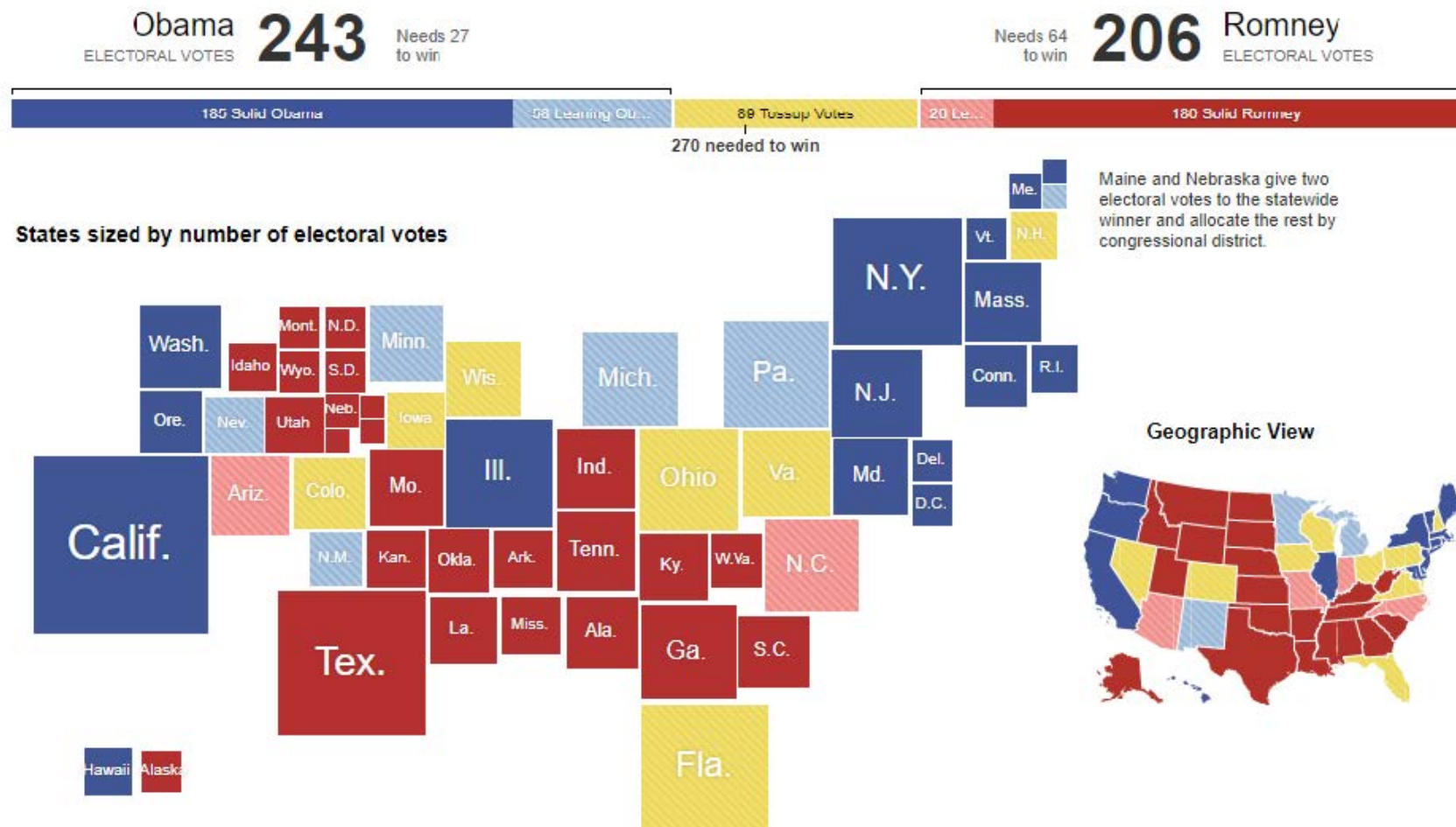
Rechteckskartogramme

- jede Region als Rechteck repräsentiert



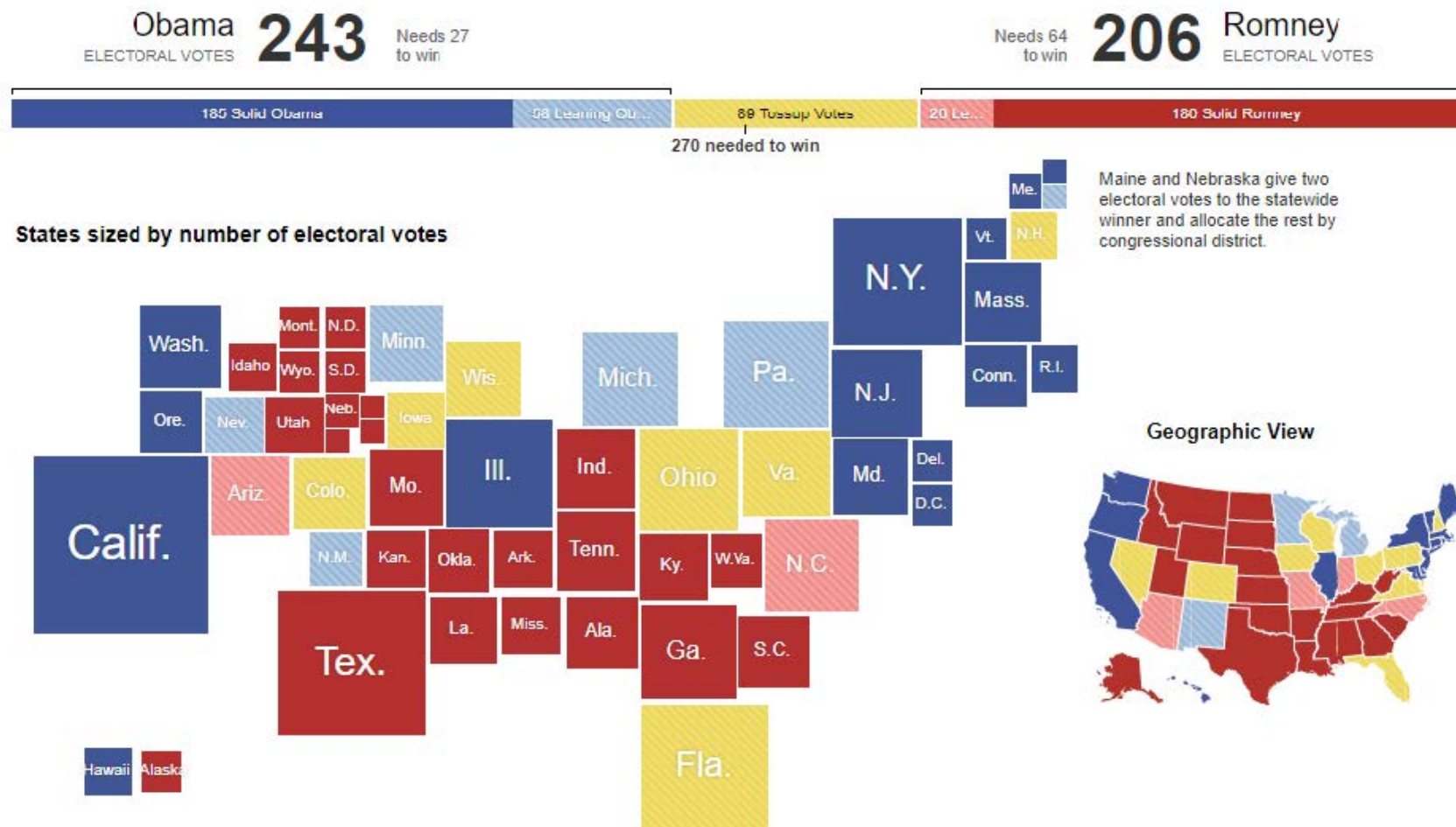
Rechteckskartogramme

- jede Region als Rechteck repräsentiert
- gegebene Zielflächen



Rechteckskartogramme

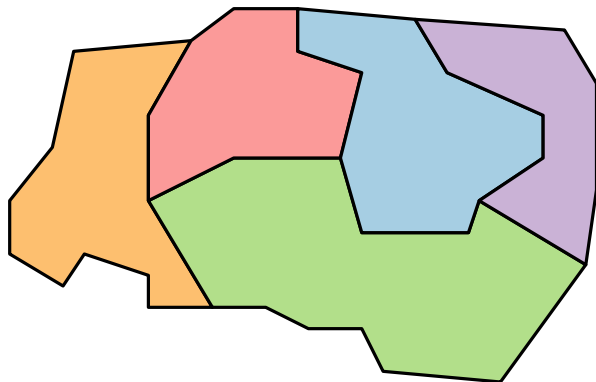
- jede Region als Rechteck repräsentiert
- gegebene Zielflächen
- Trade-Off: korrekte Flächen vs. korrekte Adjazenzen



Problemstellung



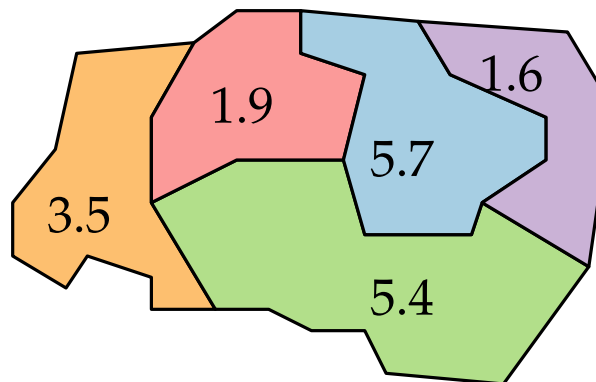
Gegeben. politische Karte M (Rechtecksunterteilung),



Problemstellung



Gegeben. politische Karte M (Rechtecksunterteilung),
positives Gewicht w_i für jede Region R_i

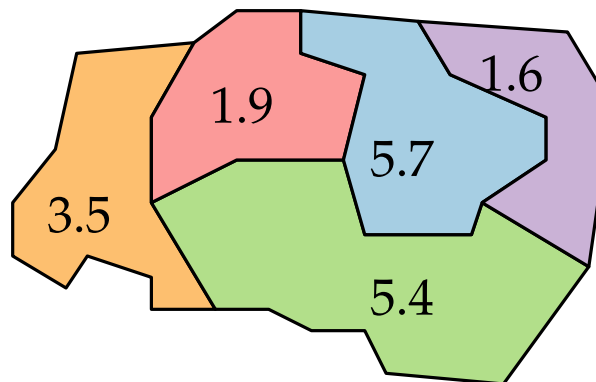


Problemstellung



Gegeben. politische Karte M (Rechtecksunterteilung),
positives Gewicht w_i für jede Region R_i

bzw.

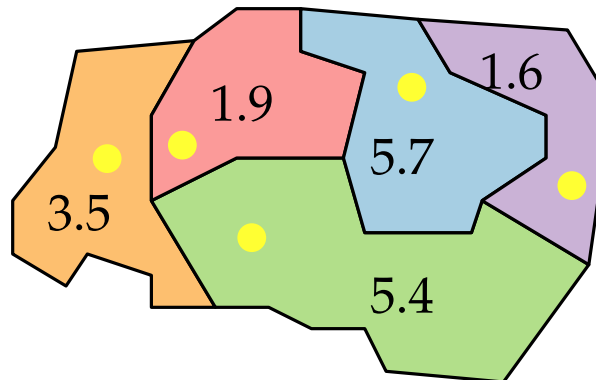


Problemstellung



Gegeben. politische Karte M (Rechtecksunterteilung),
positives Gewicht w_i für jede Region R_i

bzw.

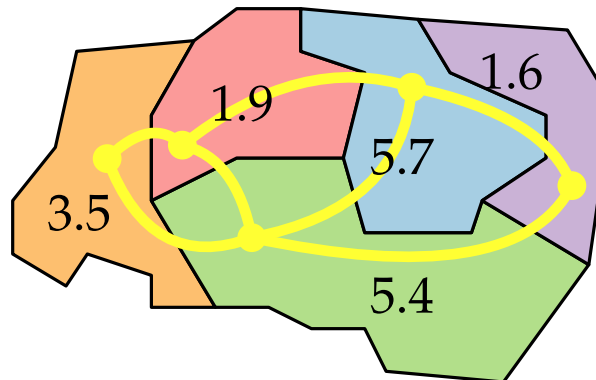


Problemstellung



Gegeben. politische Karte M (Rechtecksunterteilung),
positives Gewicht w_i für jede Region R_i

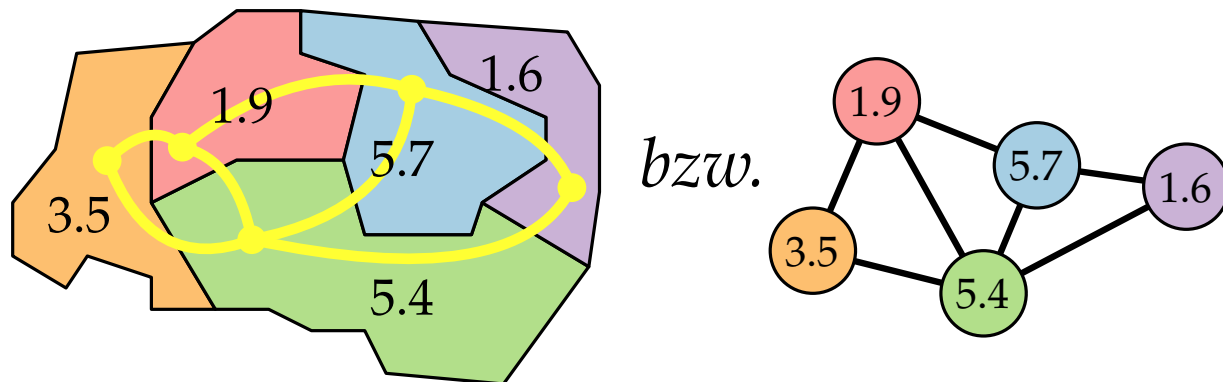
bzw.



Problemstellung

Gegeben. politische Karte M (Rechtecksunterteilung),
positives Gewicht w_i für jede Region R_i

bzw.

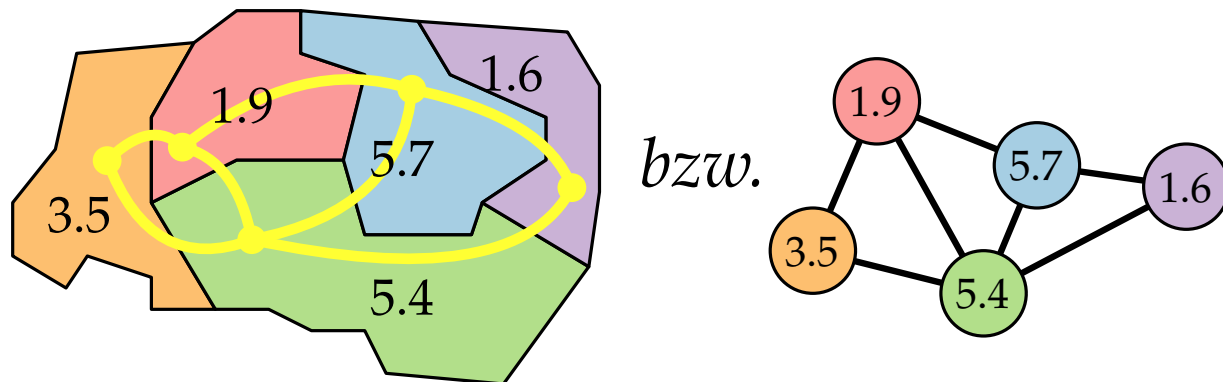




Problemstellung

Gegeben. politische Karte M (Rechtecksunterteilung),
positives Gewicht w_i für jede Region R_i

bzw. knotengewichteter intern triangulierter planar eingeb. Graph G dual zu M ,

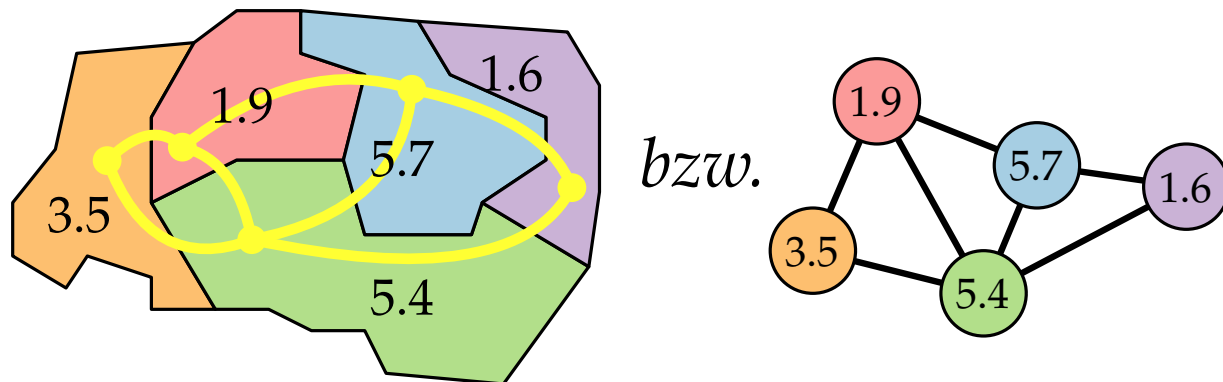




Problemstellung

Gegeben. politische Karte M (Rechtecksunterteilung),
positives Gewicht w_i für jede Region R_i

bzw. knotengewichteter intern triangulierter planar eingeb. Graph G dual zu M ,
Knoten v_i entspricht Region R_i ,

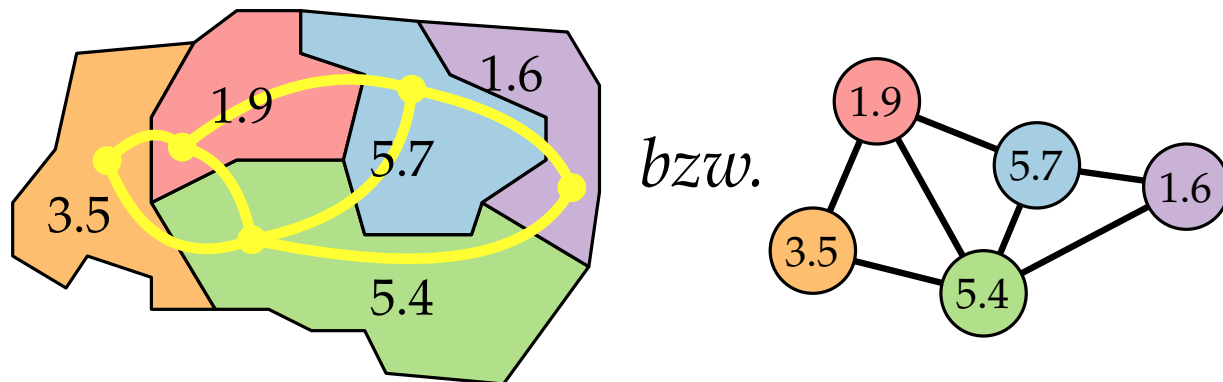




Problemstellung

Gegeben. politische Karte M (Rechtecksunterteilung),
positives Gewicht w_i für jede Region R_i

bzw. knotengewichteter intern triangulierter planar eingeb. Graph G dual zu M ,
Knoten v_i entspricht Region R_i , Kanten zw. adjazenten Regionen,

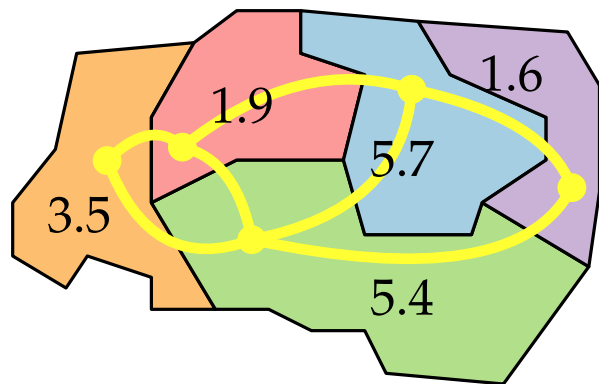




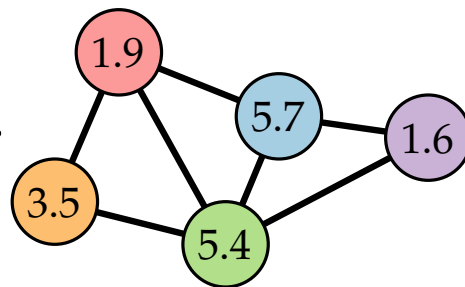
Problemstellung

Gegeben. politische Karte M (Rechtecksunterteilung),
positives Gewicht w_i für jede Region R_i

bzw. knotengewichteter intern triangulierter planar eingeb. Graph G dual zu M ,
Knoten v_i entspricht Region R_i , Kanten zw. adjazenten Regionen,
Knotengewichte w_i



bzw.



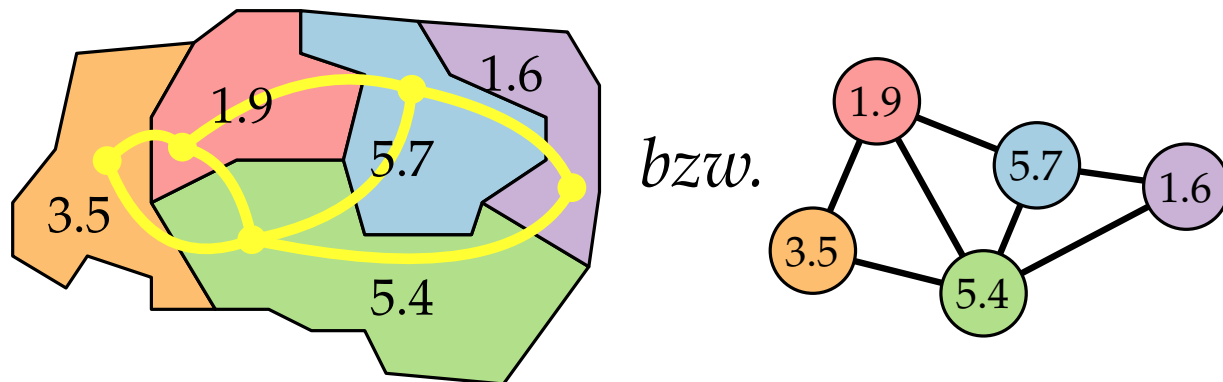


Problemstellung

Gegeben. politische Karte M (Rechtecksunterteilung),
positives Gewicht w_i für jede Region R_i

bzw. knotengewichteter intern triangulierter planar eingeb. Graph G dual zu M ,
Knoten v_i entspricht Region R_i , Kanten zw. adjazenten Regionen,
Knotengewichte w_i

Gesucht. verzerrte Karte M' äquivalent zu M mit $|R_i| = w_i$

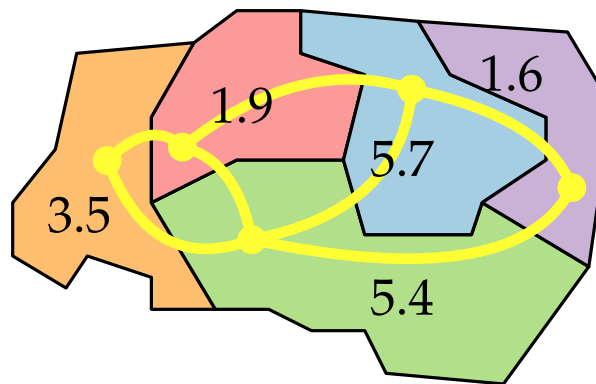


Problemstellung

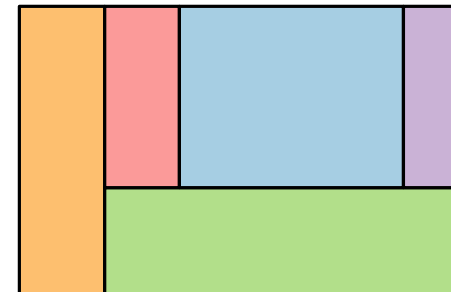
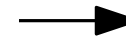
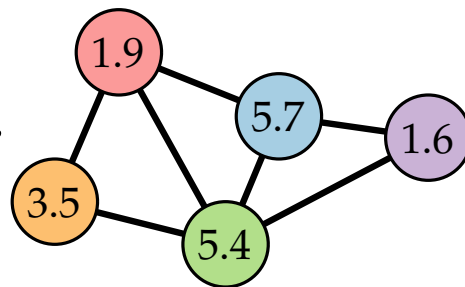
Gegeben. politische Karte M (Rechtecksunterteilung),
positives Gewicht w_i für jede Region R_i

bzw. knotengewichteter intern triangulierter planar eingeb. Graph G dual zu M ,
Knoten v_i entspricht Region R_i , Kanten zw. adjazenten Regionen,
Knotengewichte w_i

Gesucht. verzerrte Karte M' äquivalent zu M mit $|R_i| = w_i$



bzw.



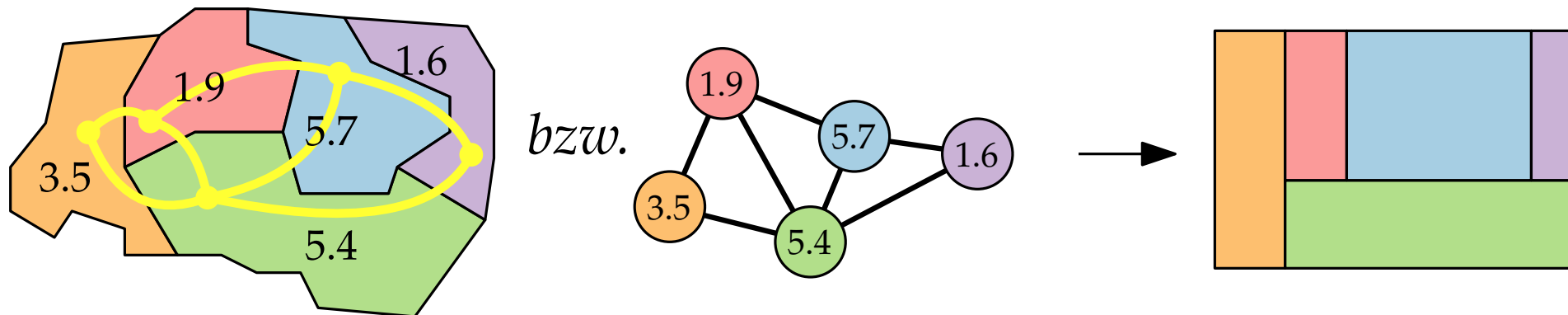
Problemstellung

Gegeben. politische Karte M (Rechtecksunterteilung),
positives Gewicht w_i für jede Region R_i

bzw. knotengewichteter intern triangulierter planar eingeb. Graph G dual zu M ,
Knoten v_i entspricht Region R_i , Kanten zw. adjazenten Regionen,
Knotengewichte w_i

Gesucht. verzerrte Karte M' äquivalent zu M mit $|R_i| = w_i$

bzw. flächenproportionale Kontaktrepräsentation von G ,



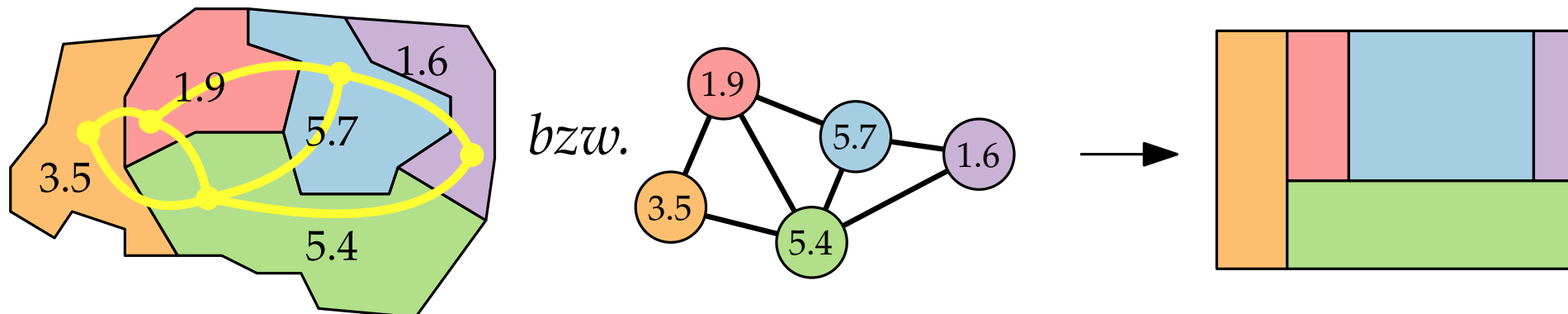
Problemstellung

Gegeben. politische Karte M (Rechtecksunterteilung),
positives Gewicht w_i für jede Region R_i

bzw. knotengewichteter intern triangulierter planar eingeb. Graph G dual zu M ,
Knoten v_i entspricht Region R_i , Kanten zw. adjazenten Regionen,
Knotengewichte w_i

Gesucht. verzerrte Karte M' äquivalent zu M mit $|R_i| = w_i$

bzw. flächenproportionale Kontaktrepräsentation von G ,
jeder Knoten v_i als geometrisches Objekt s_i mit Fläche w_i ,



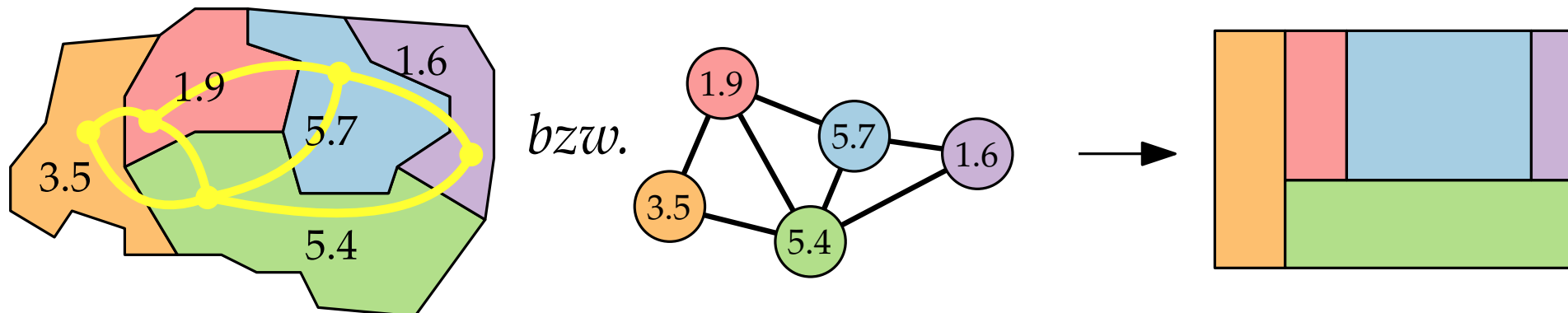
Problemstellung

Gegeben. politische Karte M (Rechtecksunterteilung),
positives Gewicht w_i für jede Region R_i

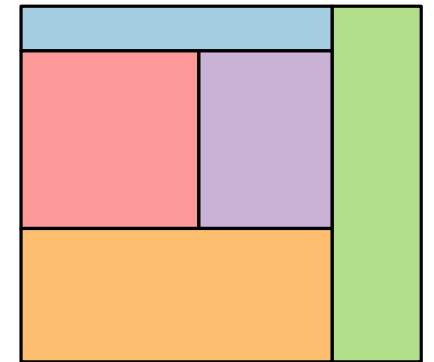
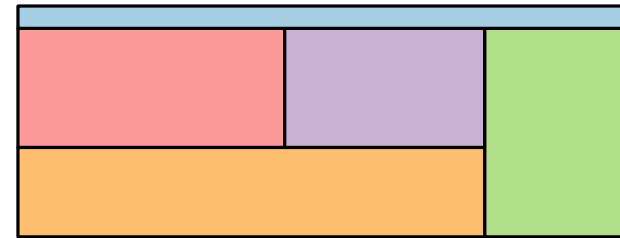
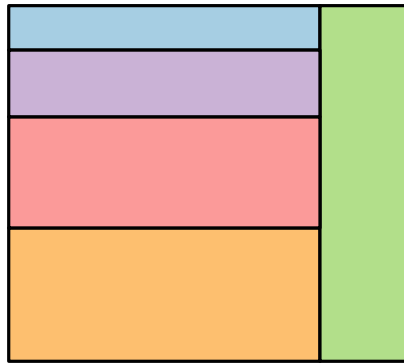
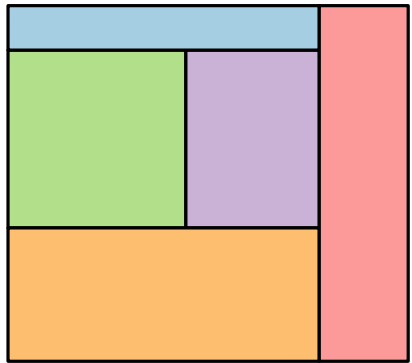
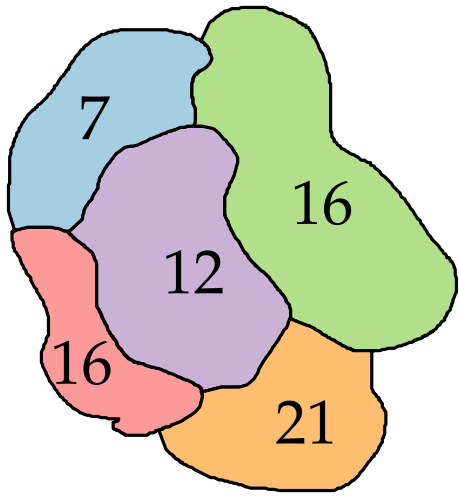
bzw. knotengewichteter intern triangulierter planar eingeb. Graph G dual zu M ,
Knoten v_i entspricht Region R_i , Kanten zw. adjazenten Regionen,
Knotengewichte w_i

Gesucht. verzerrte Karte M' äquivalent zu M mit $|R_i| = w_i$

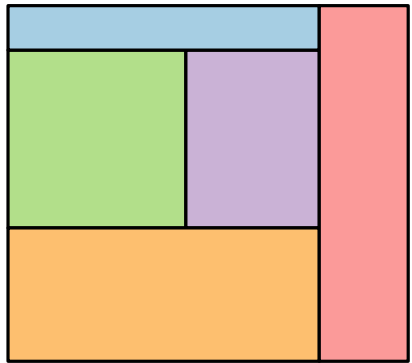
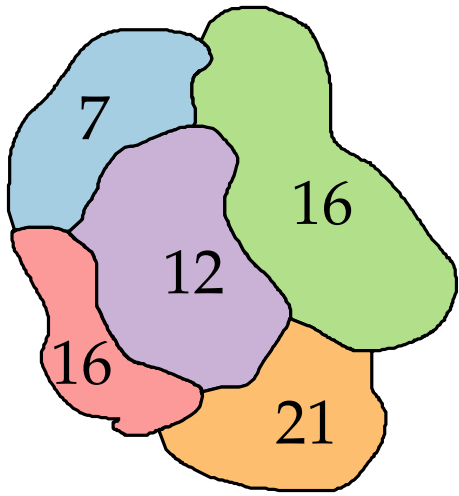
bzw. flächenproportionale Kontaktrepräsentation von G ,
jeder Knoten v_i als geometrisches Objekt s_i mit Fläche w_i ,
so dass s_i und s_j sich berühren $\Leftrightarrow v_i v_j \in E$



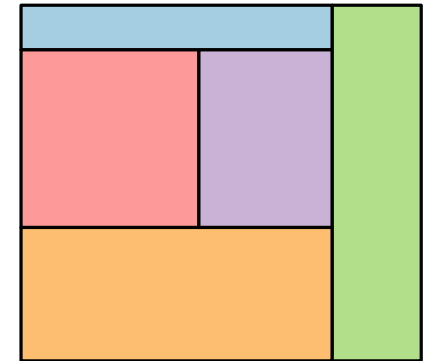
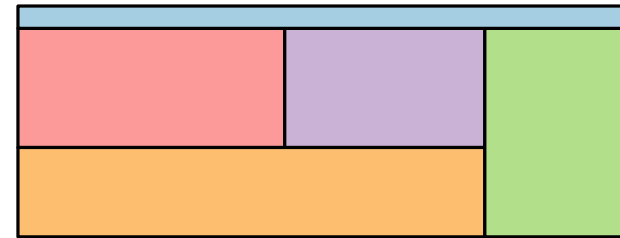
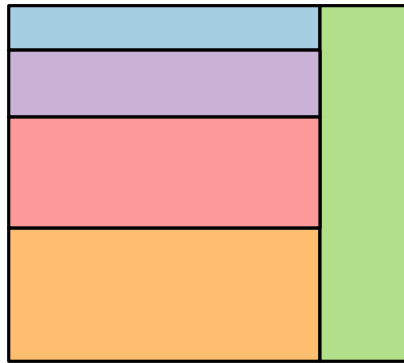
Qualitätskriterien



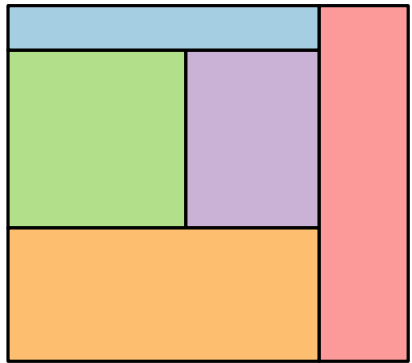
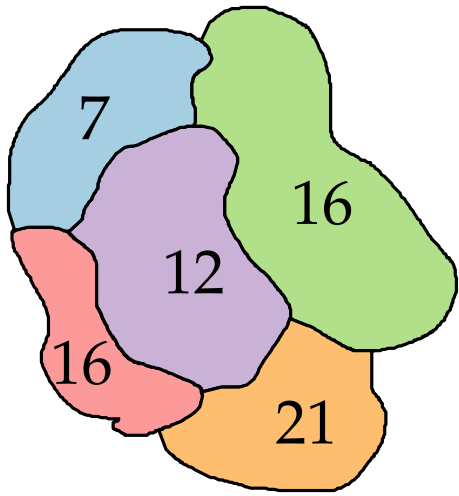
Qualitätskriterien



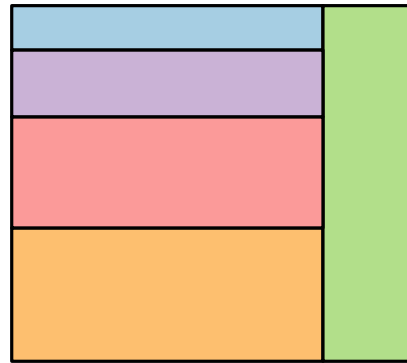
falsche relative Lage



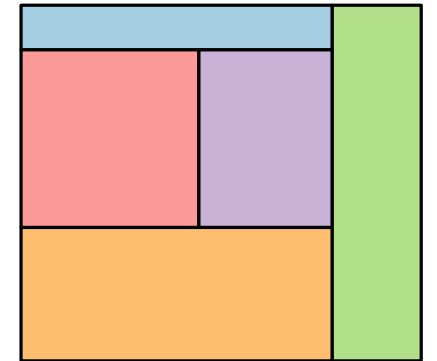
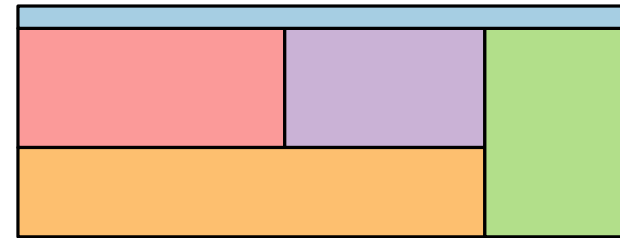
Qualitätskriterien



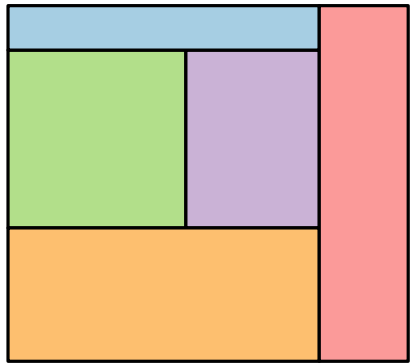
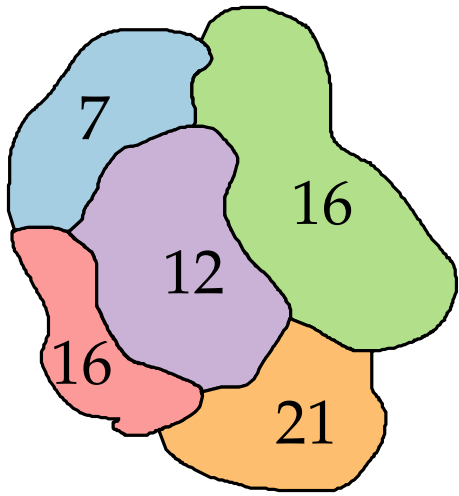
falsche relative Lage



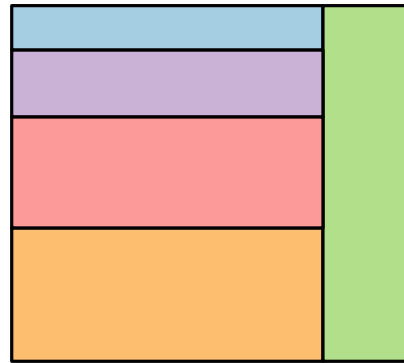
falsche Adjazenzen



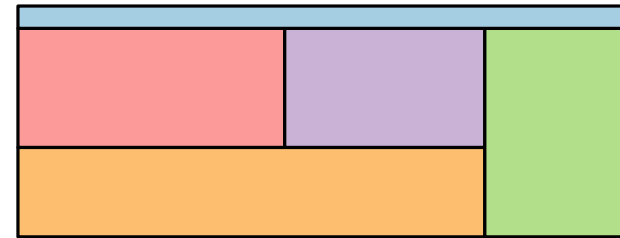
Qualitätskriterien



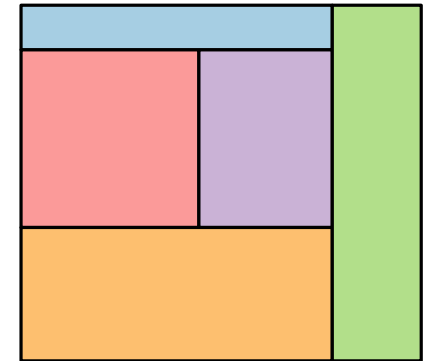
falsche relative Lage



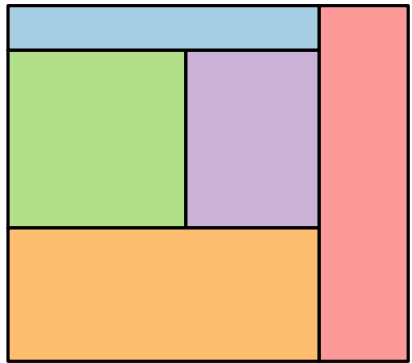
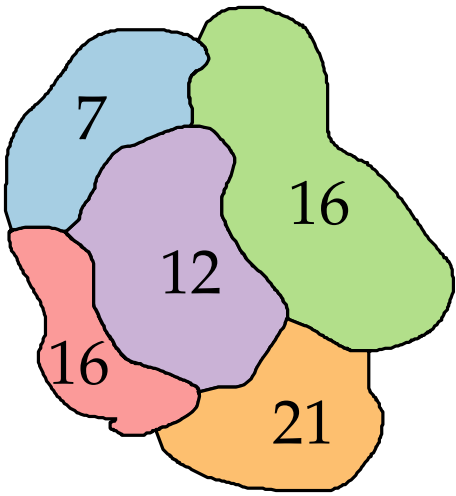
falsche Adjazenzen



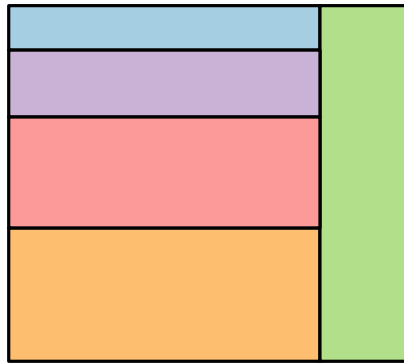
schlechtes Seitenverhältnis



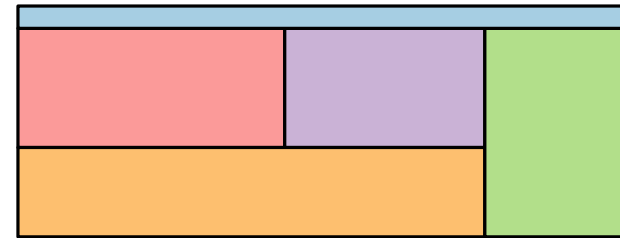
Qualitätskriterien



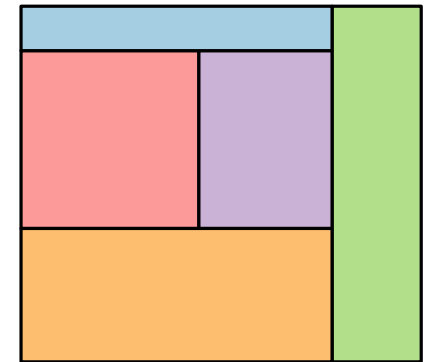
falsche relative Lage



falsche Adjazenzen

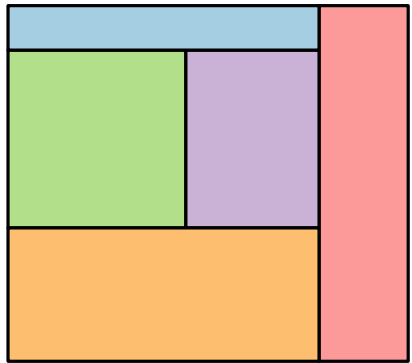
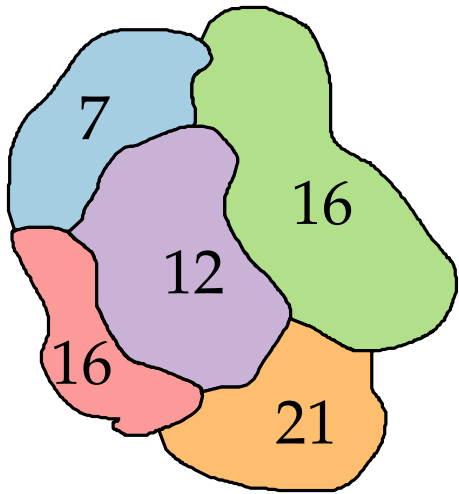


schlechtes Seitenverhältnis

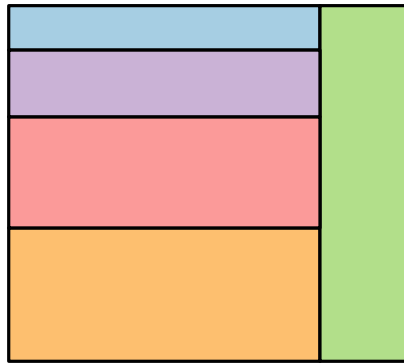


gute Lösung

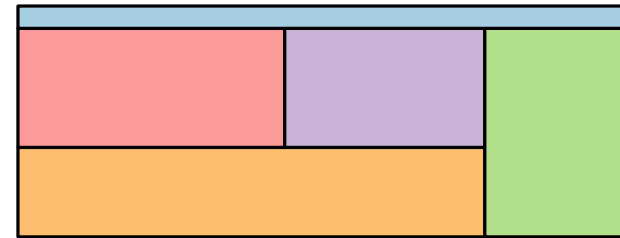
Qualitätskriterien



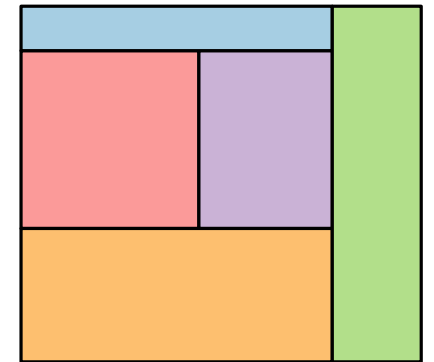
falsche relative Lage



falsche Adjazenzen



schlechtes Seitenverhältnis

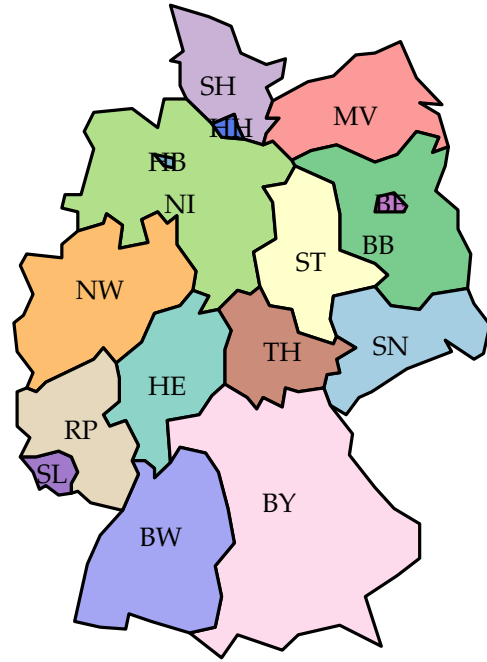


gute Lösung

- kleiner Fehler
- korrekte Adjazenzen
- gutes Seitenverhältnis
- korrekte relative Positionen

Überblick des Verfahrens

[van Kreveld, Speckmann '07]



Eingabekarte



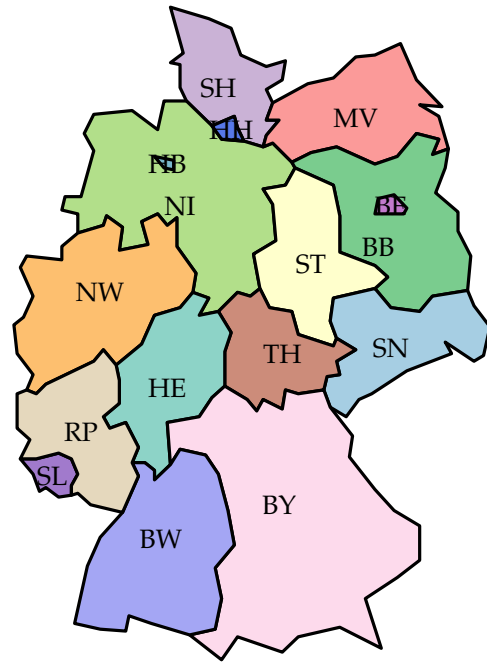
Marc van Kreveld



Bettina Speckmann

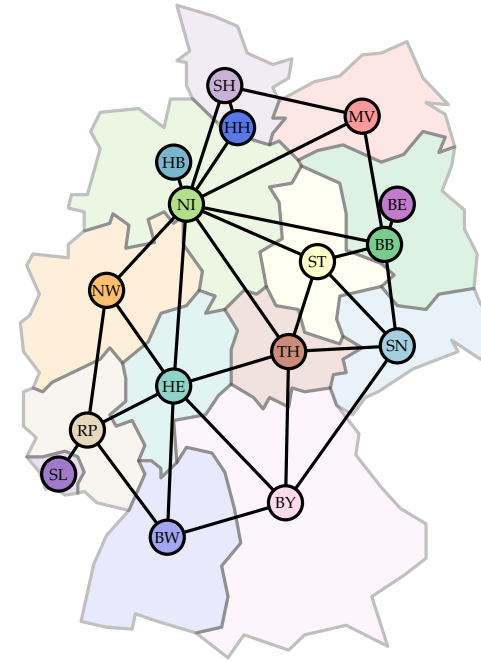
Überblick des Verfahrens

[van Kreveld, Speckmann '07]



Eingabekarte

Dualgraph



Marc van Kreveld



Bettina Speckmann

Überblick des Verfahrens

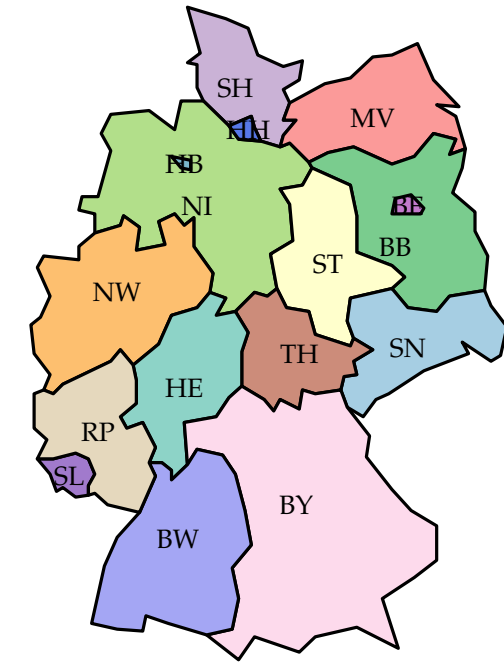
[van Kreveld, Speckmann '07]



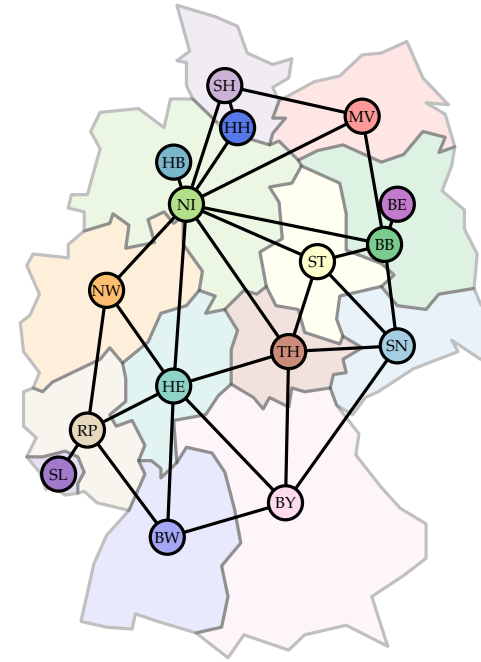
Marc van Kreveld



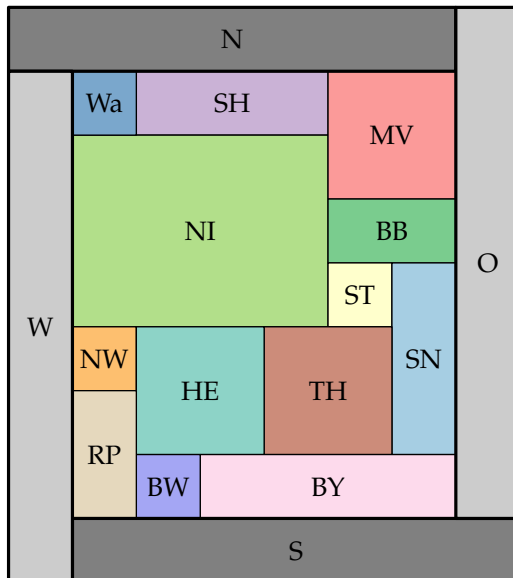
Bettina Speckmann



Eingabekarte



Dualgraph



Rechtecksdual

Überblick des Verfahrens

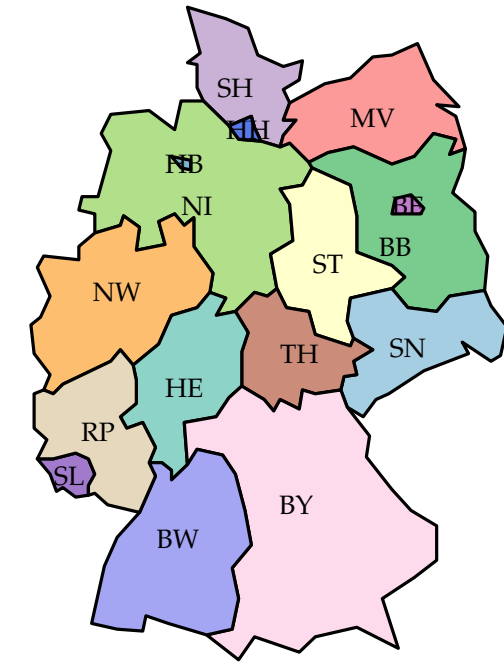
[van Kreveld, Speckmann '07]



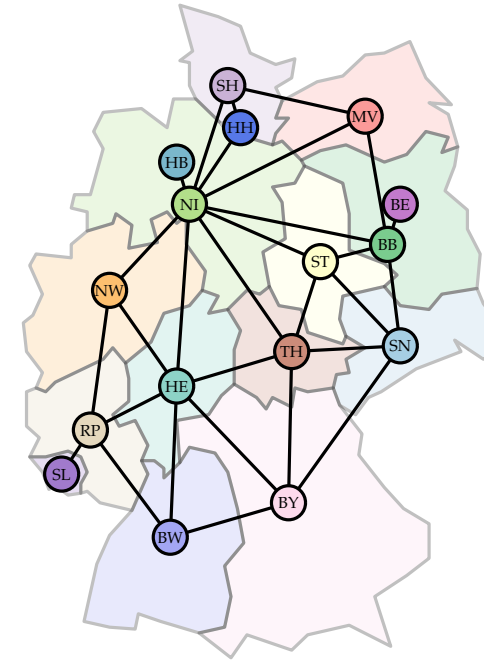
Marc van Kreveld



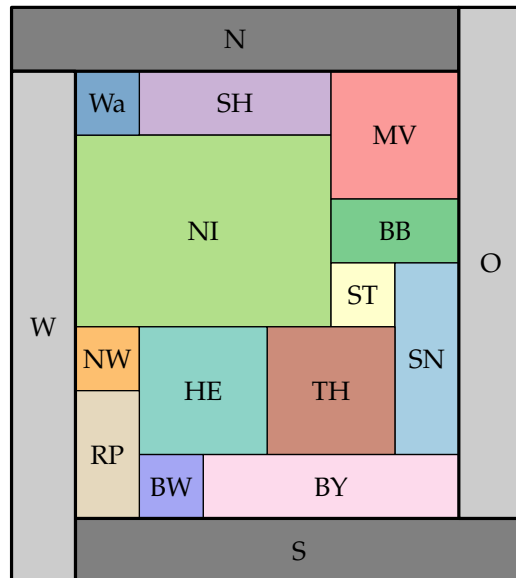
Bettina Speckmann



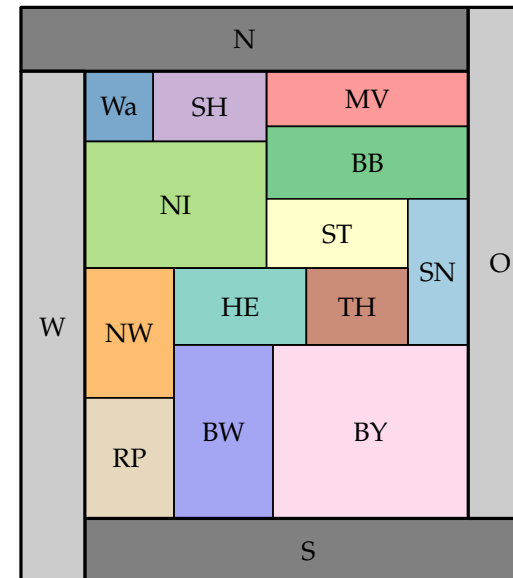
Eingabekarte



Dualgraph



Rechtecksdual



Kartogramm

Überblick des Verfahrens

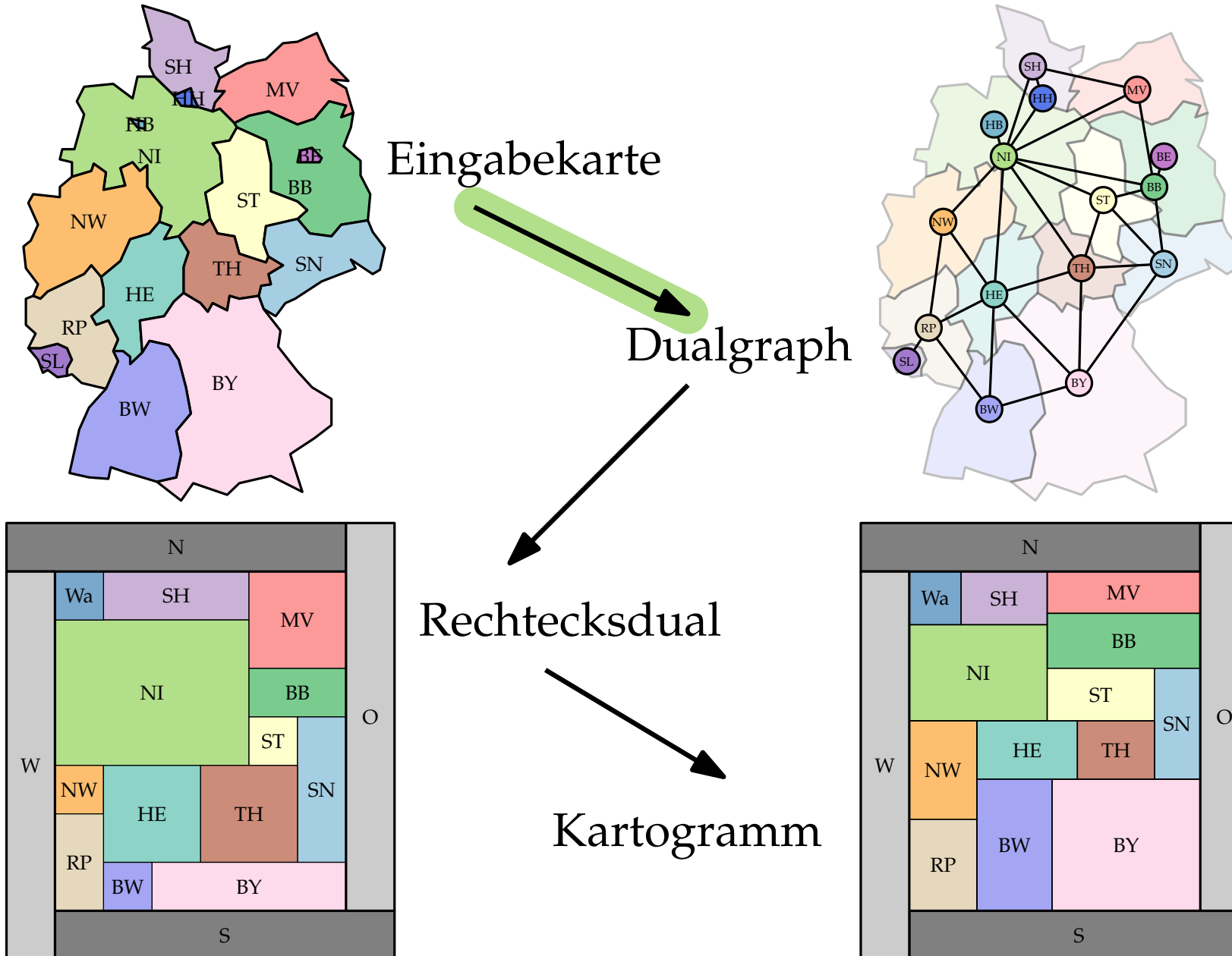
[van Kreveld, Speckmann '07]



Marc van Kreveld



Bettina Speckmann



Überblick des Verfahrens

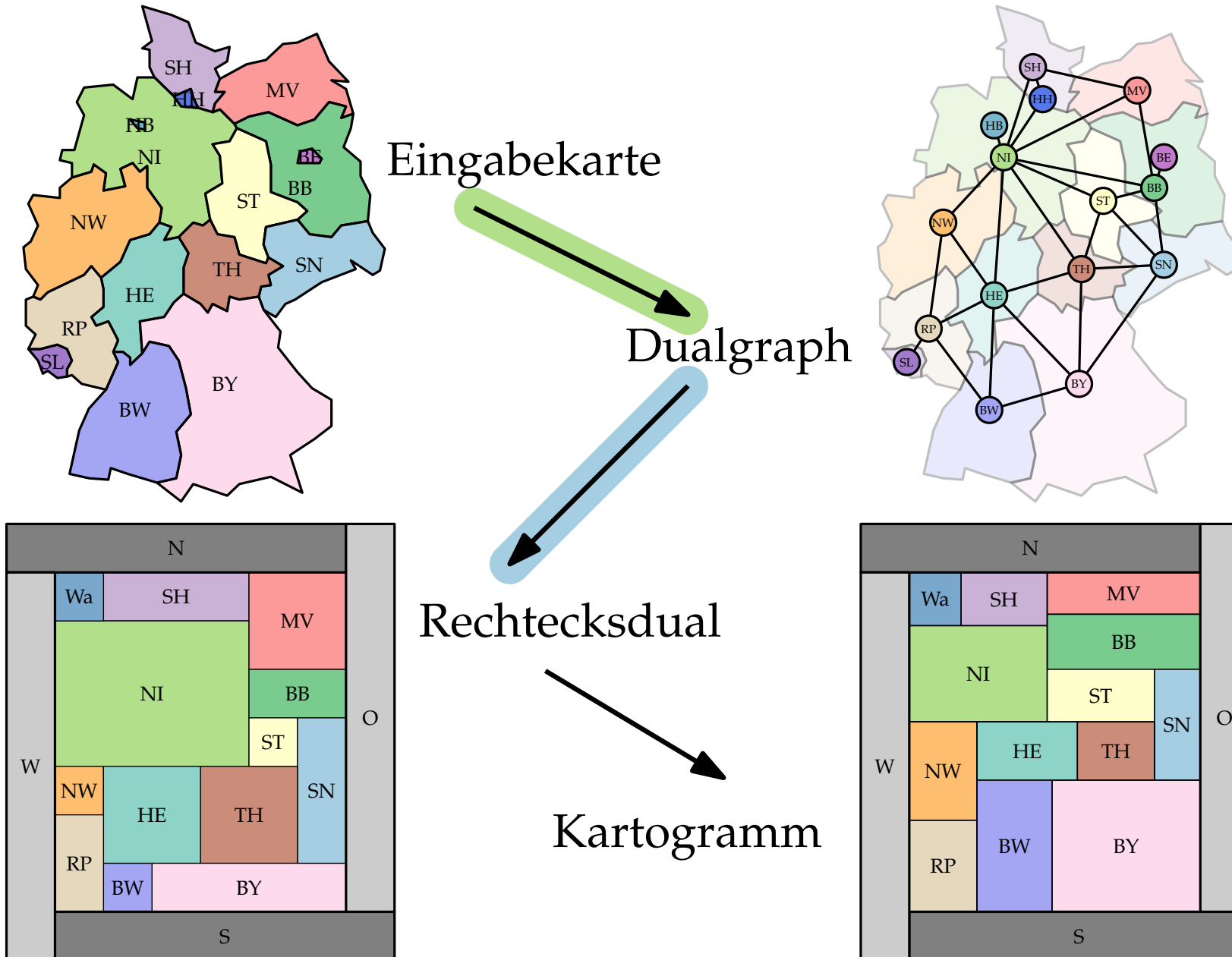
[van Kreveld, Speckmann '07]



Marc van Kreveld



Bettina Speckmann



Rechtecksdual



- Ein eingebetteter Graph heißt intern **trianguliert**, wenn jede (innere) Facette ein Dreieck ist.

Rechtecksdual



- Ein eingebetteter Graph heißt intern **trianguliert**, wenn jede (innere) Facette ein Dreieck ist.
- Ein Kreis C in G heißt **separierend**, wenn sowohl innerhalb als auch außerhalb von C weitere Knoten liegen.



Rechtecksdual

- Ein eingebetteter Graph heißt intern **trianguliert**, wenn jede (innere) Facette ein Dreieck ist.
- Ein Kreis C in G heißt **separierend**, wenn sowohl innerhalb als auch außerhalb von C weitere Knoten liegen.

Satz. Ein planar eingebetteter Graph G hat ein Rechtecksdual $\mathcal{R}$ mit vier äußeren Rechtecken gdw.



Rechtecksdual

- Ein eingebetteter Graph heißt intern **trianguliert**, wenn jede (innere) Facette ein Dreieck ist.
- Ein Kreis C in G heißt **separierend**, wenn sowohl innerhalb als auch außerhalb von C weitere Knoten liegen.

Satz. Ein planar eingebetteter Graph G hat ein Rechtecksdual $\mathcal{R}$ mit vier äußeren Rechtecken gdw.

- G intern trianguliert,



Rechtecksdual

- Ein eingebetteter Graph heißt intern **trianguliert**, wenn jede (innere) Facette ein Dreieck ist.
- Ein Kreis C in G heißt **separierend**, wenn sowohl innerhalb als auch außerhalb von C weitere Knoten liegen.

Satz. Ein planar eingebetteter Graph G hat ein Rechtecksdual $\mathcal{R}$ mit vier äußeren Rechtecken gdw.

- G intern trianguliert,
- äußere Facette ein Viereck,



Rechtecksdual

- Ein eingebetteter Graph heißt intern **trianguliert**, wenn jede (innere) Facette ein Dreieck ist.
- Ein Kreis C in G heißt **separierend**, wenn sowohl innerhalb als auch außerhalb von C weitere Knoten liegen.

Satz. Ein planar eingebetteter Graph G hat ein Rechtecksdual $\mathcal{R}$ mit vier äußeren Rechtecken gdw.

- G intern trianguliert,
- äußere Facette ein Viereck,
- G enthält keine separierenden Dreiecke.



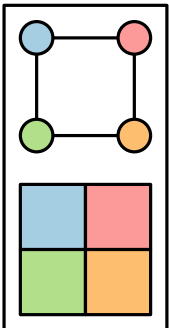
Rechtecksdual

- Ein eingebetteter Graph heißt intern **trianguliert**, wenn jede (innere) Facette ein Dreieck ist.
- Ein Kreis C in G heißt **separierend**, wenn sowohl innerhalb als auch außerhalb von C weitere Knoten liegen.

Satz. Ein planar eingebetteter Graph G hat ein Rechtecksdual $\mathcal{R}$ mit vier äußeren Rechtecken gdw.

- G intern trianguliert,
- äußere Facette ein Viereck,
- G enthält keine separierenden Dreiecke.

Graphmodifikationen:





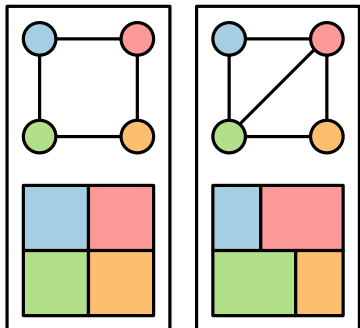
Rechtecksdual

- Ein eingebetteter Graph heißt intern **trianguliert**, wenn jede (innere) Facette ein Dreieck ist.
- Ein Kreis C in G heißt **separierend**, wenn sowohl innerhalb als auch außerhalb von C weitere Knoten liegen.

Satz. Ein planar eingebetteter Graph G hat ein Rechtecksdual $\mathcal{R}$ mit vier äußeren Rechtecken gdw.

- G intern trianguliert,
- äußere Facette ein Viereck,
- G enthält keine separierenden Dreiecke.

Graphmodifikationen:





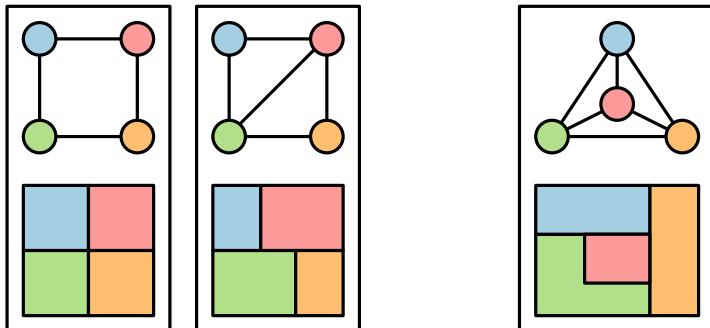
Rechtecksdual

- Ein eingebetteter Graph heißt intern **trianguliert**, wenn jede (innere) Facette ein Dreieck ist.
- Ein Kreis C in G heißt **separierend**, wenn sowohl innerhalb als auch außerhalb von C weitere Knoten liegen.

Satz. Ein planar eingebetteter Graph G hat ein Rechtecksdual $\mathcal{R}$ mit vier äußeren Rechtecken gdw.

- G intern trianguliert,
- äußere Facette ein Viereck,
- G enthält keine separierenden Dreiecke.

Graphmodifikationen:





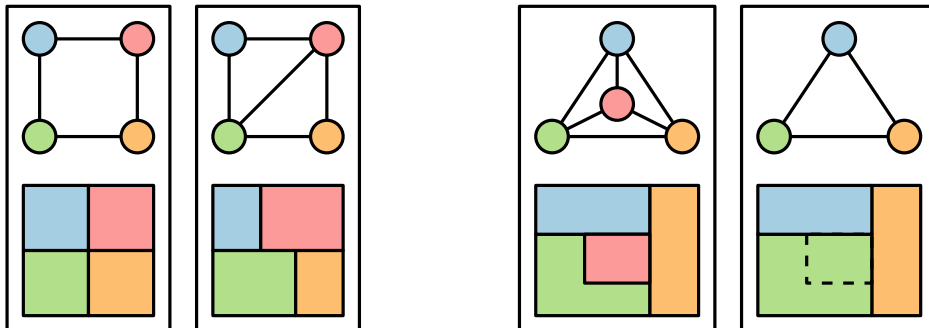
Rechtecksdual

- Ein eingebetteter Graph heißt intern **trianguliert**, wenn jede (innere) Facette ein Dreieck ist.
- Ein Kreis C in G heißt **separierend**, wenn sowohl innerhalb als auch außerhalb von C weitere Knoten liegen.

Satz. Ein planar eingebetteter Graph G hat ein Rechtecksdual $\mathcal{R}$ mit vier äußeren Rechtecken gdw.

- G intern trianguliert,
- äußere Facette ein Viereck,
- G enthält keine separierenden Dreiecke.

Graphmodifikationen:





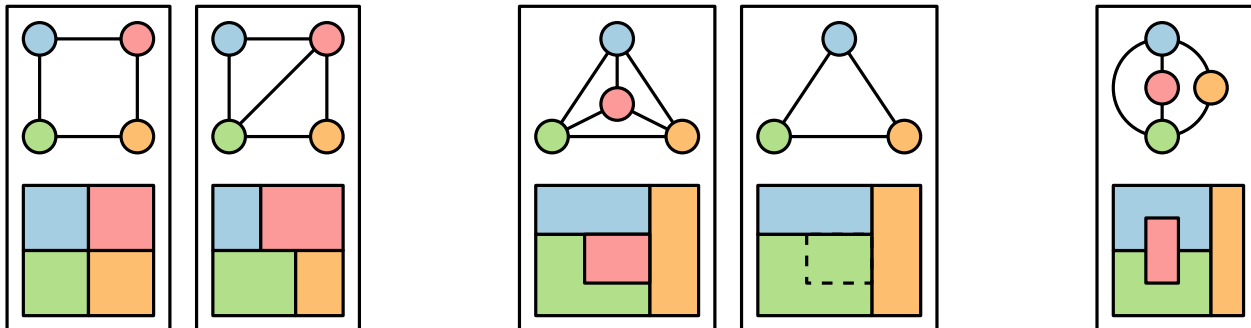
Rechtecksdual

- Ein eingebetteter Graph heißt intern **trianguliert**, wenn jede (innere) Facette ein Dreieck ist.
- Ein Kreis C in G heißt **separierend**, wenn sowohl innerhalb als auch außerhalb von C weitere Knoten liegen.

Satz. Ein planar eingebetteter Graph G hat ein Rechtecksdual $\mathcal{R}$ mit vier äußeren Rechtecken gdw.

- G intern trianguliert,
- äußere Facette ein Viereck,
- G enthält keine separierenden Dreiecke.

Graphmodifikationen:





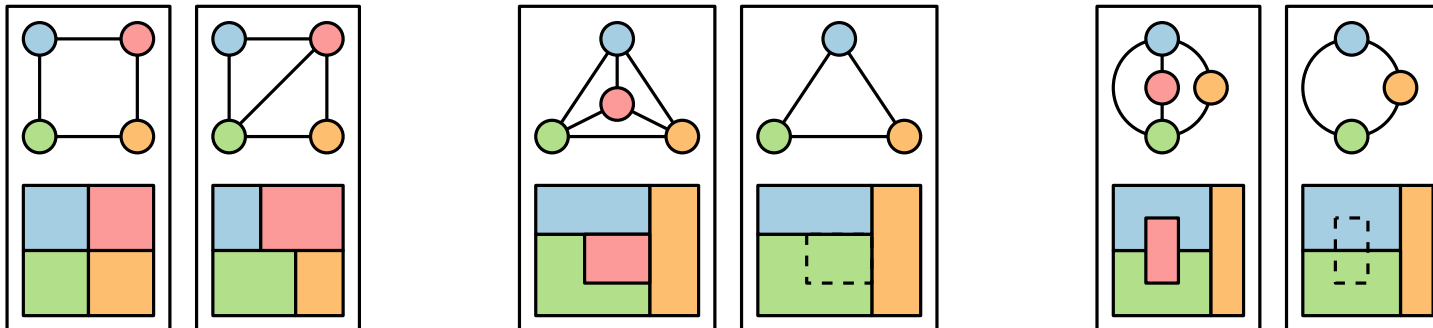
Rechtecksdual

- Ein eingebetteter Graph heißt intern **trianguliert**, wenn jede (innere) Facette ein Dreieck ist.
- Ein Kreis C in G heißt **separierend**, wenn sowohl innerhalb als auch außerhalb von C weitere Knoten liegen.

Satz. Ein planar eingebetteter Graph G hat ein Rechtecksdual $\mathcal{R}$ mit vier äußeren Rechtecken gdw.

- G intern trianguliert,
- äußere Facette ein Viereck,
- G enthält keine separierenden Dreiecke.

Graphmodifikationen:



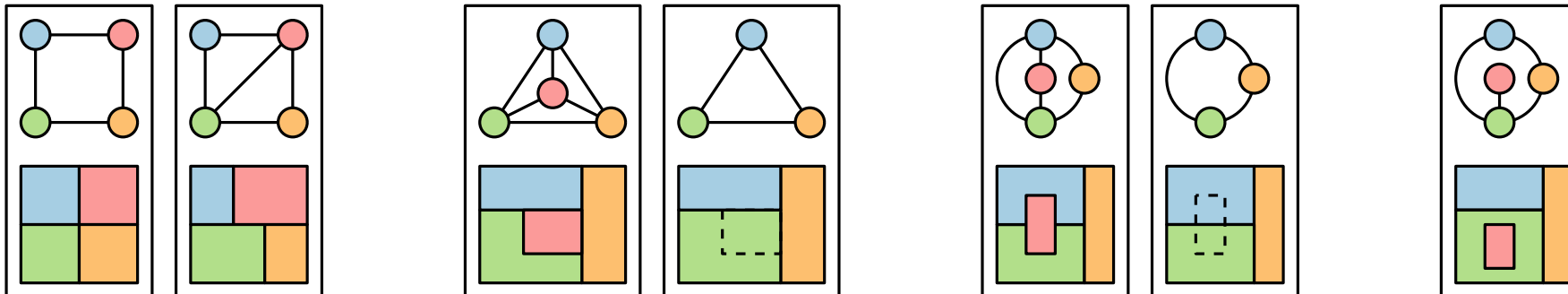
Rechtecksdual

- Ein eingebetteter Graph heißt intern **trianguliert**, wenn jede (innere) Facette ein Dreieck ist.
- Ein Kreis C in G heißt **separierend**, wenn sowohl innerhalb als auch außerhalb von C weitere Knoten liegen.

Satz. Ein planar eingebetteter Graph G hat ein Rechtecksdual $\mathcal{R}$ mit vier äußeren Rechtecken gdw.

- G intern trianguliert,
- äußere Facette ein Viereck,
- G enthält keine separierenden Dreiecke.

Graphmodifikationen:



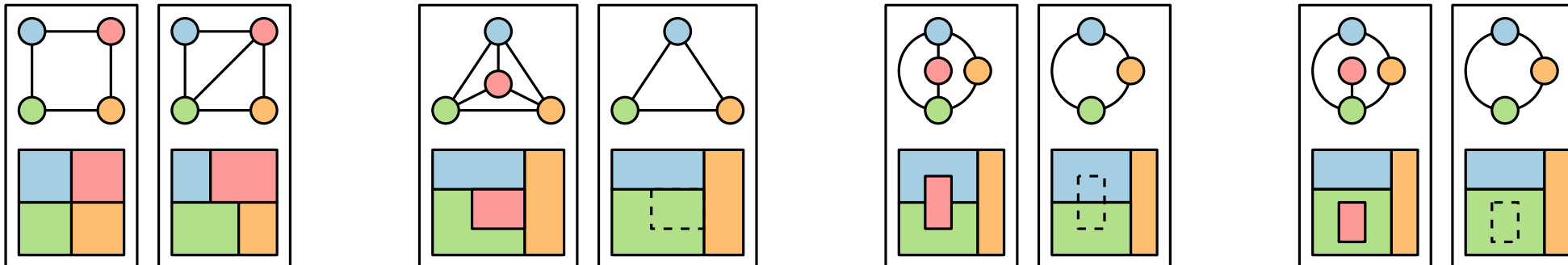
Rechtecksdual

- Ein eingebetteter Graph heißt intern **trianguliert**, wenn jede (innere) Facette ein Dreieck ist.
- Ein Kreis C in G heißt **separierend**, wenn sowohl innerhalb als auch außerhalb von C weitere Knoten liegen.

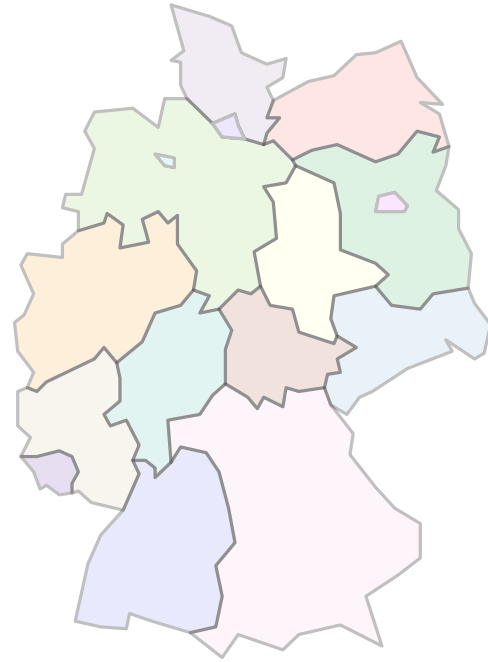
Satz. Ein planar eingebetteter Graph G hat ein Rechtecksdual $\mathcal{R}$ mit vier äußeren Rechtecken gdw.

- G intern trianguliert,
- äußere Facette ein Viereck,
- G enthält keine separierenden Dreiecke.

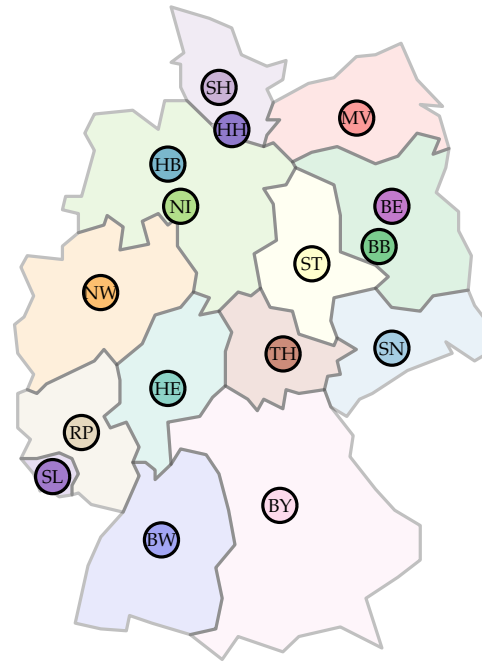
Graphmodifikationen:



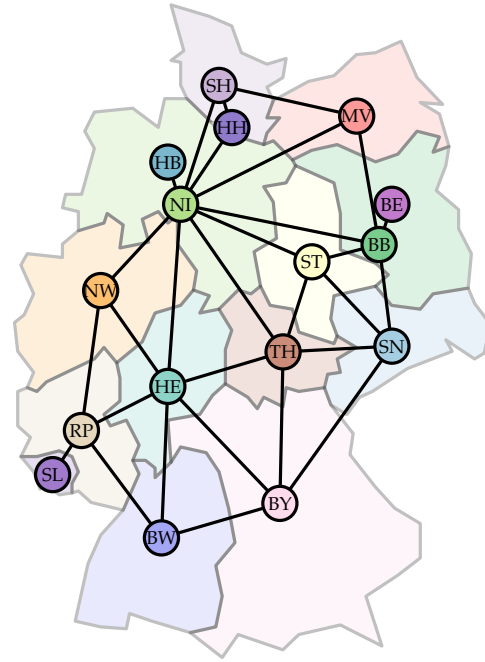
Beispiel Deutschland



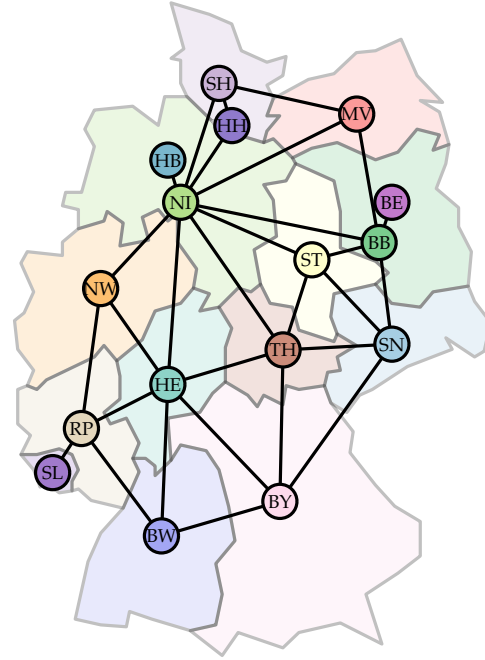
Beispiel Deutschland



Beispiel Deutschland

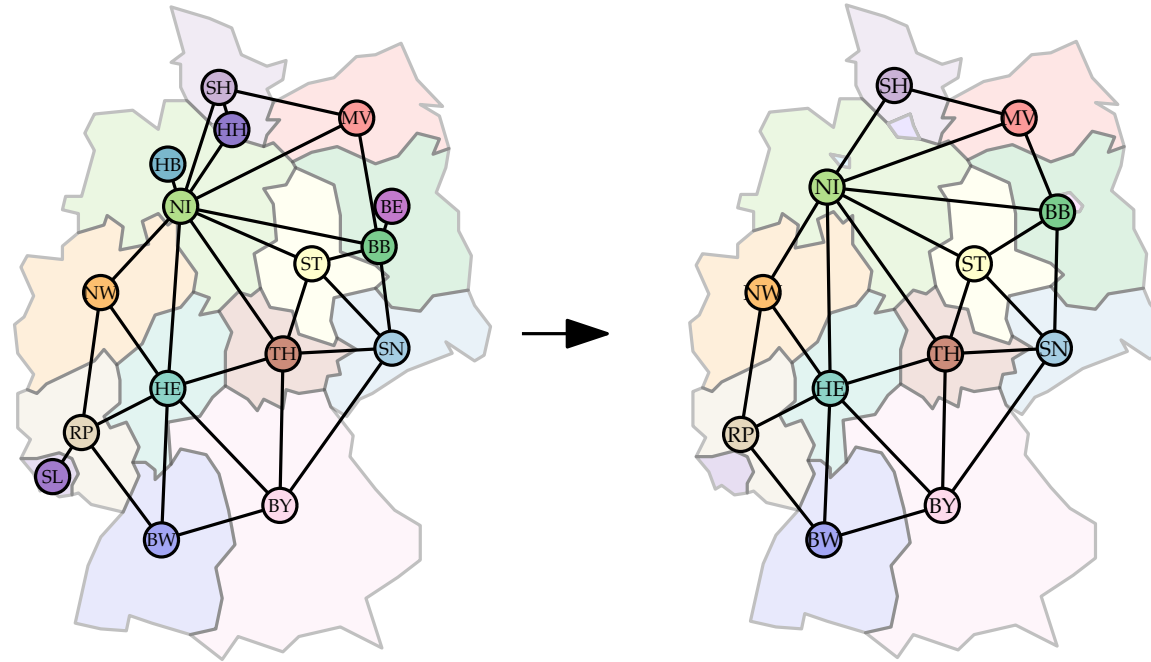


Beispiel Deutschland



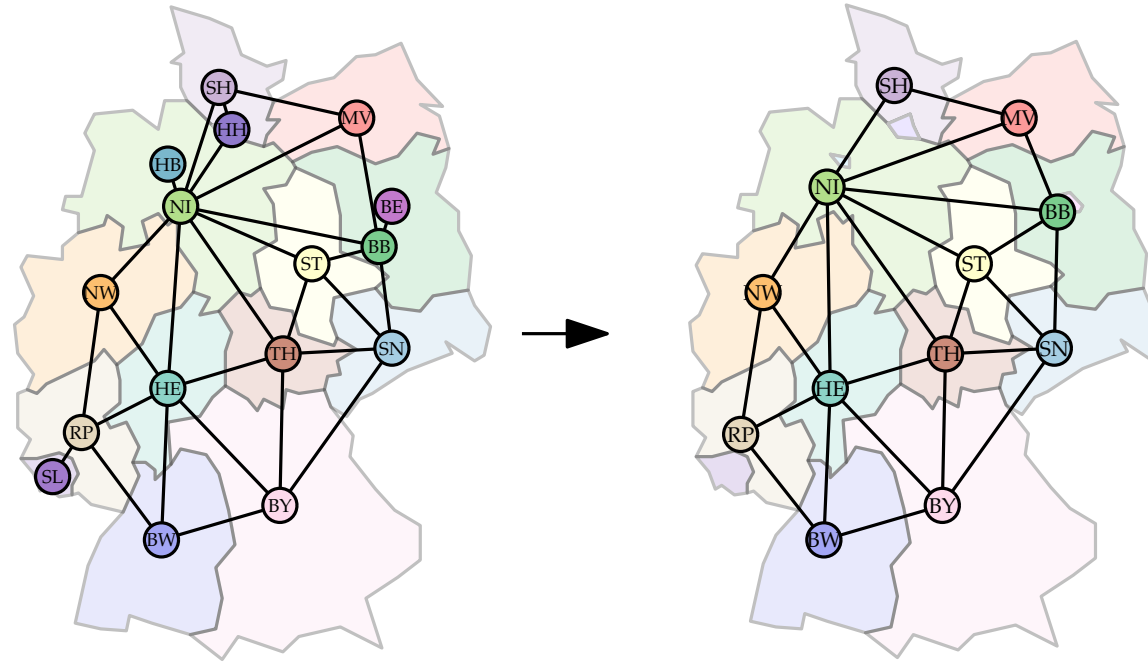
Entferne Grad-1- und
Grad-2-Knoten.

Beispiel Deutschland



Entferne Grad-1- und
Grad-2-Knoten.

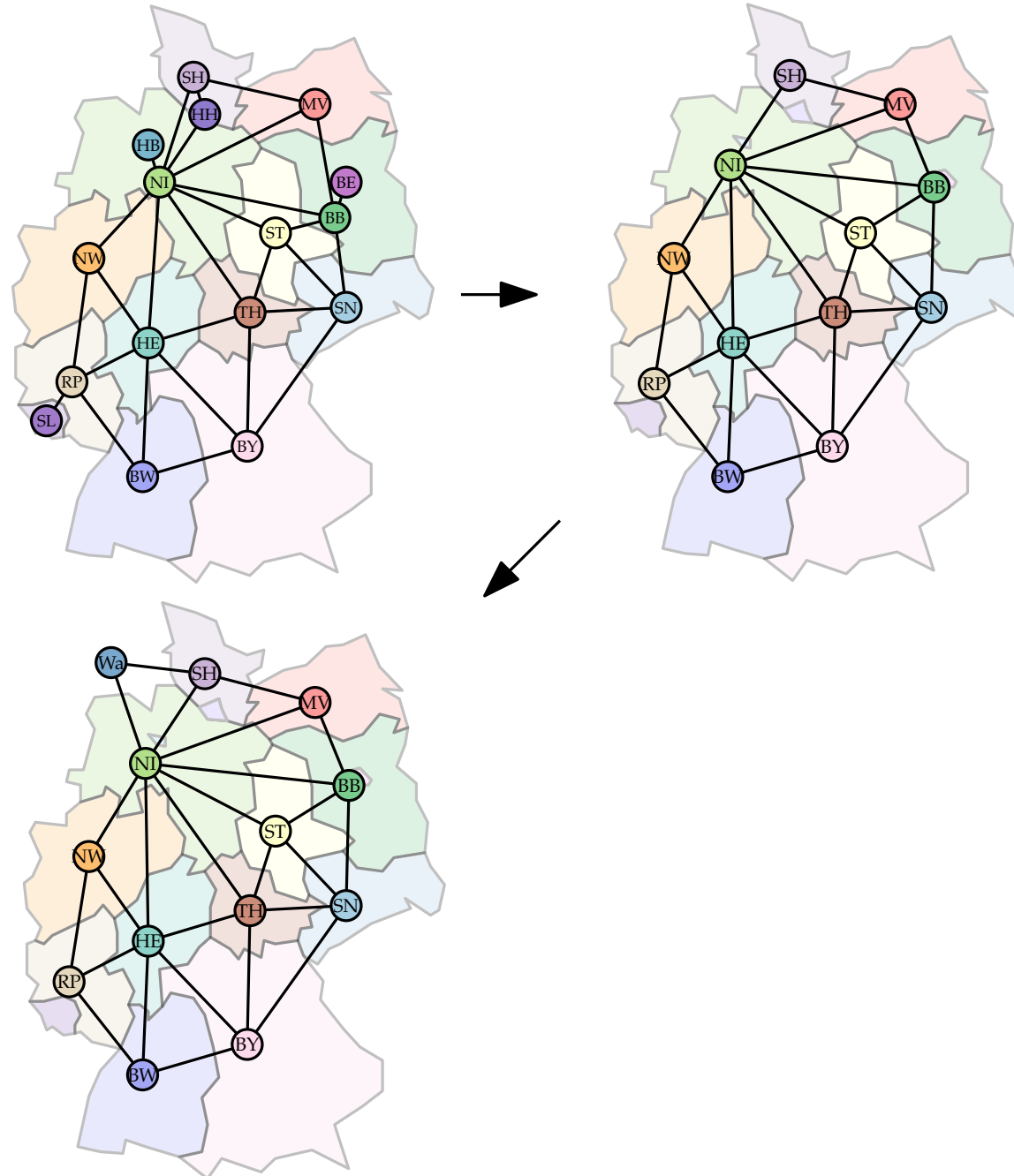
Beispiel Deutschland



Entferne Grad-1- und
Grad-2-Knoten.

Füge flexiblen
Meeresknoten als
Puffer hinzu.

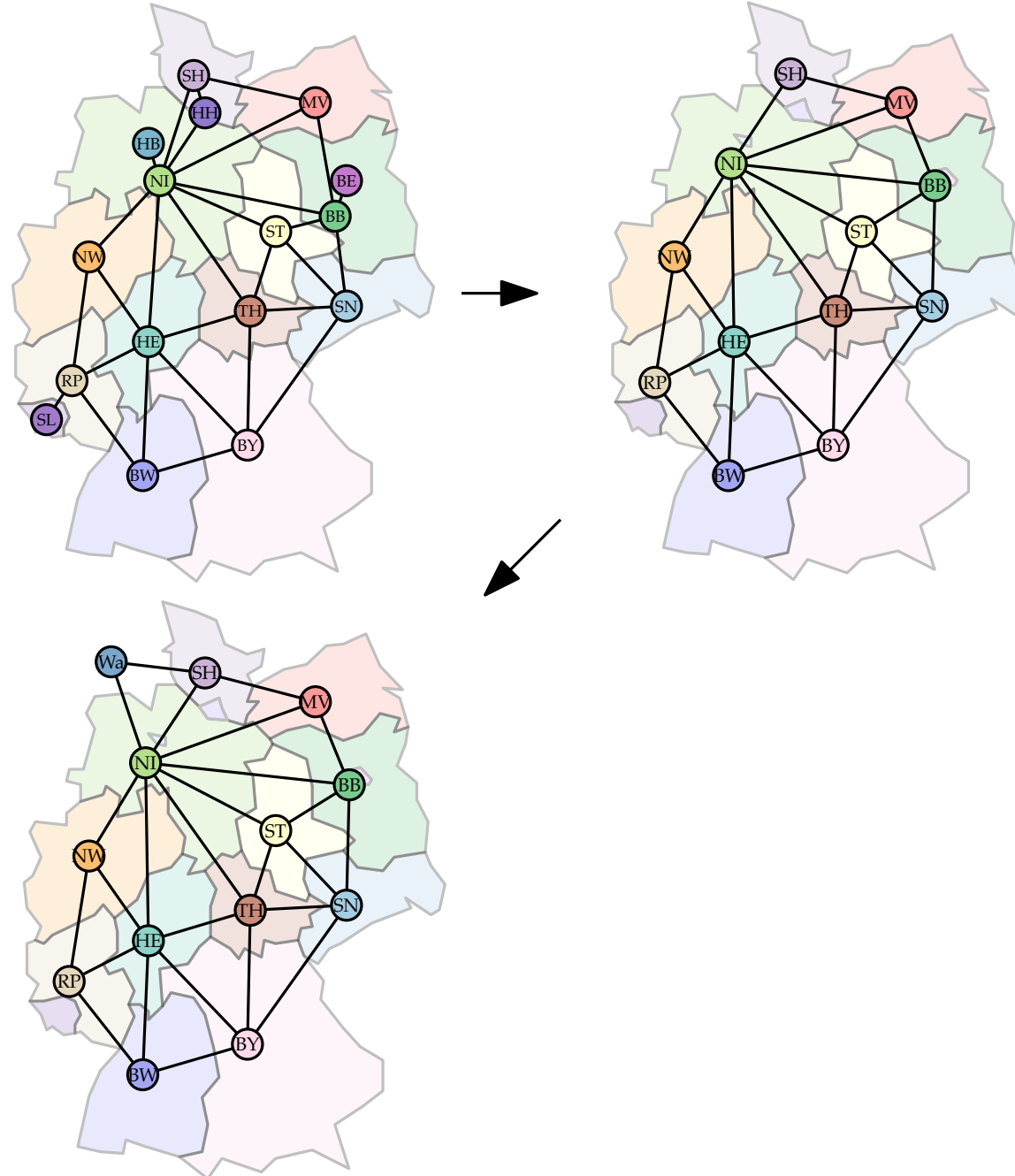
Beispiel Deutschland



Entferne Grad-1- und Grad-2-Knoten.

Füge flexiblen Meeresknoten als Puffer hinzu.

Beispiel Deutschland

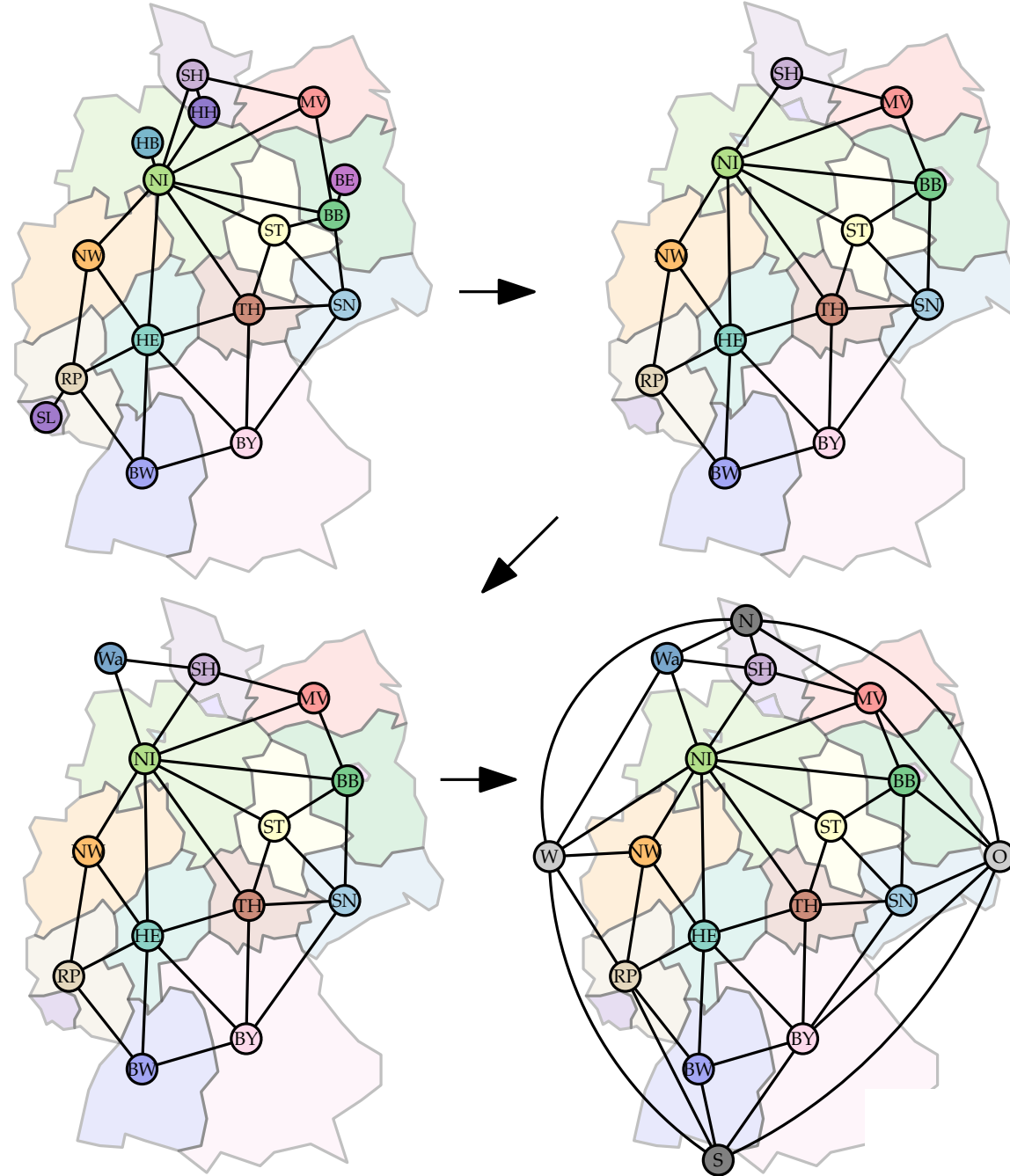


Entferne Grad-1- und Grad-2-Knoten.

Füge flexiblen Meeresknoten als Puffer hinzu.

Erstelle äußeres Viereck
 ➔ **Satz** gilt.

Beispiel Deutschland

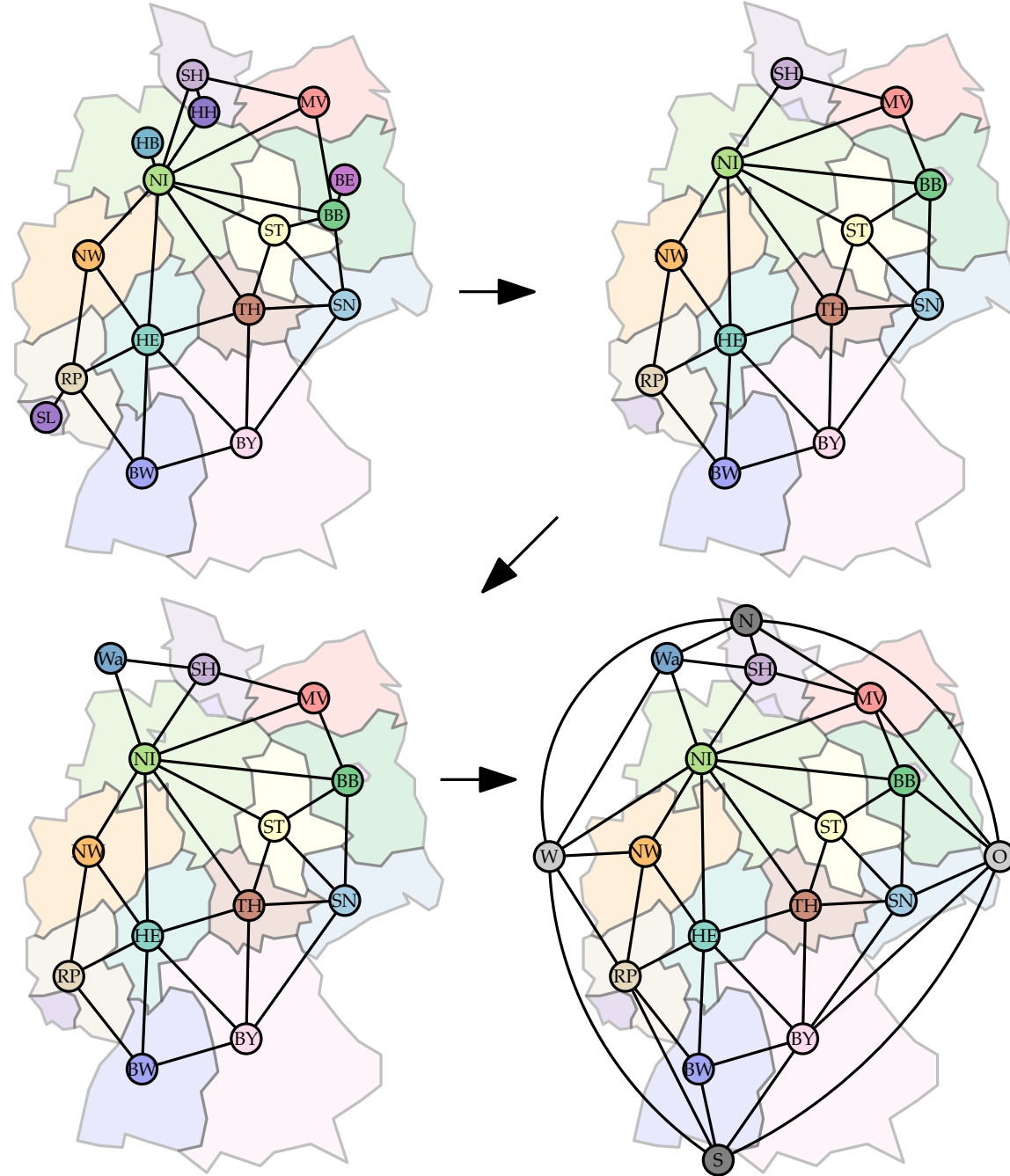


Entferne Grad-1- und Grad-2-Knoten.

Füge flexiblen Meeresknoten als Puffer hinzu.

Erstelle äußeres Viereck
→ **Satz** gilt.

Beispiel Deutschland

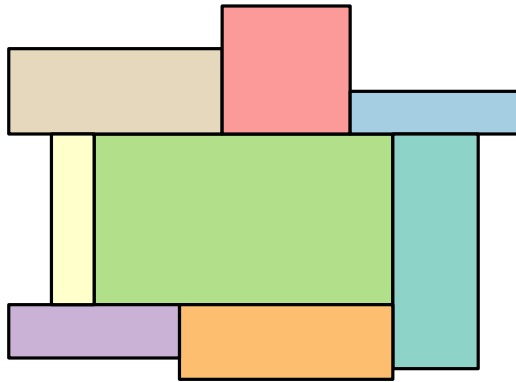


Entferne Grad-1- und Grad-2-Knoten.

Füge flexiblen Meeresknoten als Puffer hinzu.

Erstelle äußeres Viereck
 ➔ **Satz** gilt.

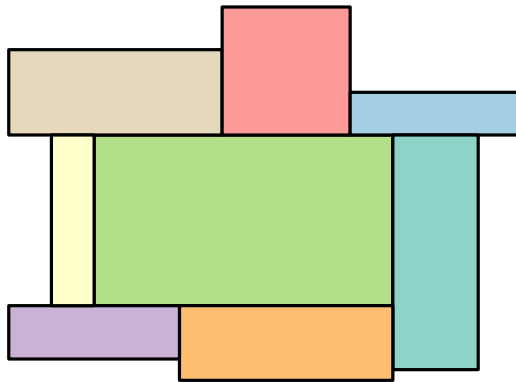
Reguläre Kantenbeschriftung



Reguläre Kantenbeschriftung



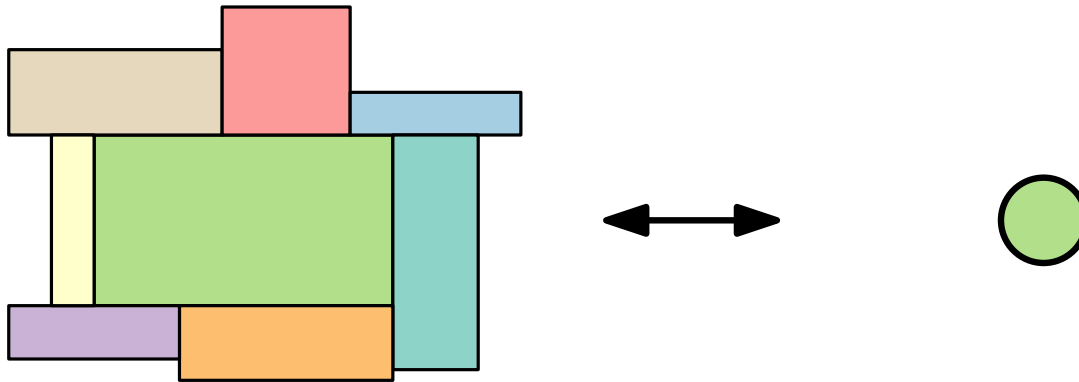
Die Nachbarn jedes inneren Rechtecks lassen sich in vier nichtleere Gruppen einteilen (N, O, S, W) und bilden in der zyklischen Ordnung vier Blöcke.



Reguläre Kantenbeschriftung



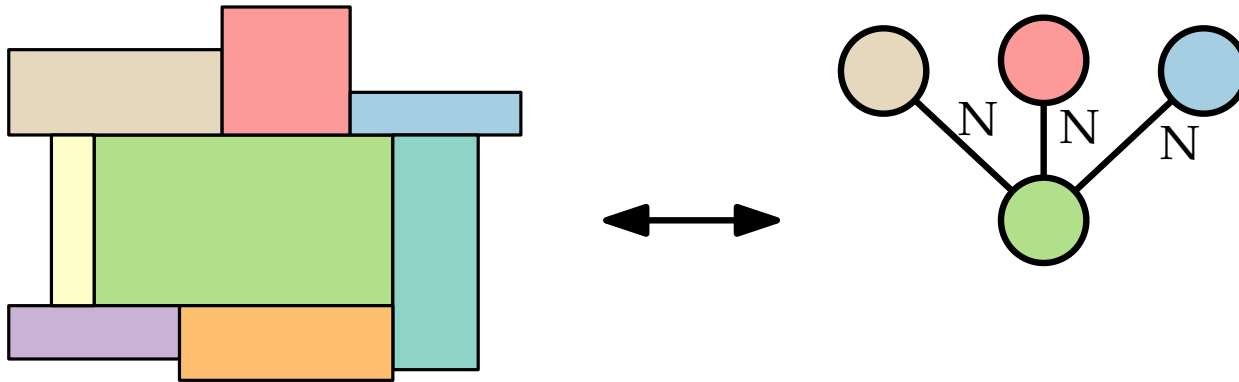
Die Nachbarn jedes inneren Rechtecks lassen sich in vier nichtleere Gruppen einteilen (N, O, S, W) und bilden in der zyklischen Ordnung vier Blöcke.



Reguläre Kantenbeschriftung

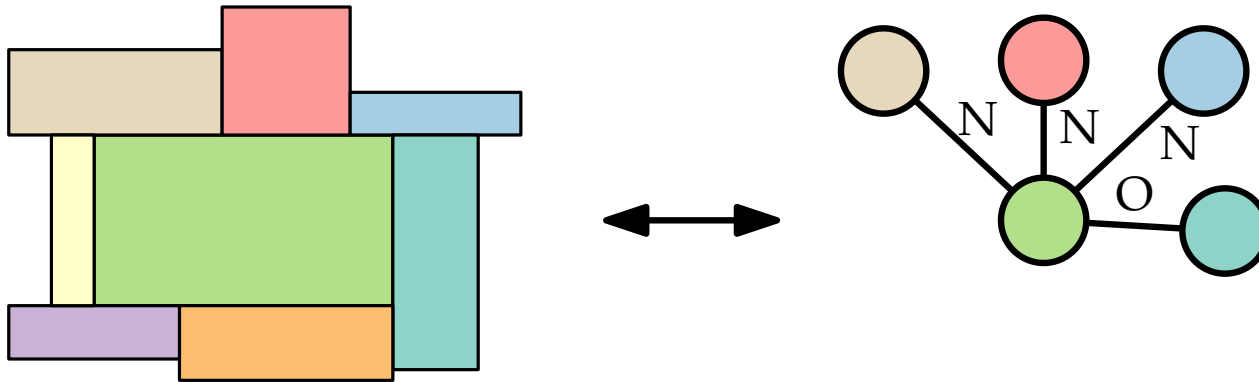


Die Nachbarn jedes inneren Rechtecks lassen sich in vier nichtleere Gruppen einteilen (N, O, S, W) und bilden in der zyklischen Ordnung vier Blöcke.



Reguläre Kantenbeschriftung

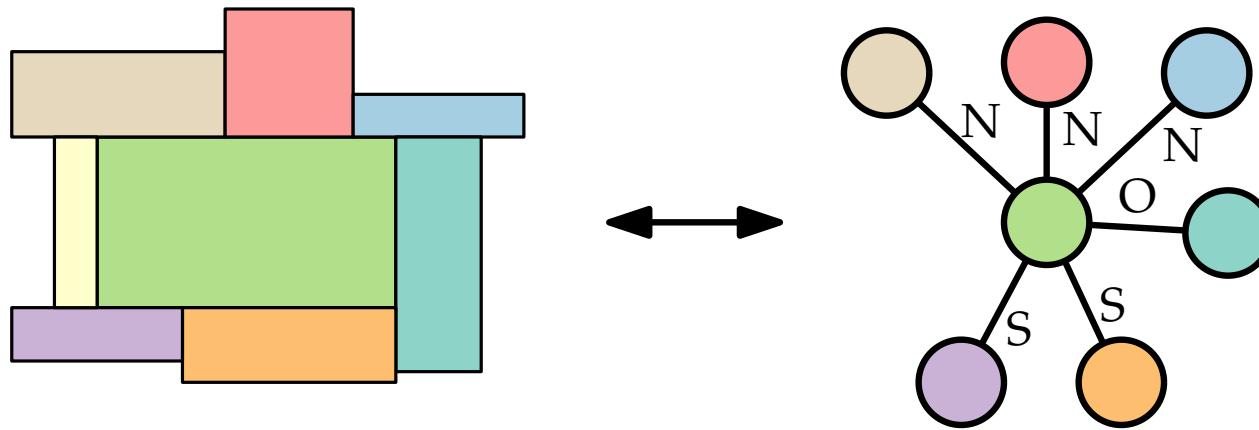
Die Nachbarn jedes inneren Rechtecks lassen sich in vier nichtleere Gruppen einteilen (N, O, S, W) und bilden in der zyklischen Ordnung vier Blöcke.



Reguläre Kantenbeschriftung

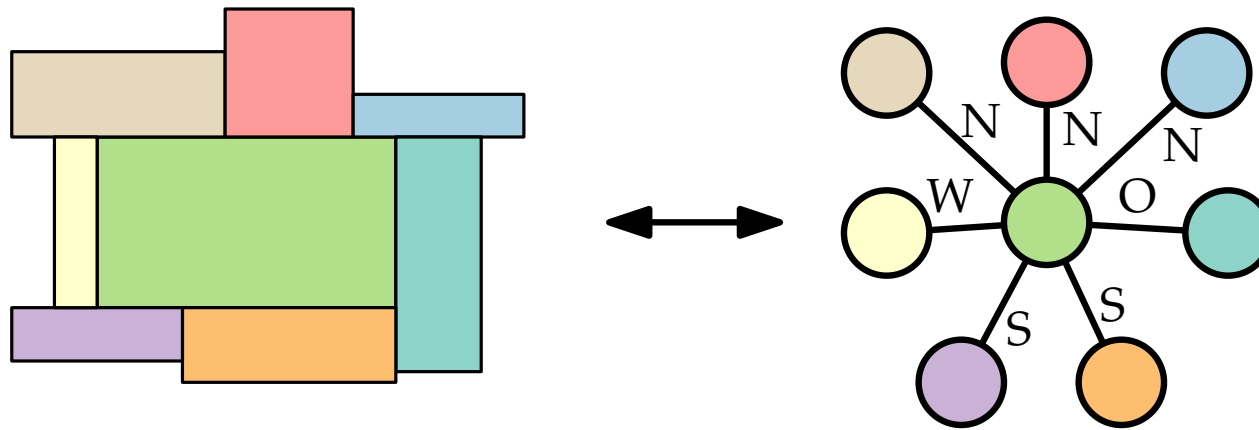


Die Nachbarn jedes inneren Rechtecks lassen sich in vier nichtleere Gruppen einteilen (N, O, S, W) und bilden in der zyklischen Ordnung vier Blöcke.



Reguläre Kantenbeschriftung

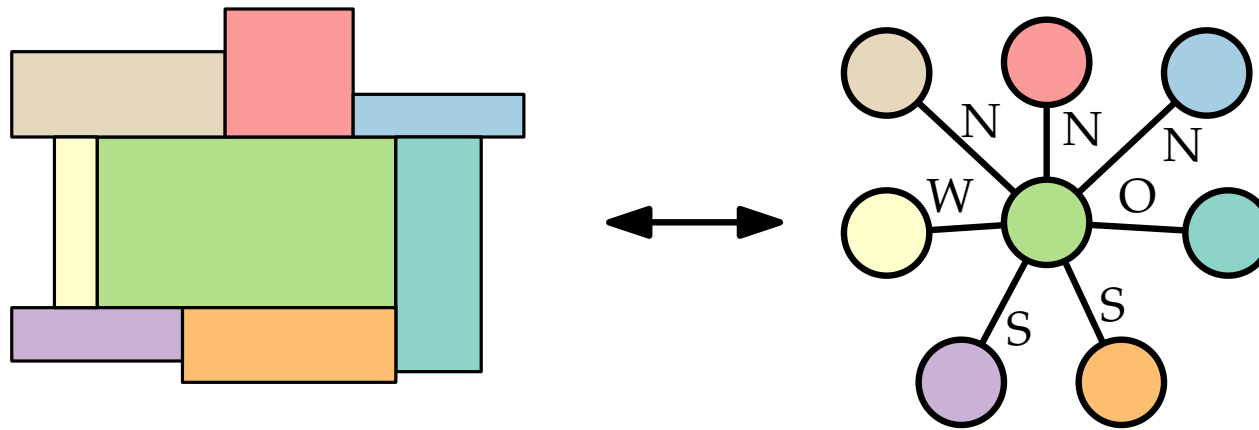
Die Nachbarn jedes inneren Rechtecks lassen sich in vier nichtleere Gruppen einteilen (N, O, S, W) und bilden in der zyklischen Ordnung vier Blöcke.





Reguläre Kantenbeschriftung

Die Nachbarn jedes inneren Rechtecks lassen sich in vier nichtleere Gruppen einteilen (N, O, S, W) und bilden in der zyklischen Ordnung vier Blöcke.

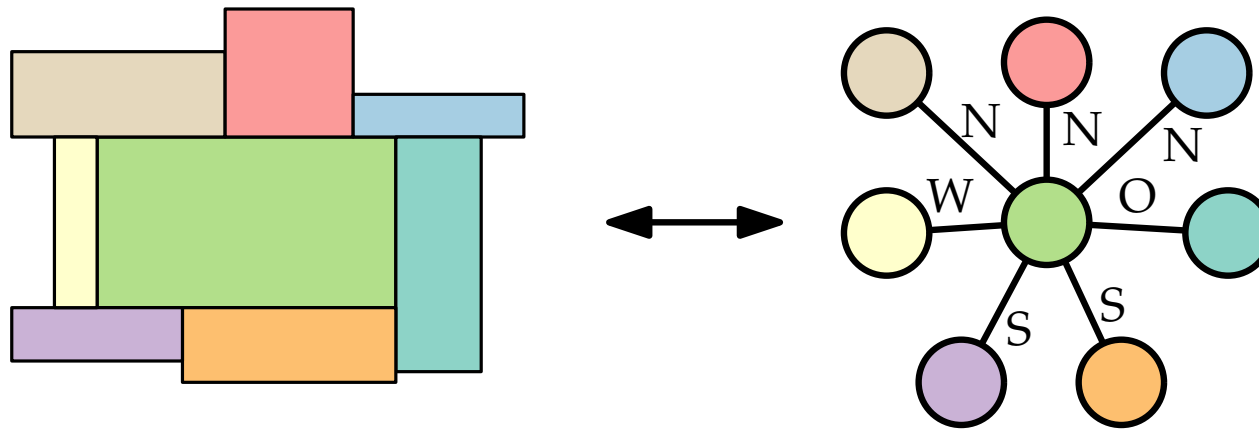


Eine Beschriftung der Kanten eines Graphen G mit $\{N, O, S, W\}$ heißt **reguläre Kantenbeschriftung**, falls obige Bedingung an jedem inneren Knoten erfüllt ist.



Reguläre Kantenbeschriftung

Die Nachbarn jedes inneren Rechtecks lassen sich in vier nichtleere Gruppen einteilen (N, O, S, W) und bilden in der zyklischen Ordnung vier Blöcke.



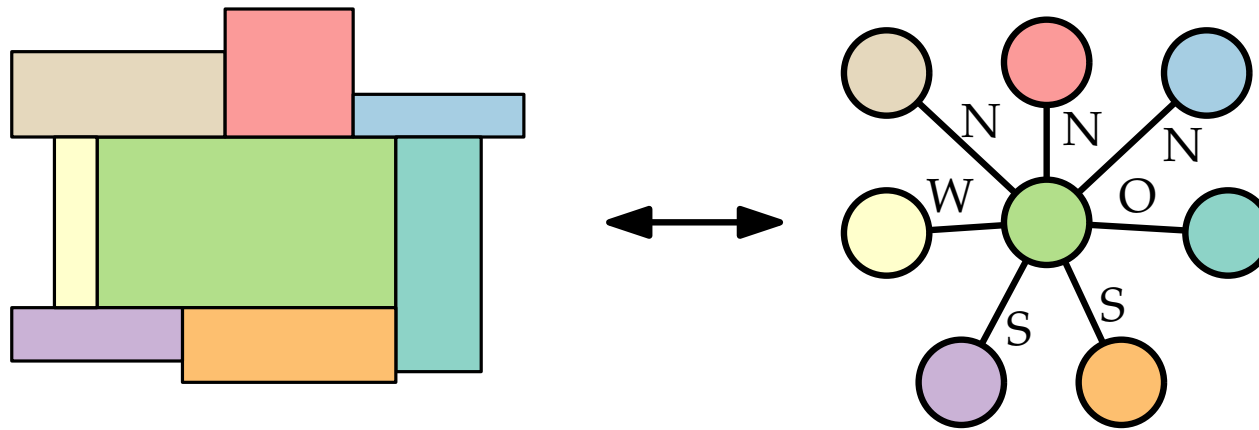
ist nicht eindeutig!

Eine Beschriftung der Kanten eines Graphen G mit $\{N, O, S, W\}$ heißt **reguläre Kantenbeschriftung**, falls obige Bedingung an jedem inneren Knoten erfüllt ist.



Reguläre Kantenbeschriftung

Die Nachbarn jedes inneren Rechtecks lassen sich in vier nichtleere Gruppen einteilen (N, O, S, W) und bilden in der zyklischen Ordnung vier Blöcke.



ist nicht eindeutig!

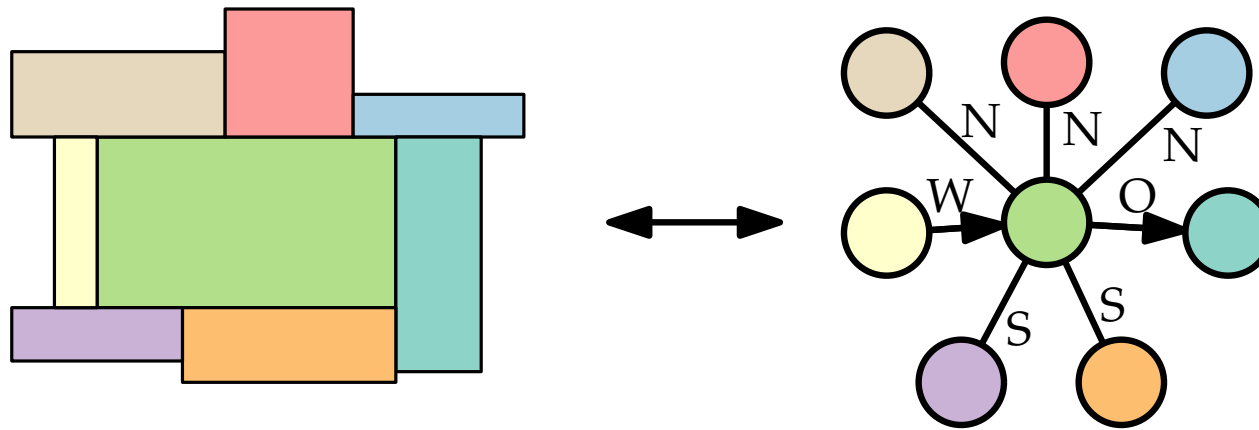
Eine Beschriftung der Kanten eines Graphen G mit $\{N, O, S, W\}$ heißt **reguläre Kantenbeschriftung**, falls obige Bedingung an jedem inneren Knoten erfüllt ist.

- richte Kanten von W nach O und von S nach N



Reguläre Kantenbeschriftung

Die Nachbarn jedes inneren Rechtecks lassen sich in vier nichtleere Gruppen einteilen (N, O, S, W) und bilden in der zyklischen Ordnung vier Blöcke.



ist nicht eindeutig!

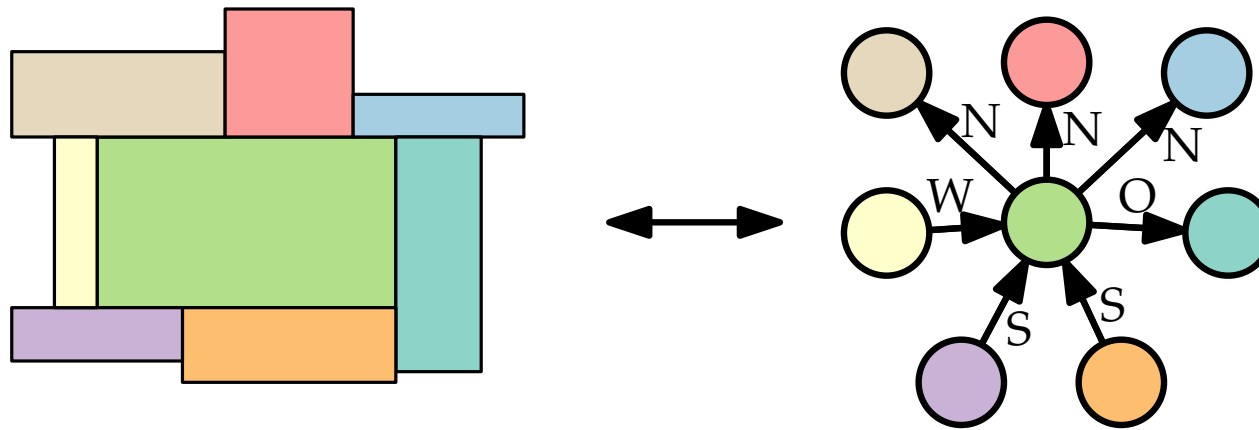
Eine Beschriftung der Kanten eines Graphen G mit $\{N, O, S, W\}$ heißt **reguläre Kantenbeschriftung**, falls obige Bedingung an jedem inneren Knoten erfüllt ist.

- richte Kanten von W nach O und von S nach N



Reguläre Kantenbeschriftung

Die Nachbarn jedes inneren Rechtecks lassen sich in vier nichtleere Gruppen einteilen (N, O, S, W) und bilden in der zyklischen Ordnung vier Blöcke.



ist nicht eindeutig!

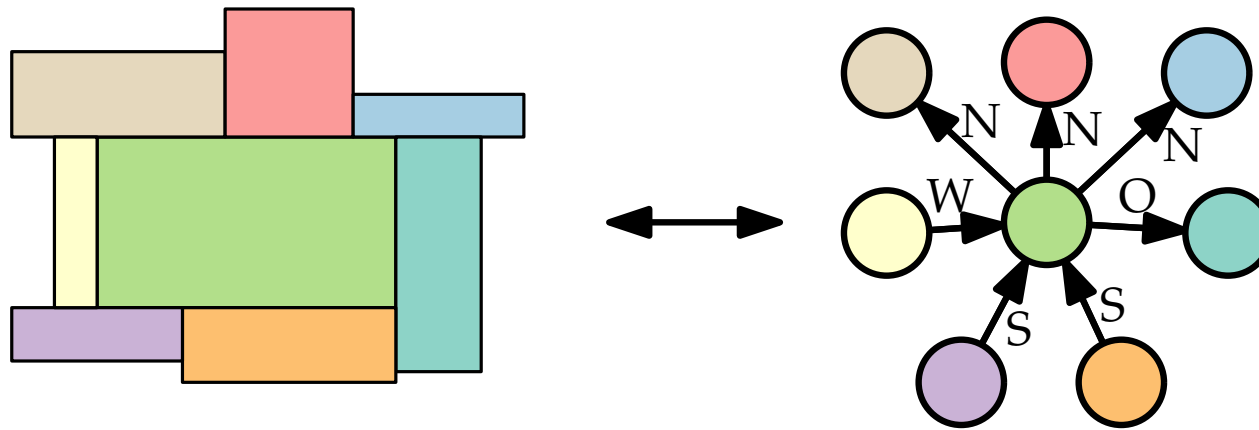
Eine Beschriftung der Kanten eines Graphen G mit $\{N, O, S, W\}$ heißt **reguläre Kantenbeschriftung**, falls obige Bedingung an jedem inneren Knoten erfüllt ist.

- richte Kanten von W nach O und von S nach N



Reguläre Kantenbeschriftung

Die Nachbarn jedes inneren Rechtecks lassen sich in vier nichtleere Gruppen einteilen (N, O, S, W) und bilden in der zyklischen Ordnung vier Blöcke.



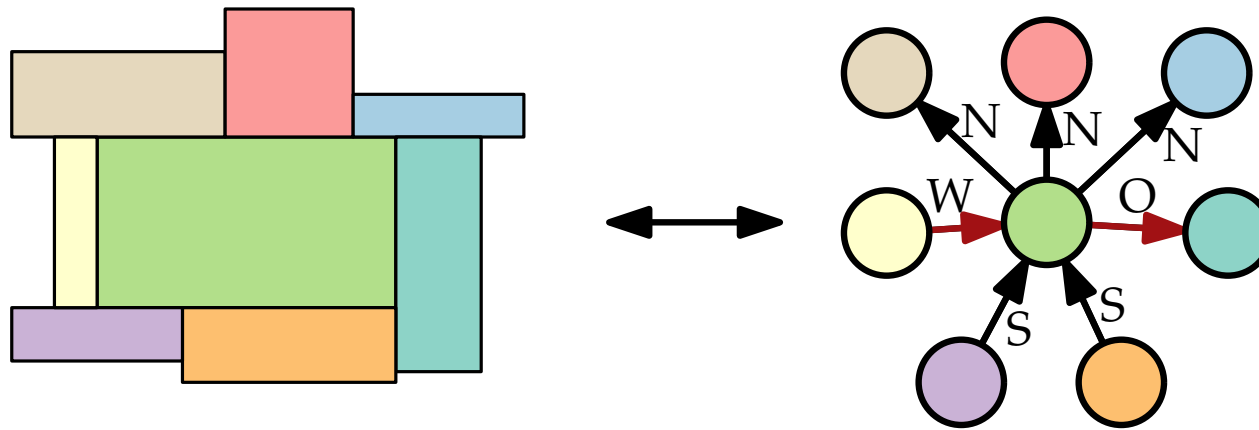
ist nicht eindeutig!

Eine Beschriftung der Kanten eines Graphen G mit $\{N, O, S, W\}$ heißt **reguläre Kantenbeschriftung**, falls obige Bedingung an jedem inneren Knoten erfüllt ist.

- richte Kanten von W nach O und von S nach N
- färbe W–O Kanten rot und S–N Kanten grün

Reguläre Kantenbeschriftung

Die Nachbarn jedes inneren Rechtecks lassen sich in vier nichtleere Gruppen einteilen (N, O, S, W) und bilden in der zyklischen Ordnung vier Blöcke.



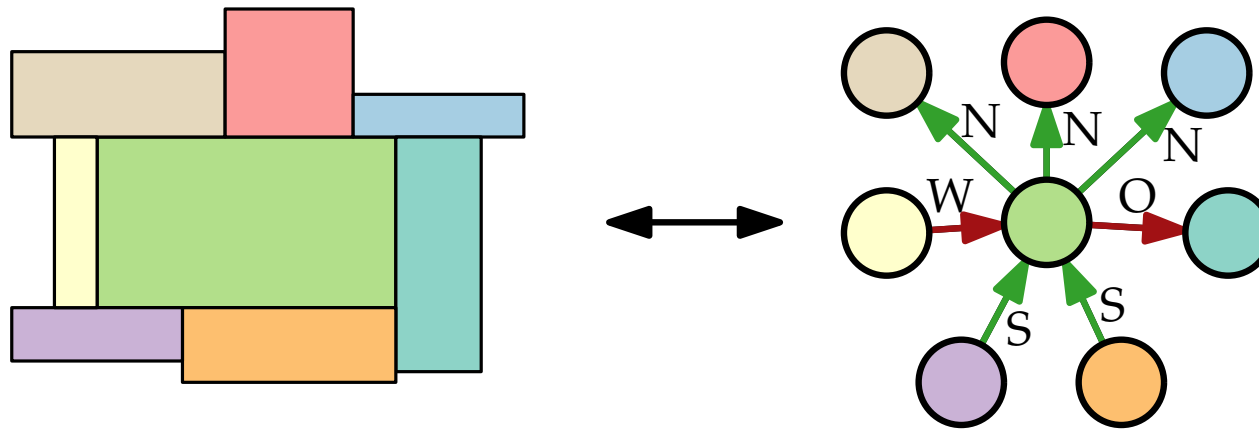
ist nicht eindeutig!

Eine Beschriftung der Kanten eines Graphen G mit $\{N, O, S, W\}$ heißt **reguläre Kantenbeschriftung**, falls obige Bedingung an jedem inneren Knoten erfüllt ist.

- richte Kanten von W nach O und von S nach N
- färbe W–O Kanten rot und S–N Kanten grün

Reguläre Kantenbeschriftung

Die Nachbarn jedes inneren Rechtecks lassen sich in vier nichtleere Gruppen einteilen (N, O, S, W) und bilden in der zyklischen Ordnung vier Blöcke.



ist nicht eindeutig!

Eine Beschriftung der Kanten eines Graphen G mit $\{N, O, S, W\}$ heißt **reguläre Kantenbeschriftung**, falls obige Bedingung an jedem inneren Knoten erfüllt ist.

- richte Kanten von W nach O und von S nach N
- färbe W–O Kanten rot und S–N Kanten grün

Konstruktion Rechtecksdual

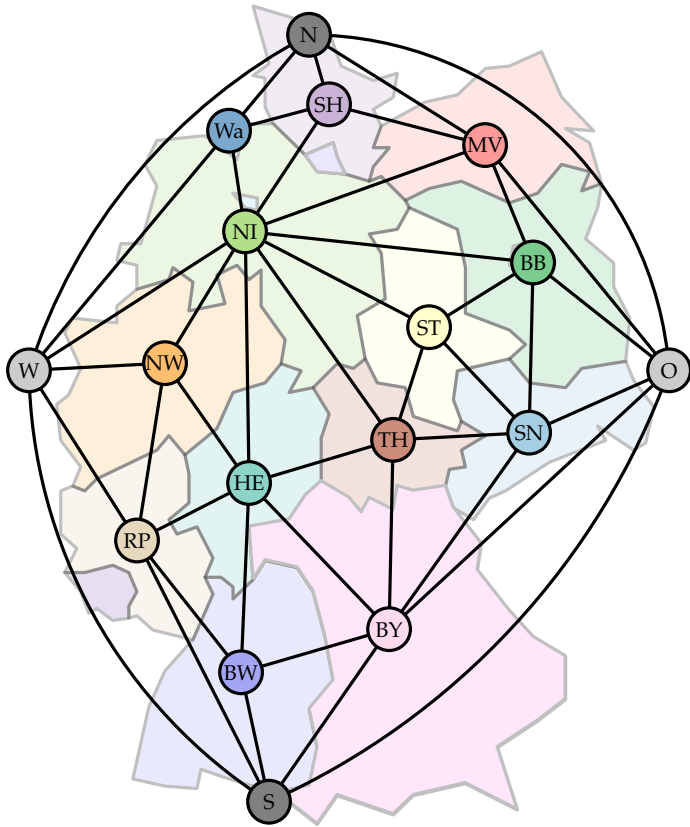
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

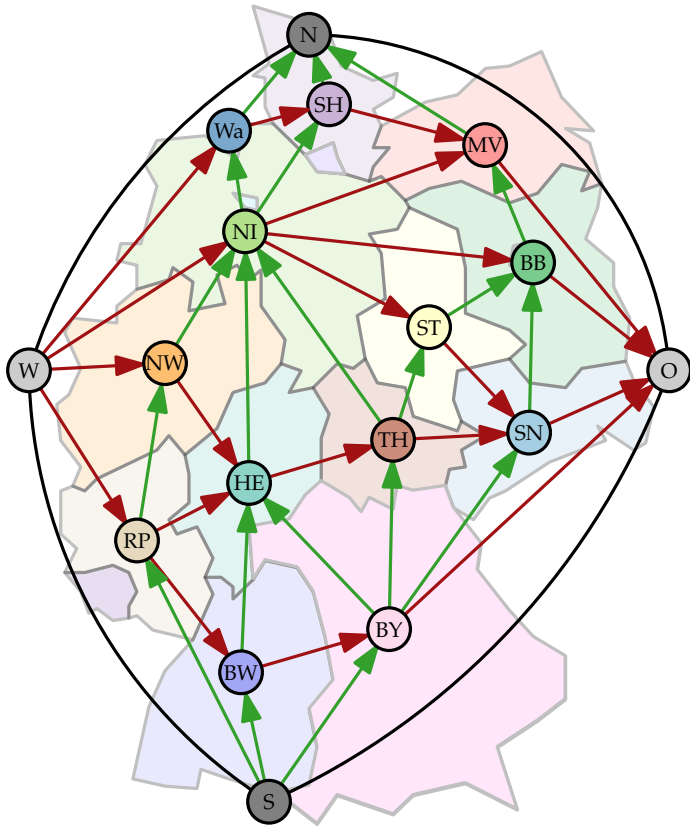
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

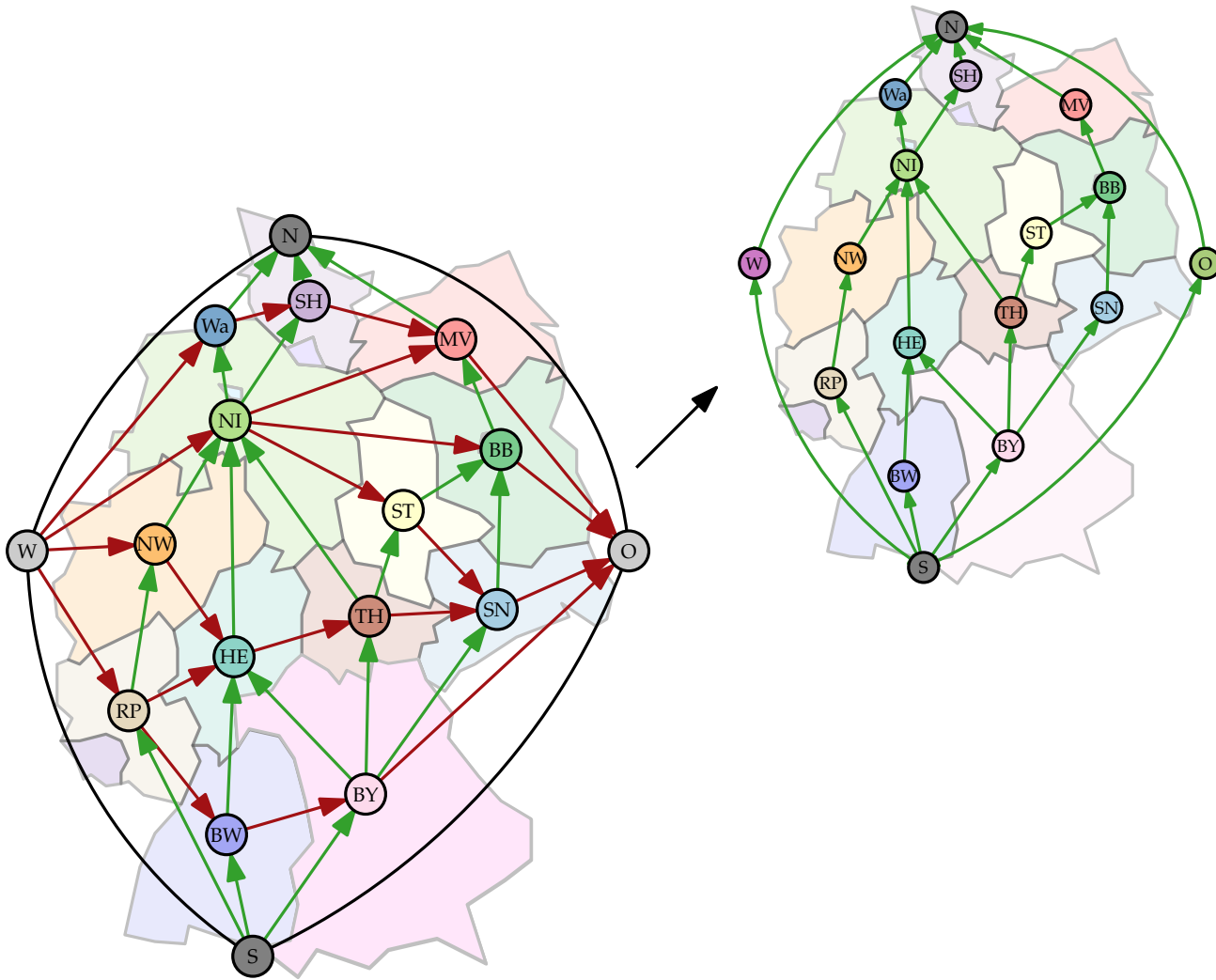
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

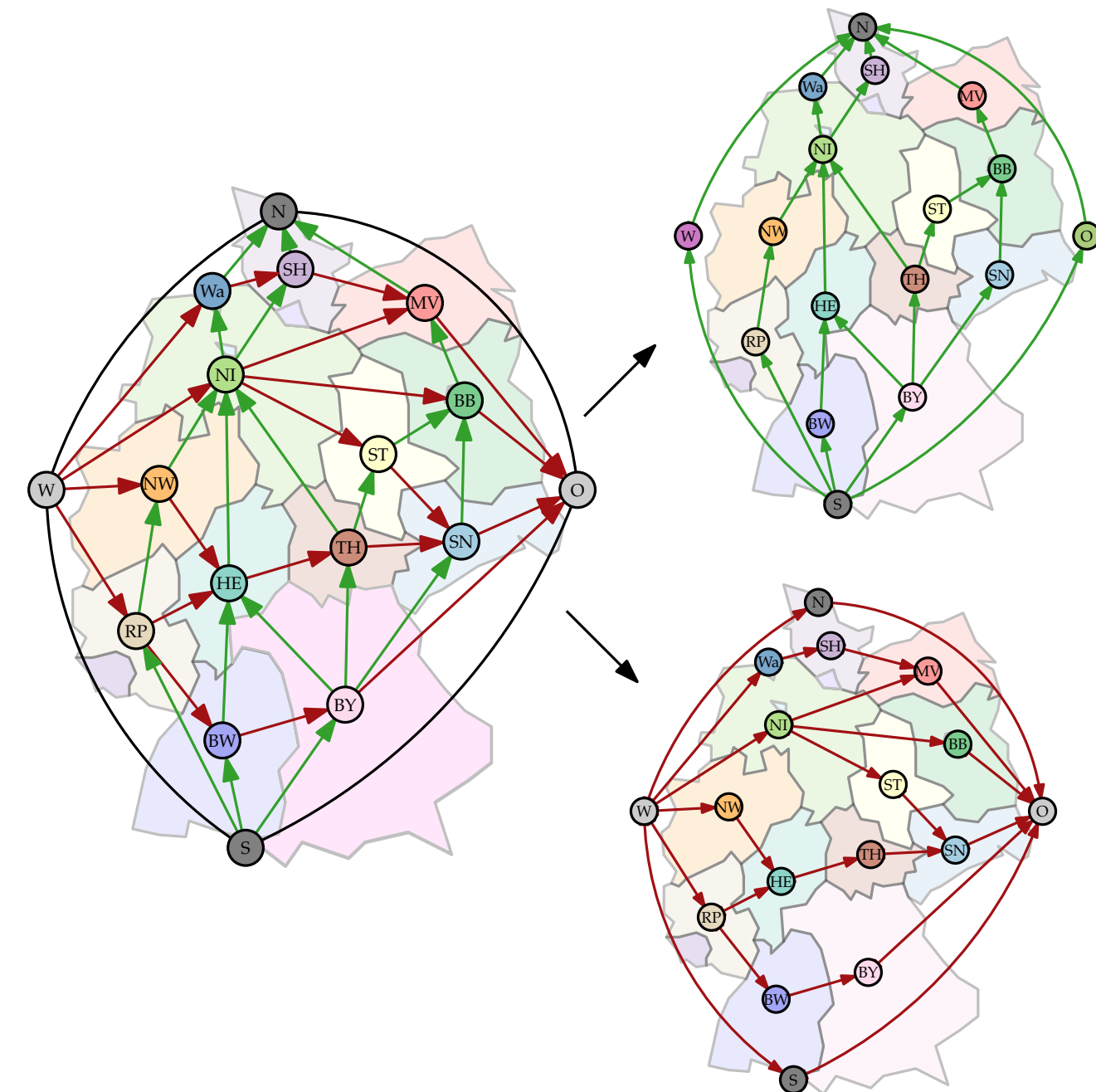
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

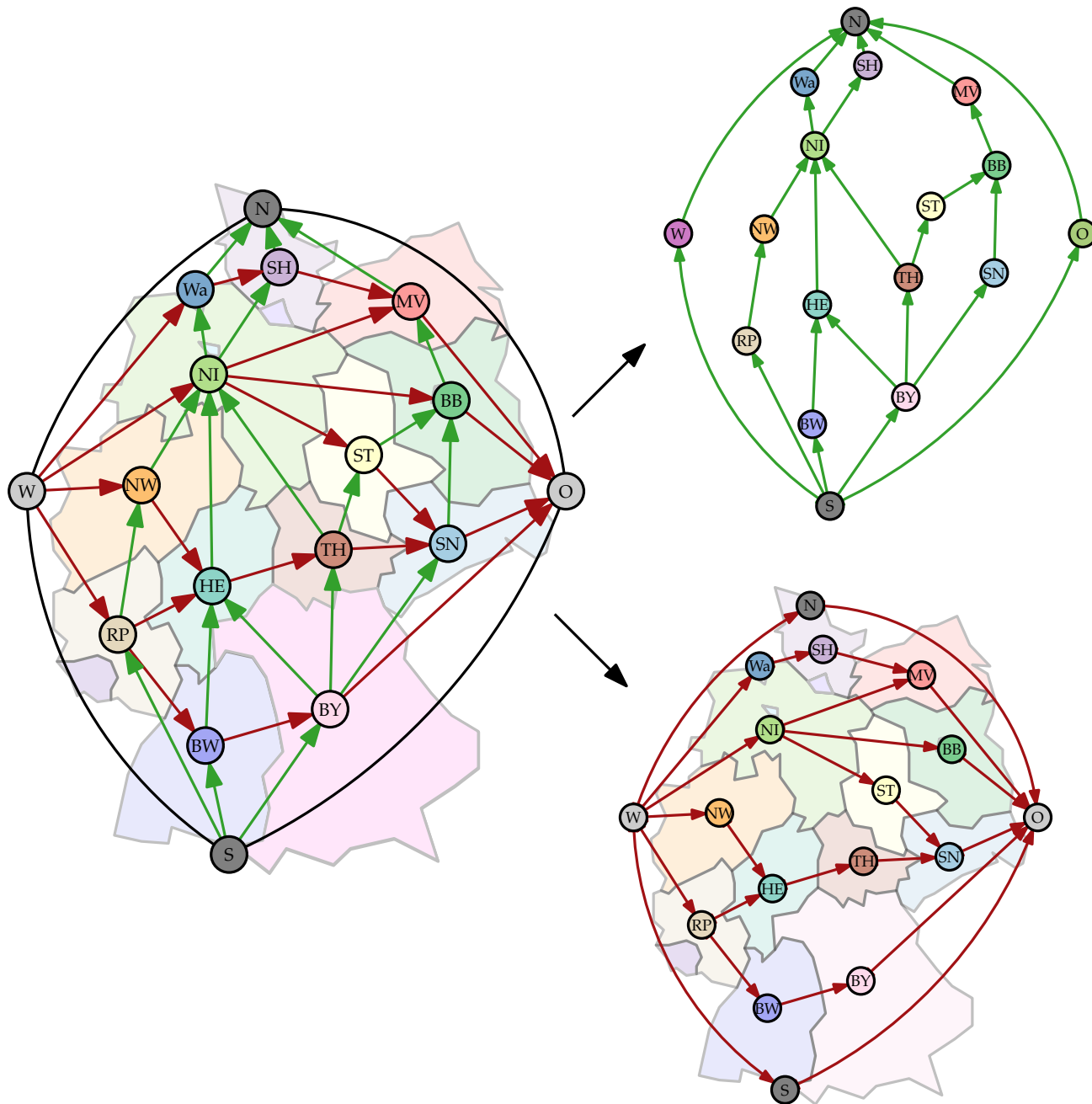
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

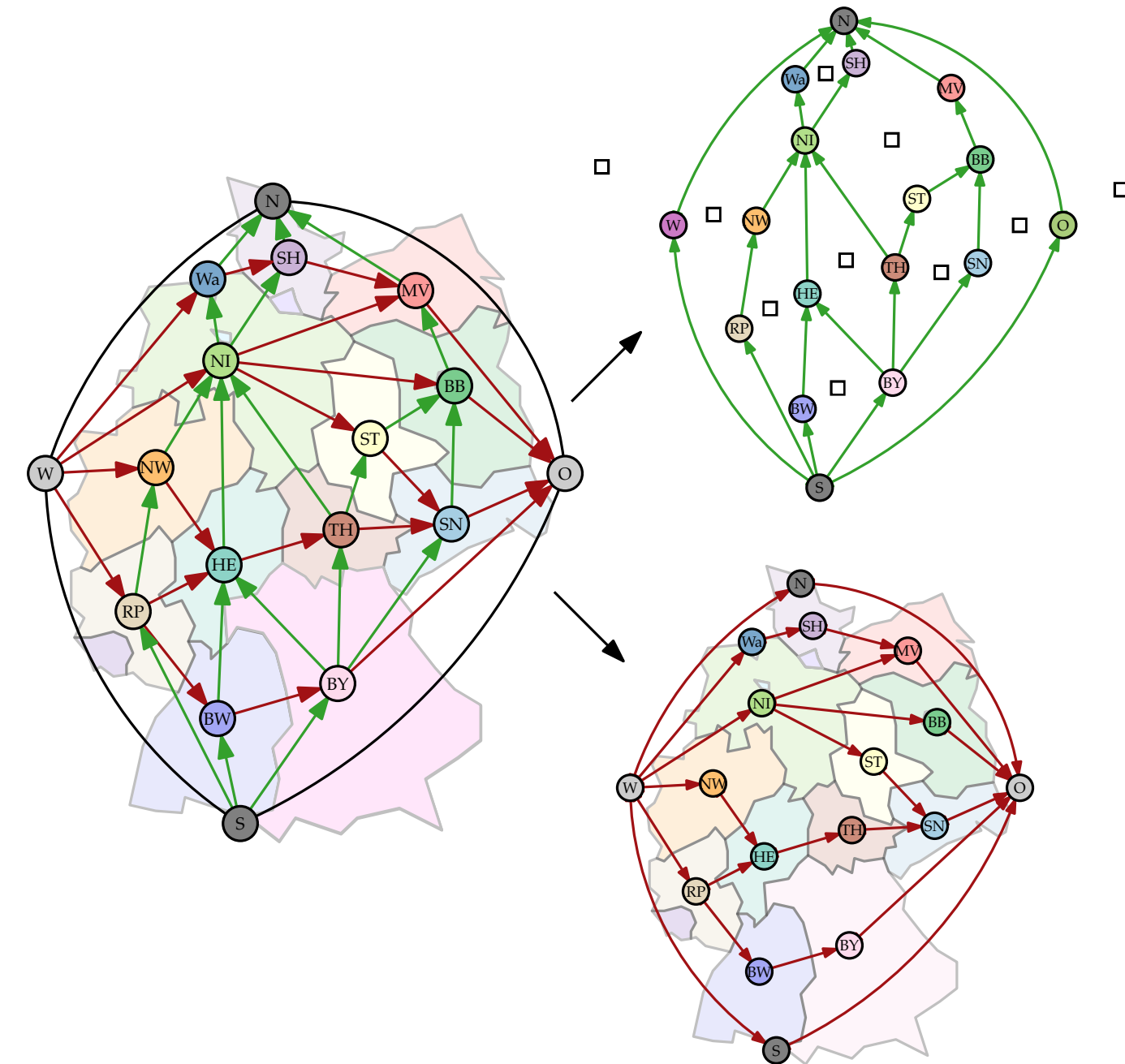
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

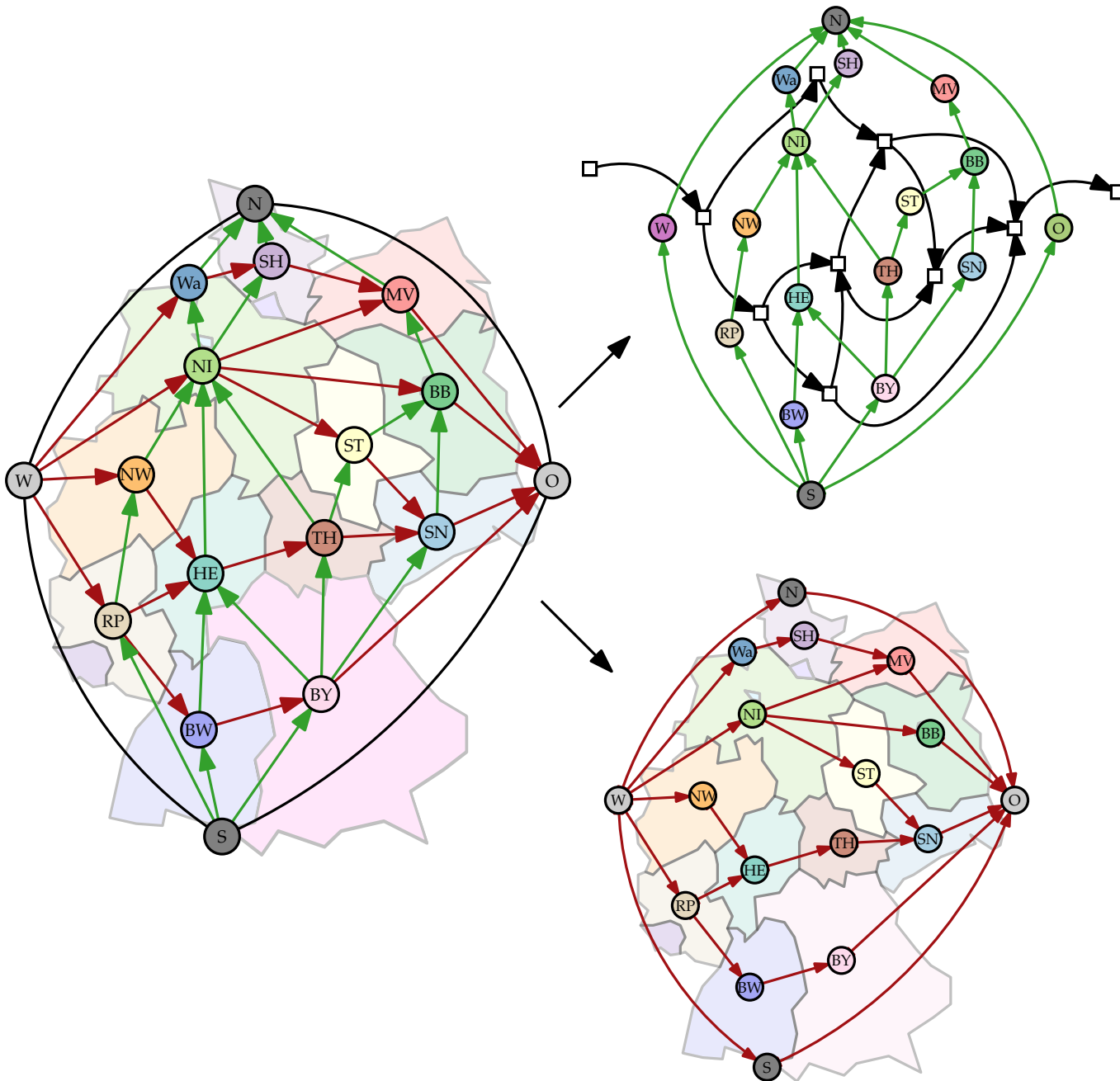
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

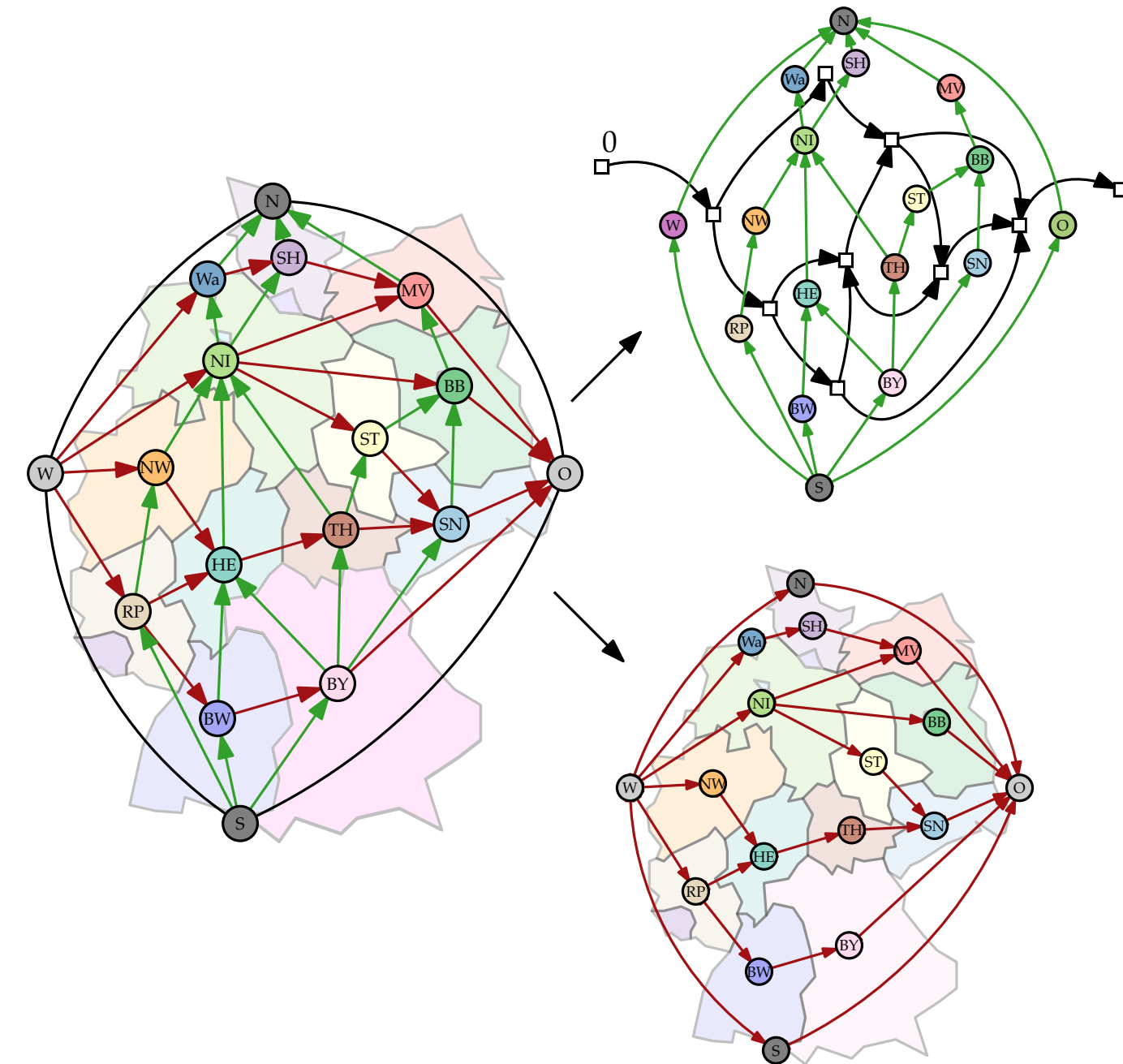
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

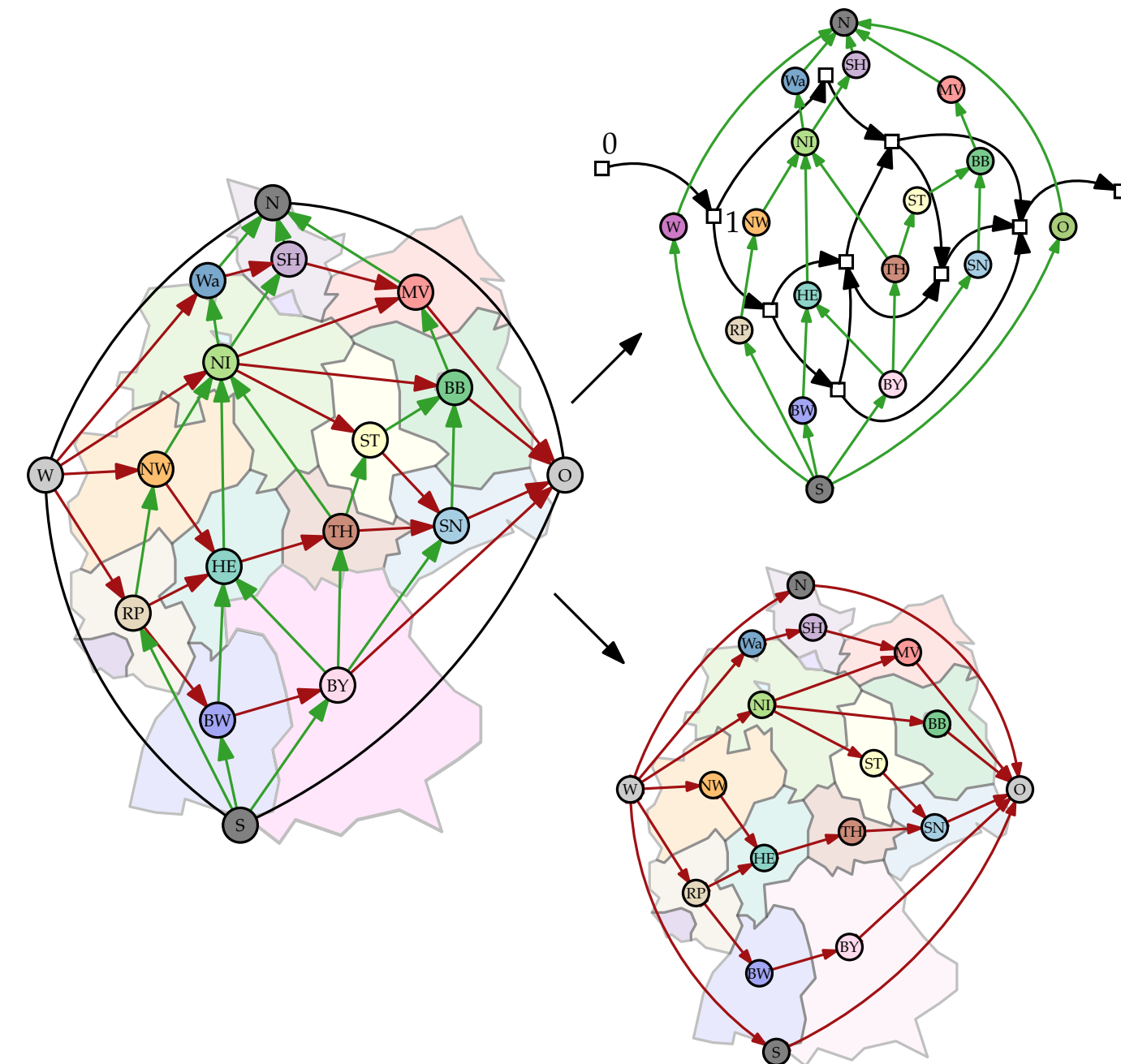
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

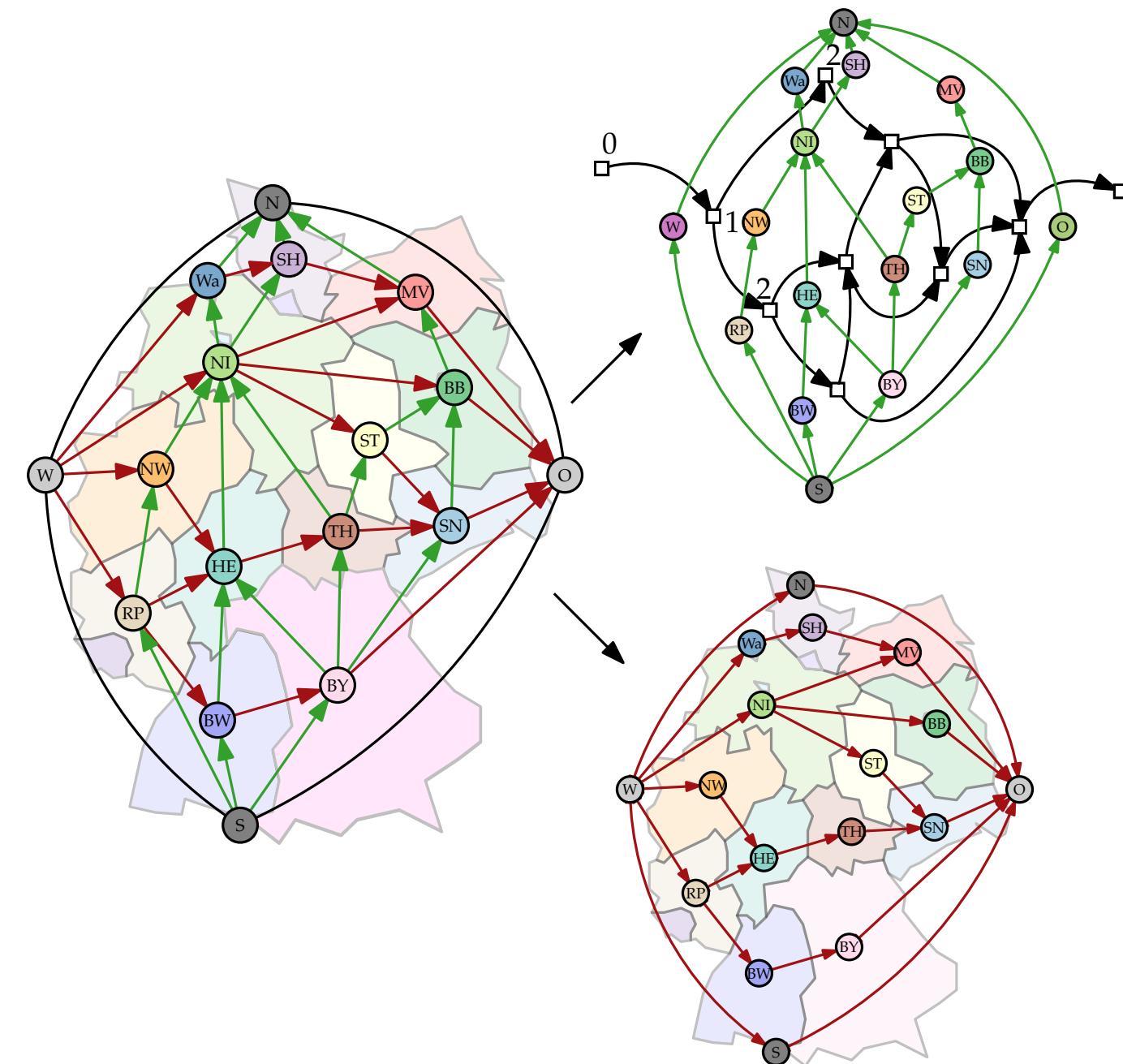
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

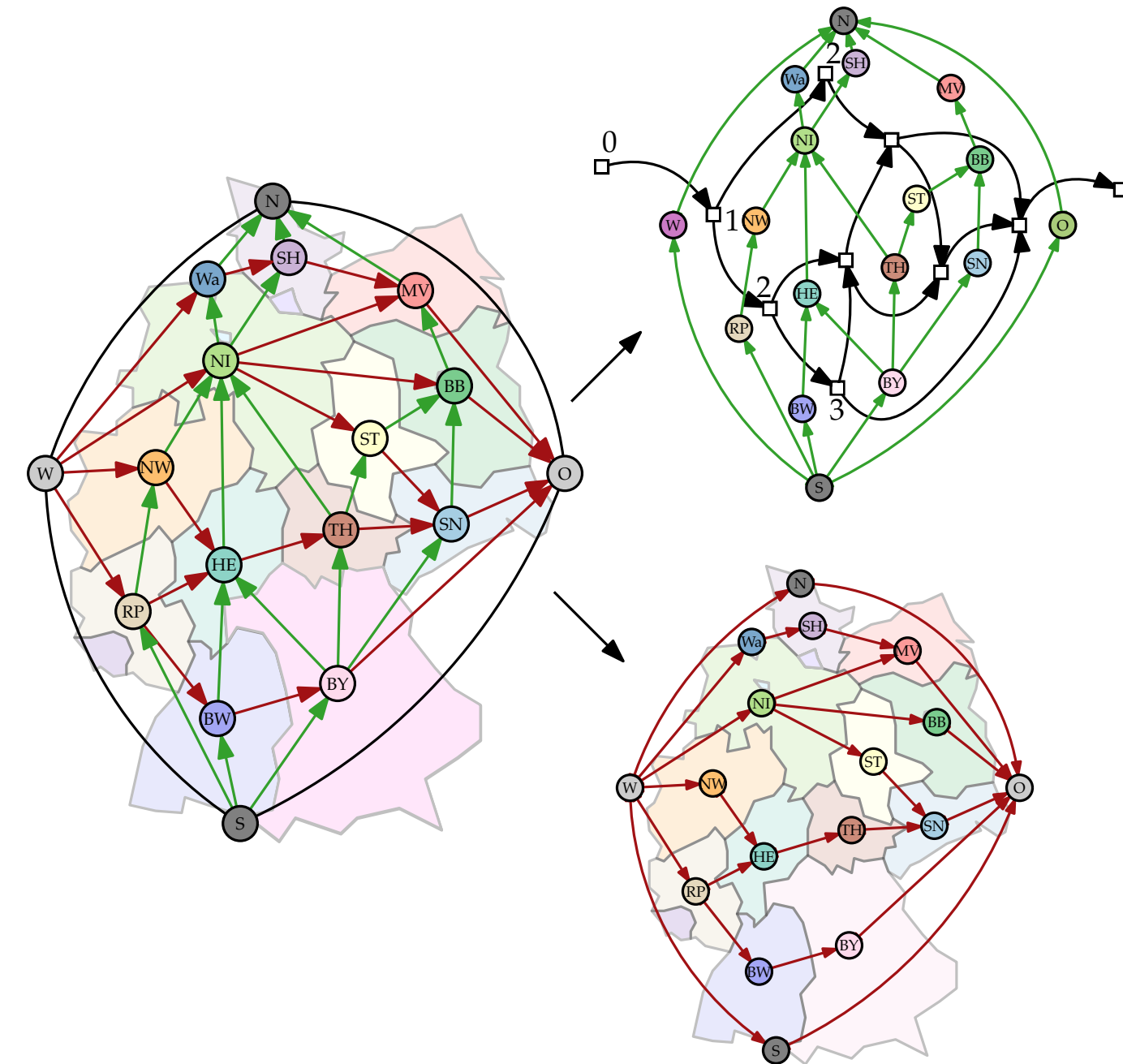
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

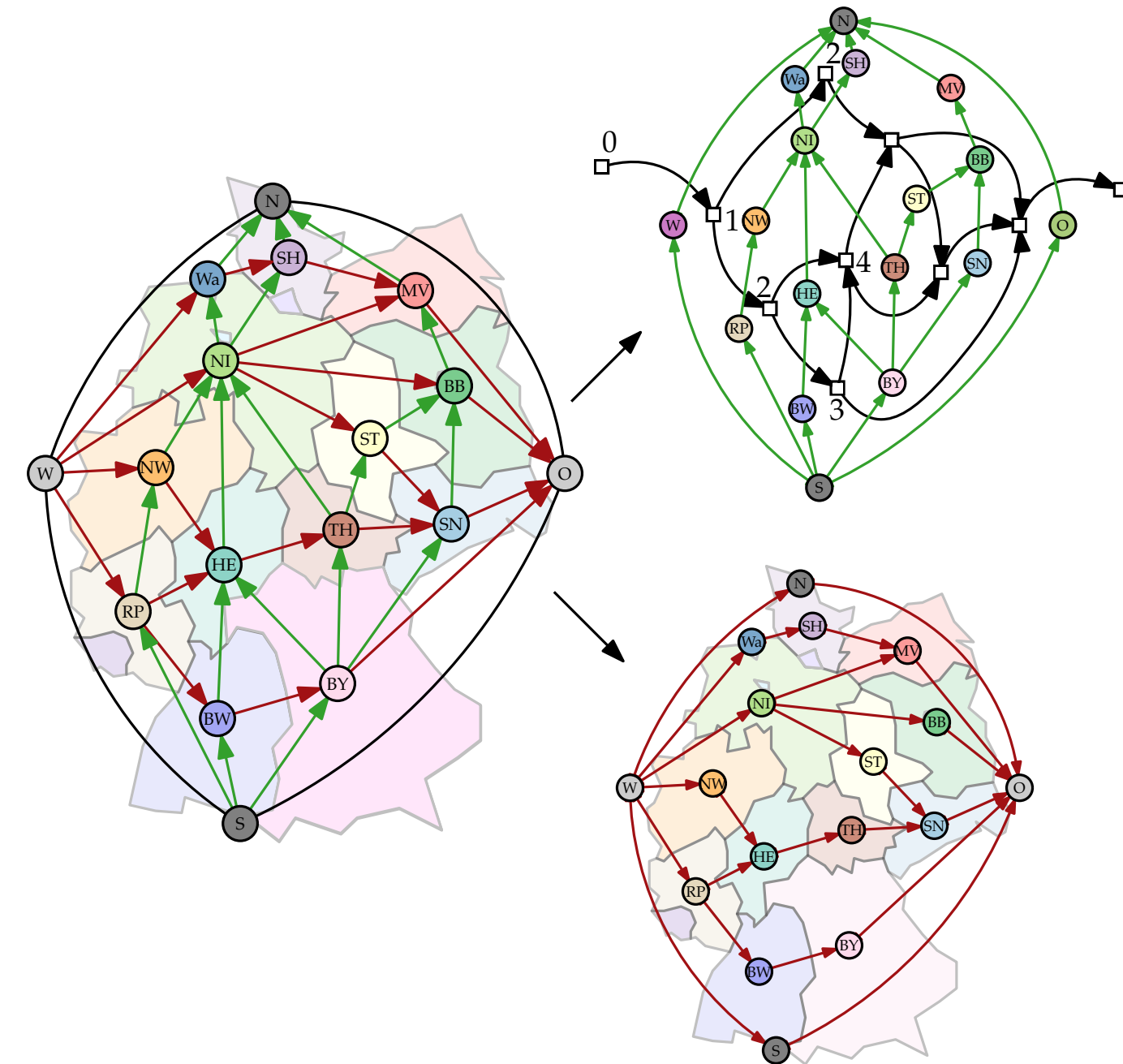
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

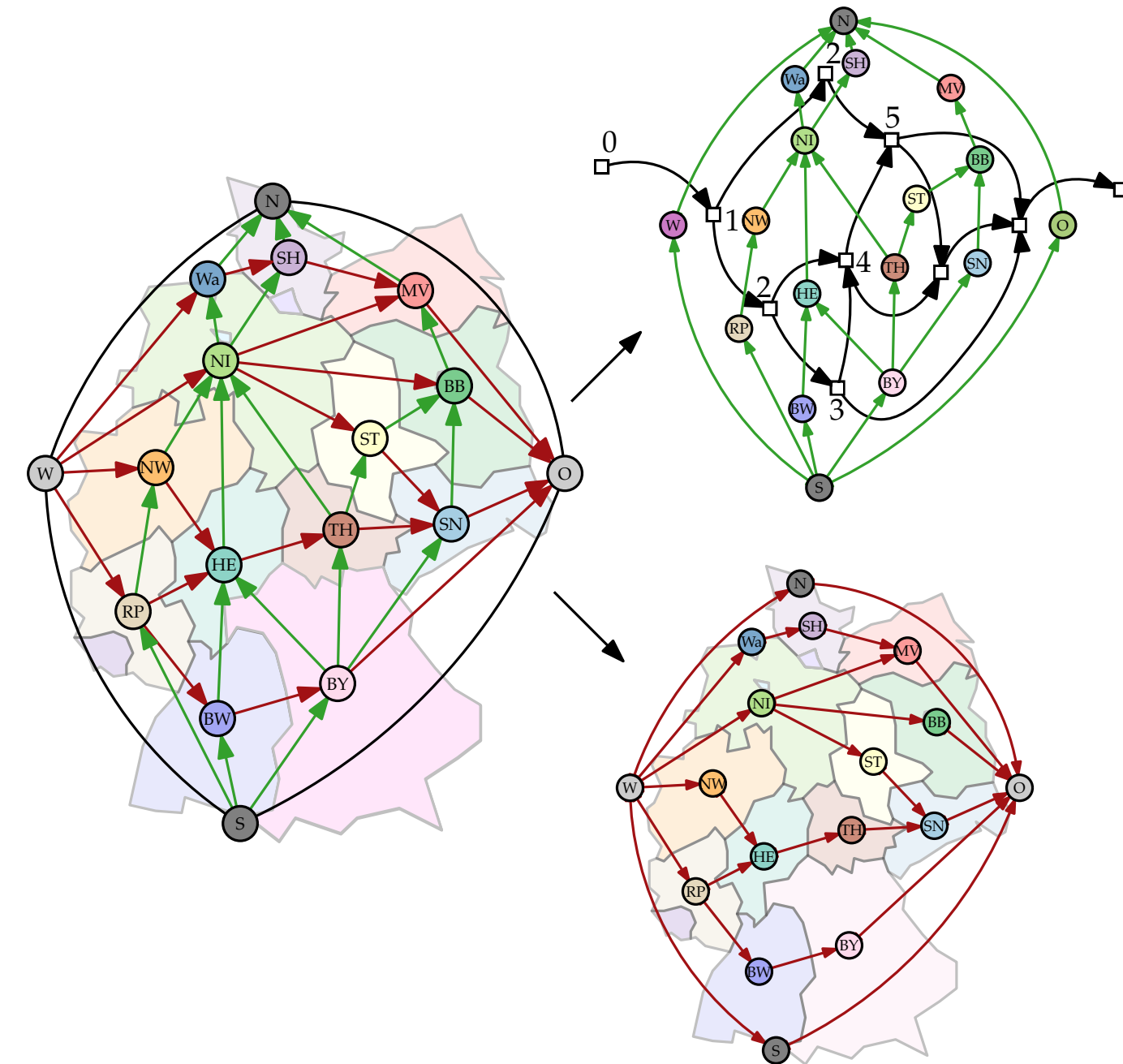
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

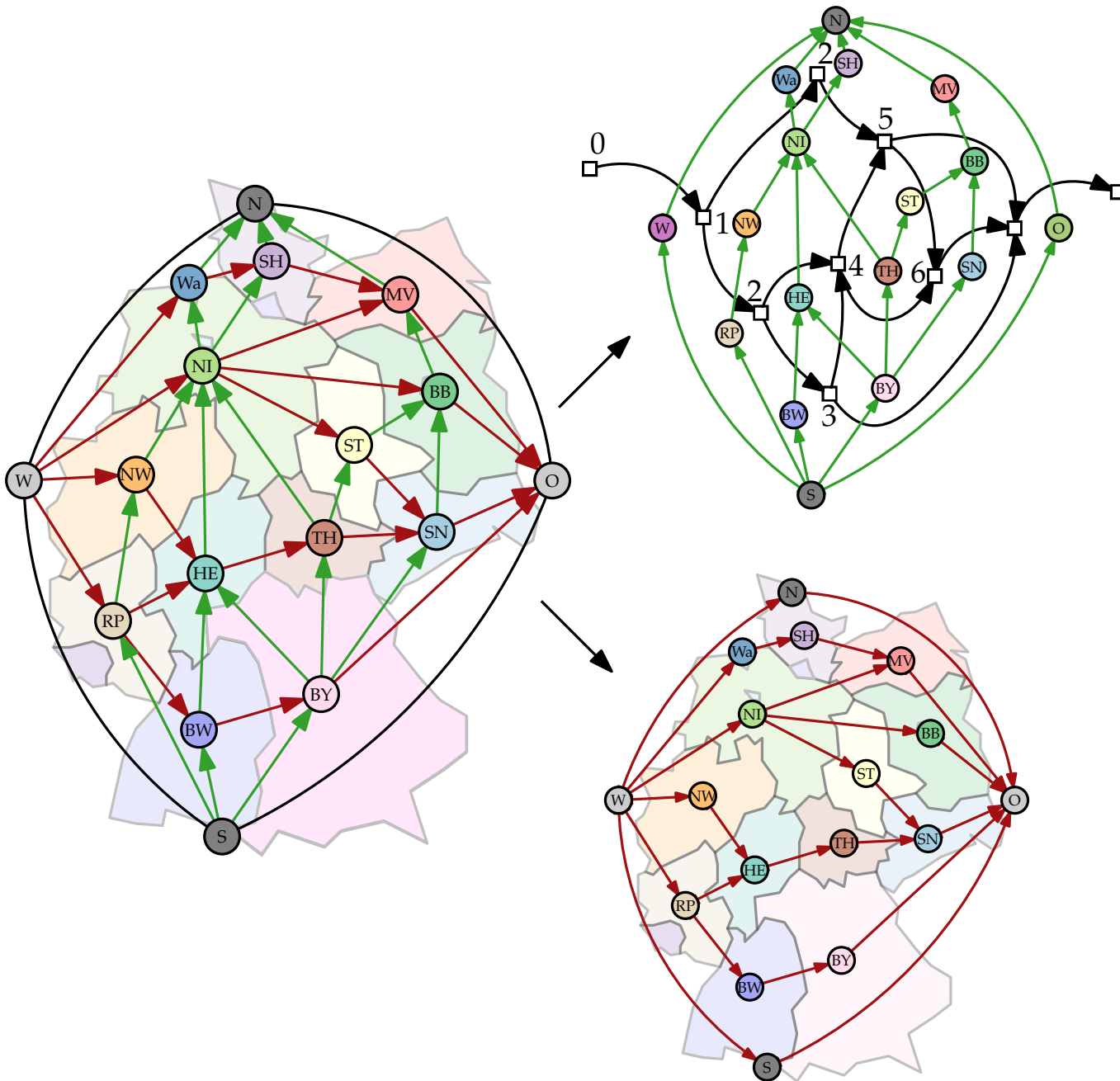
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

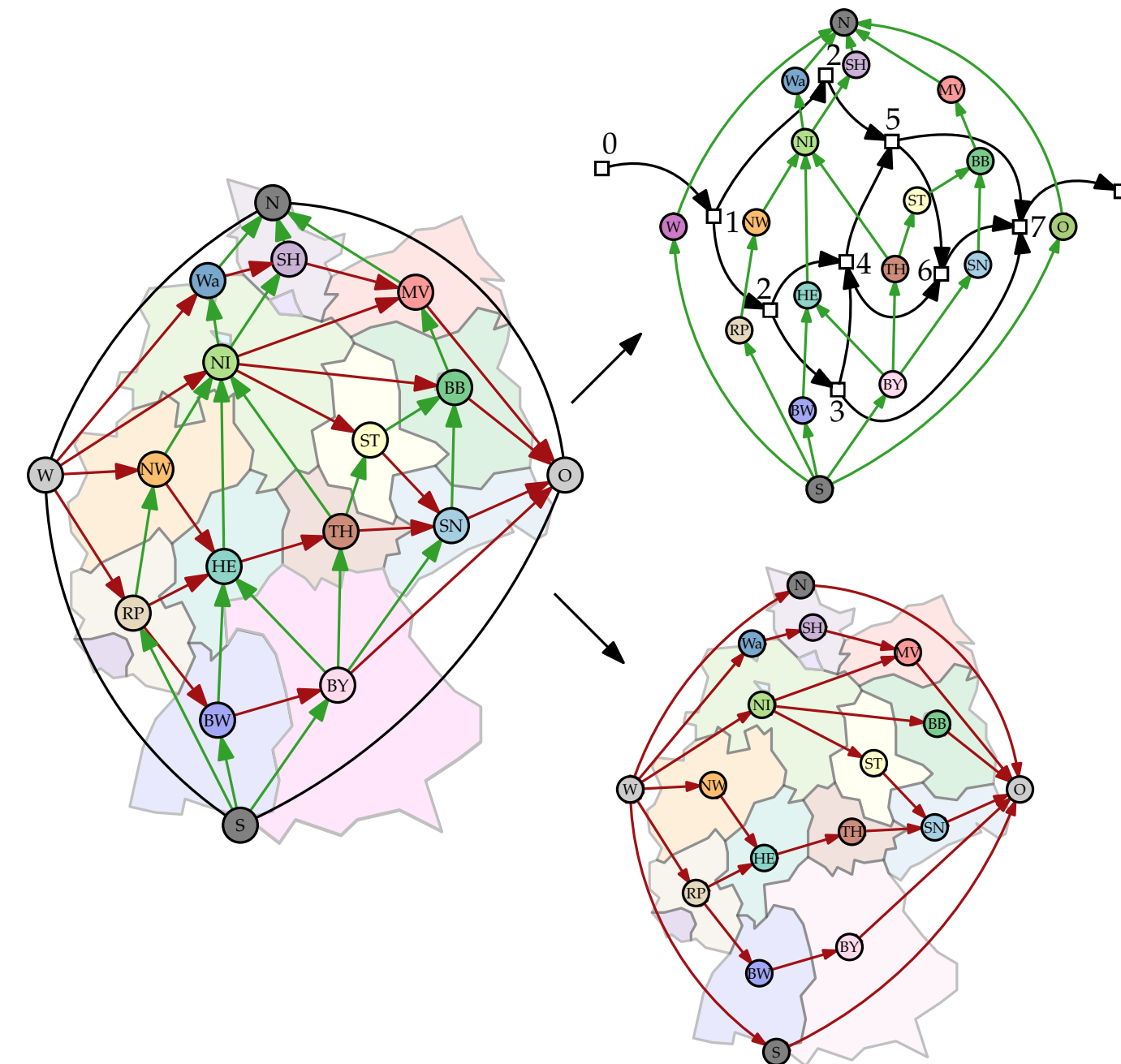
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

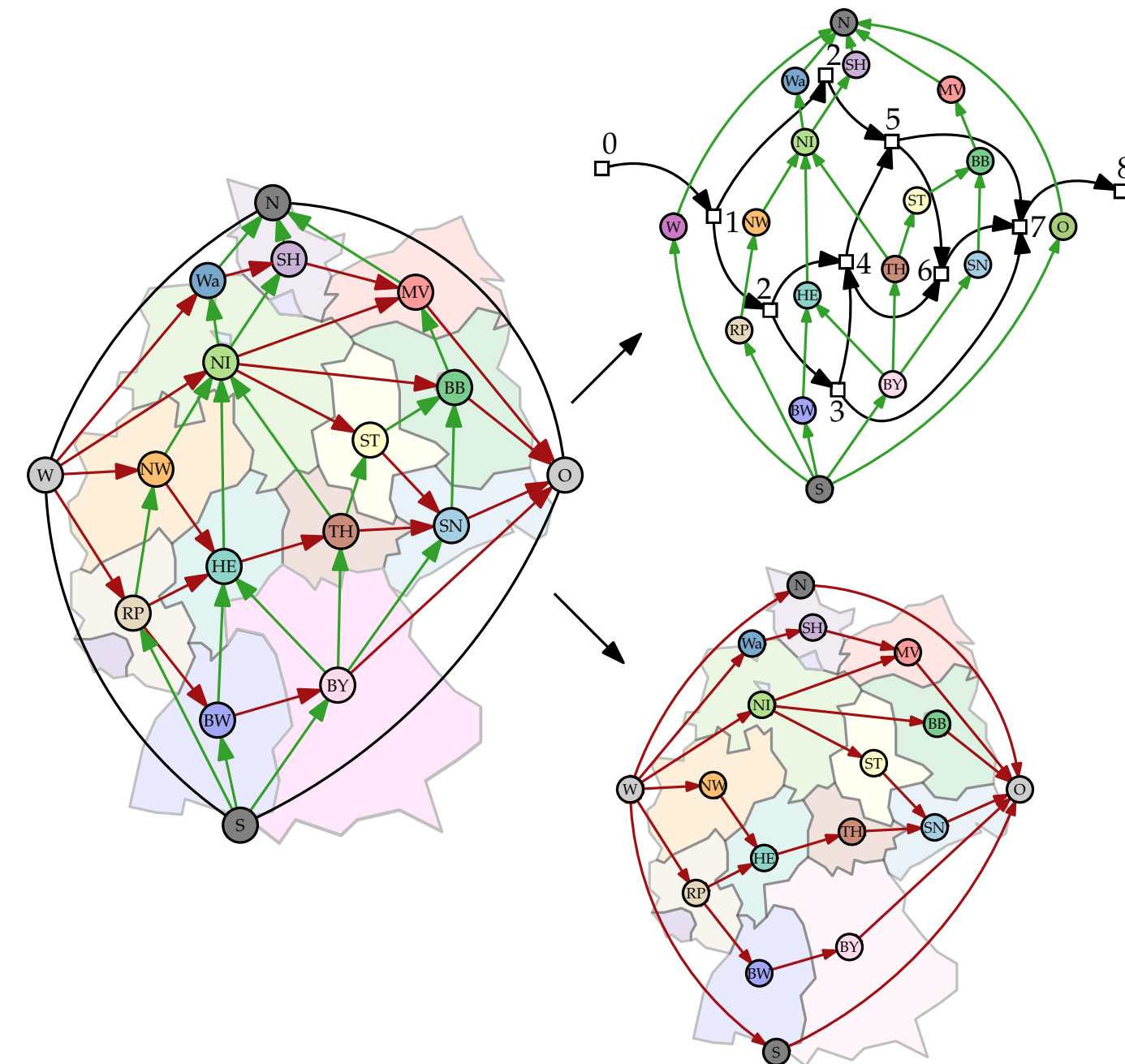
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

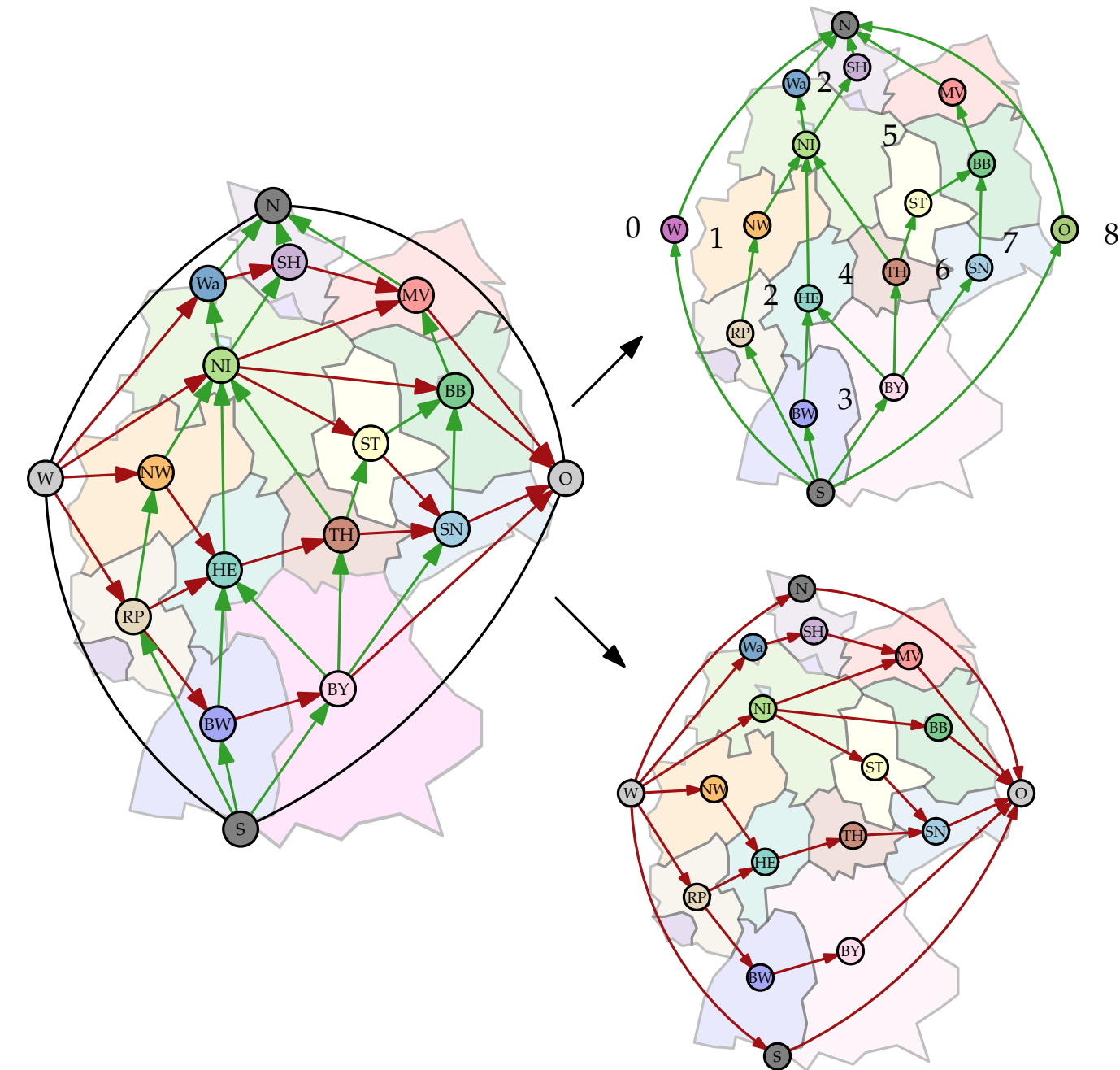
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

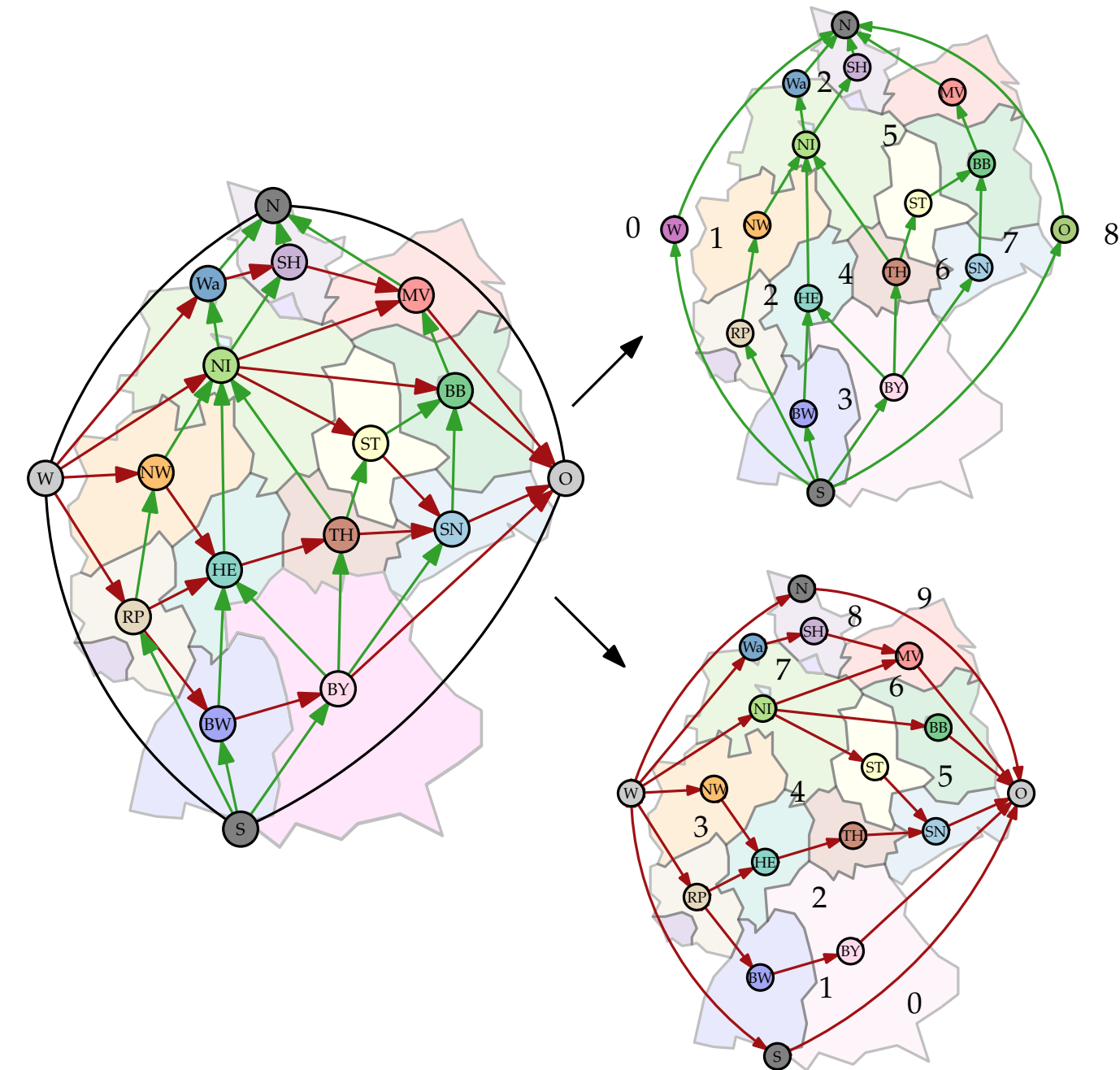
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

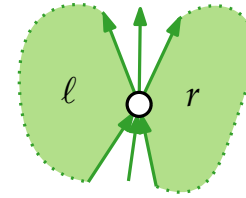
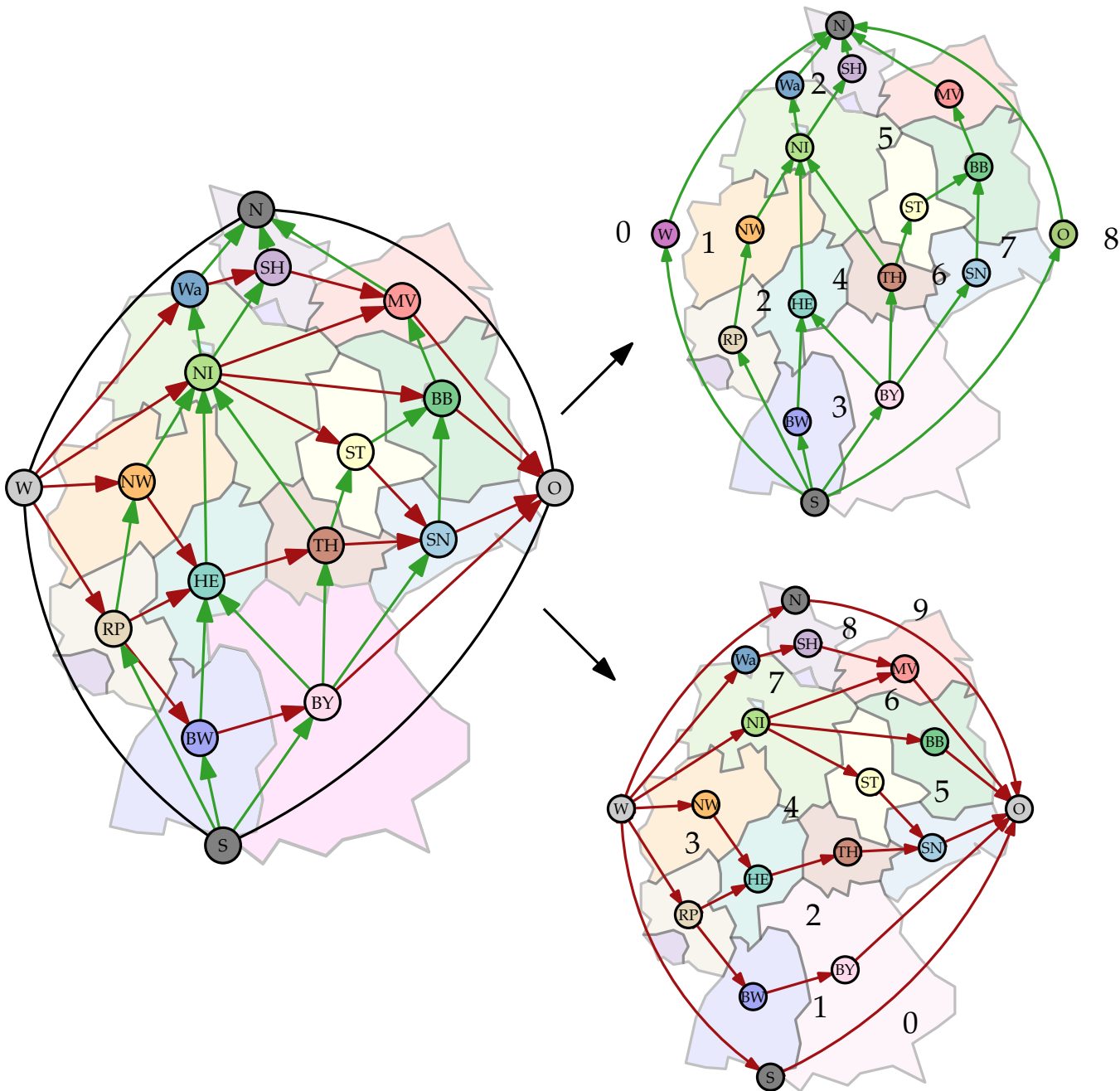
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

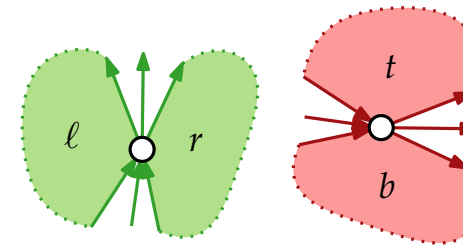
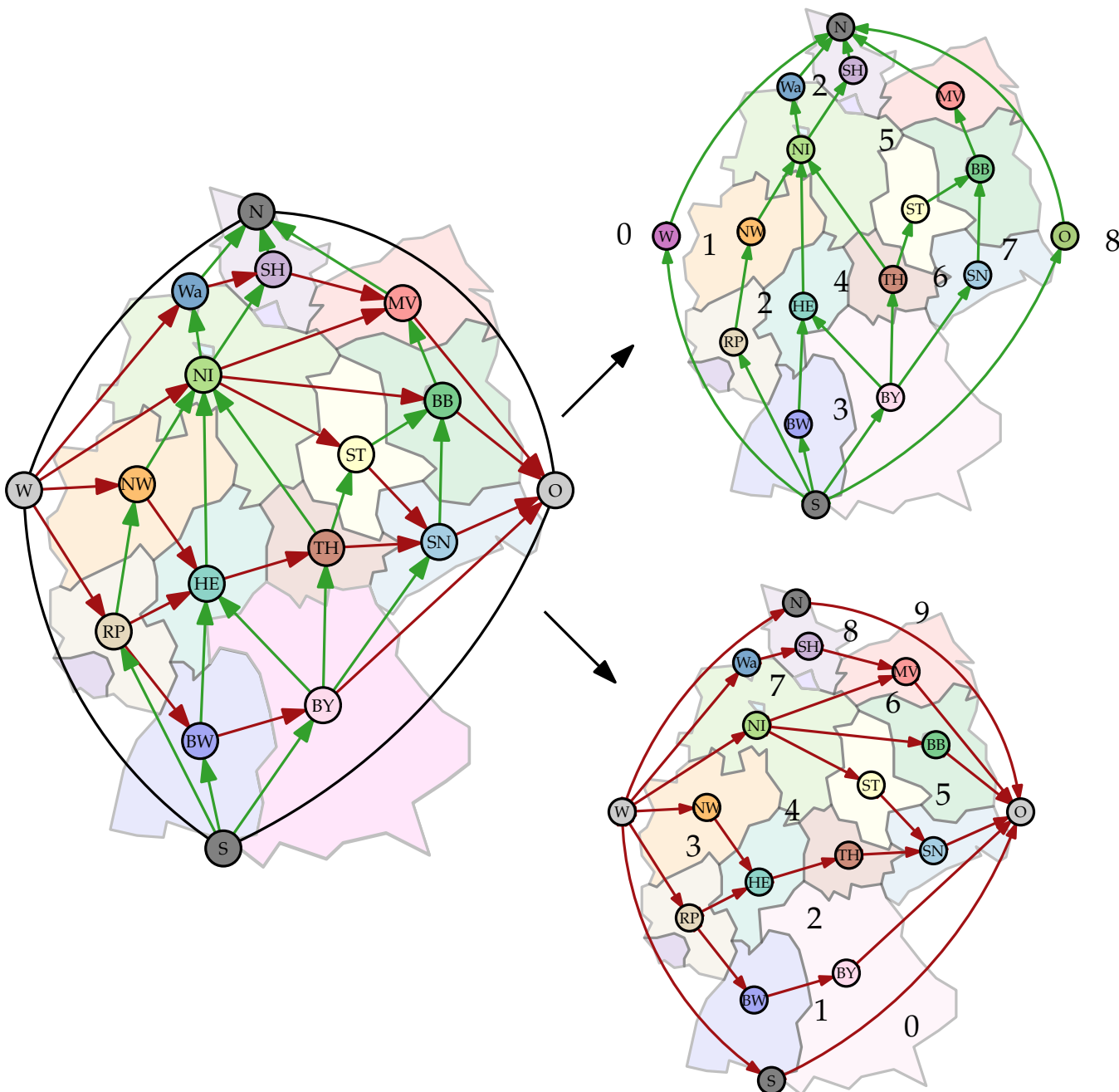
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

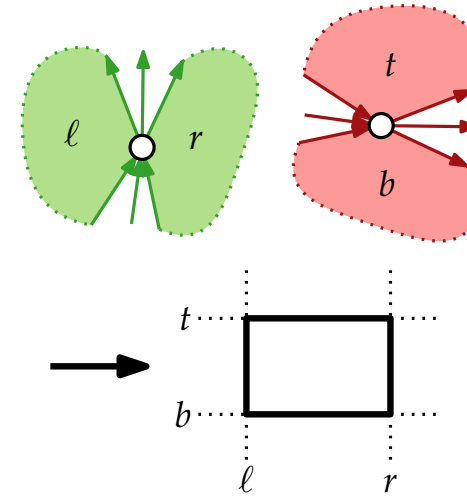
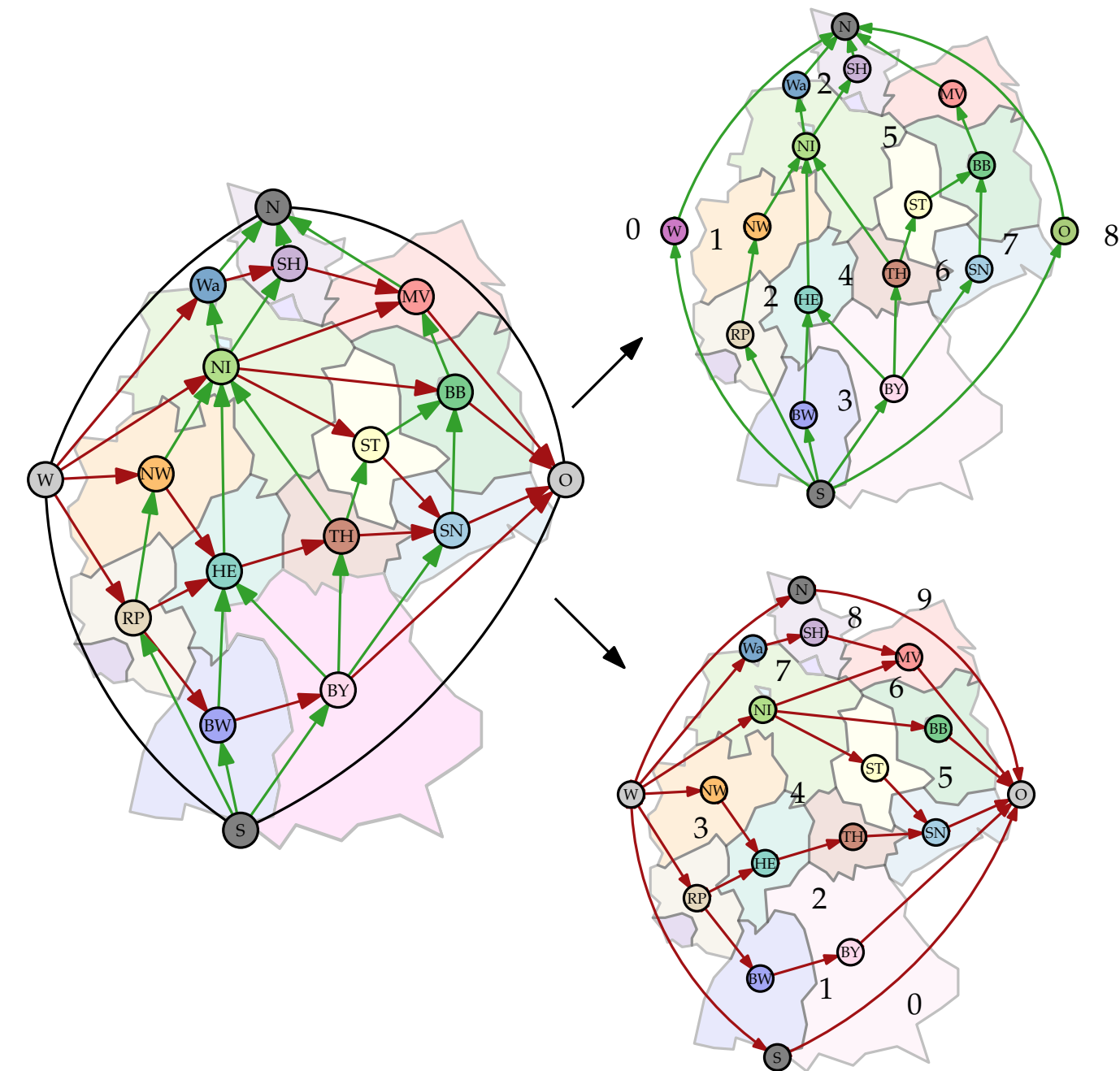
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

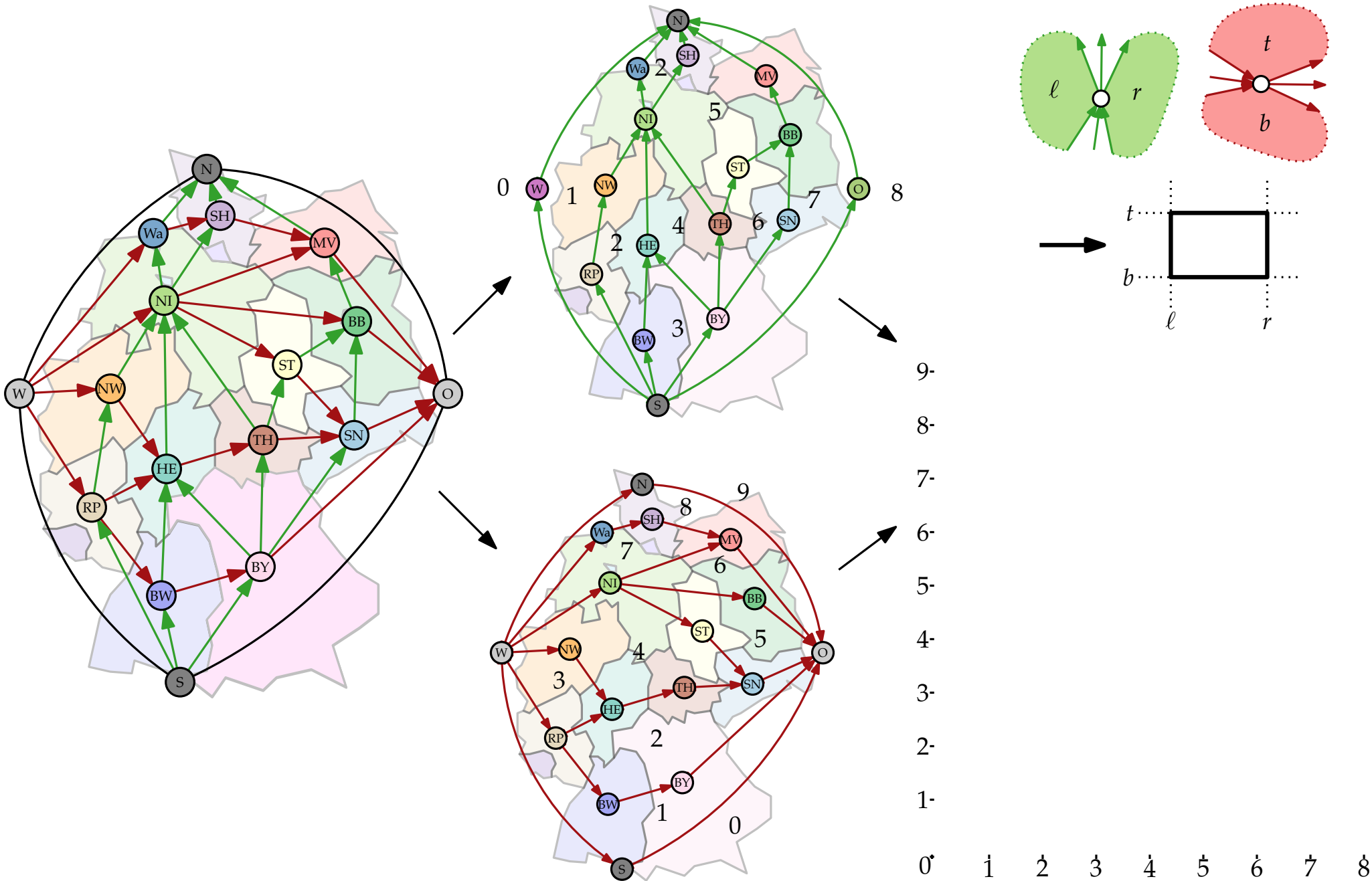
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

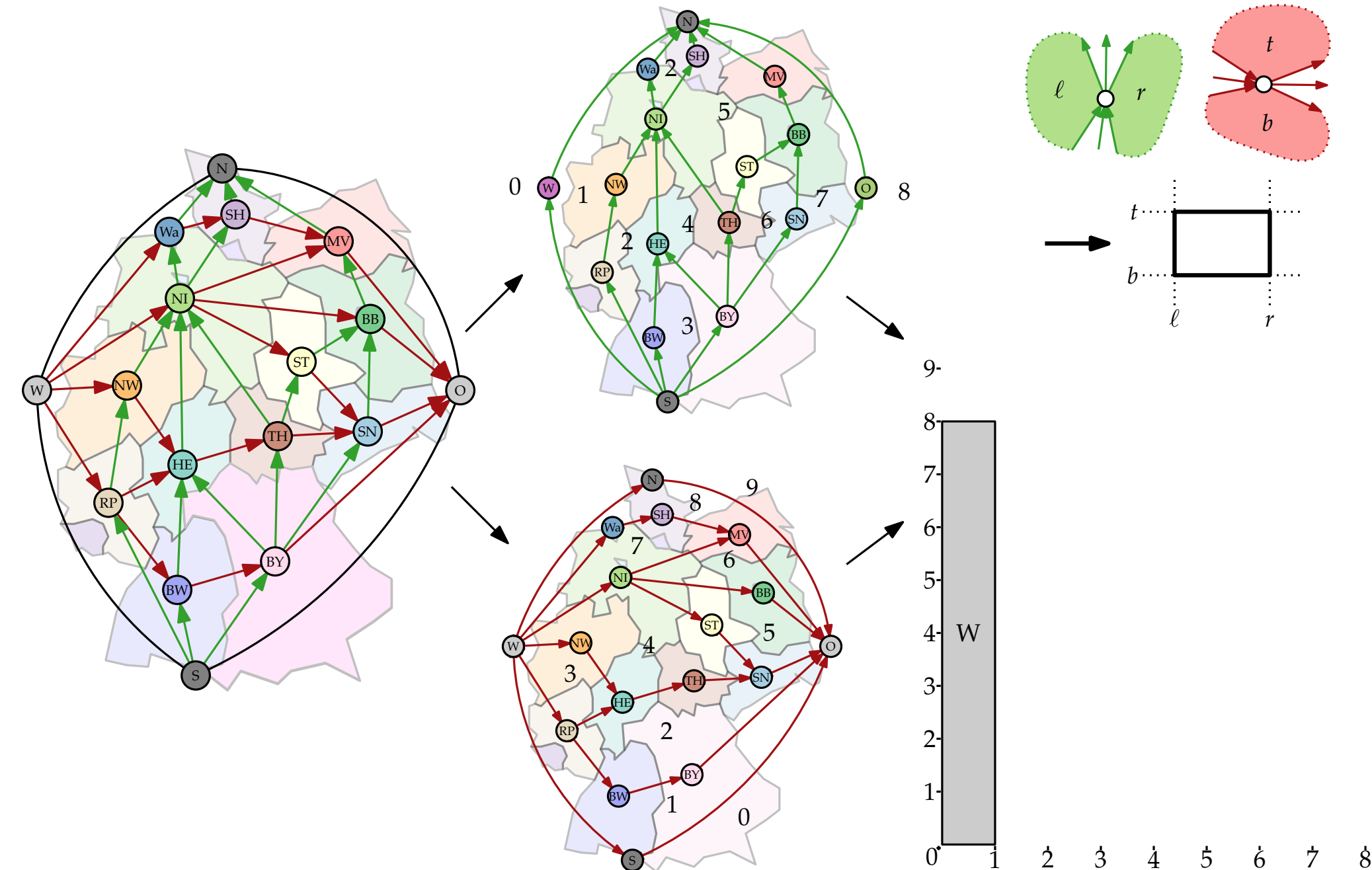
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

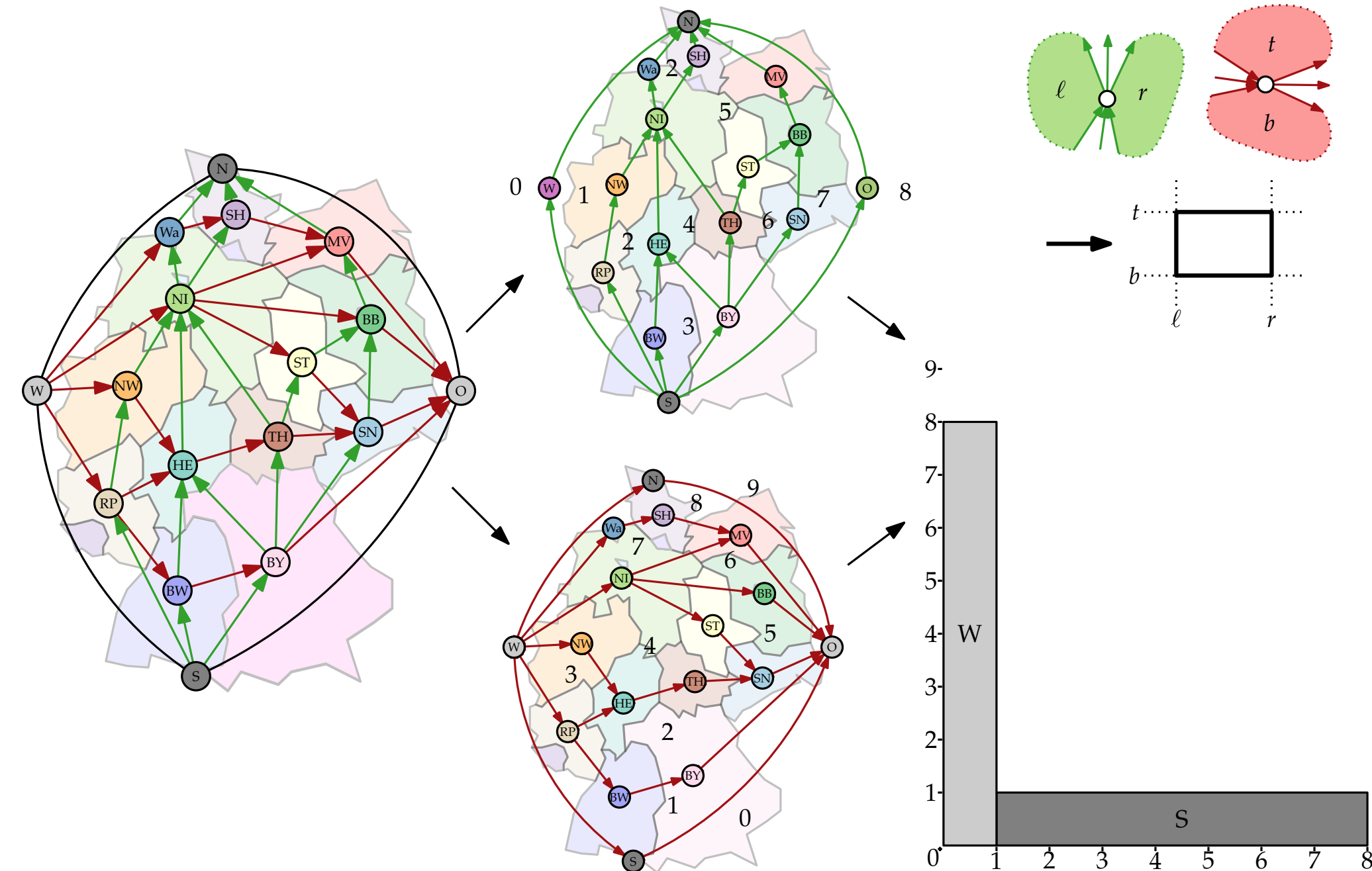
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

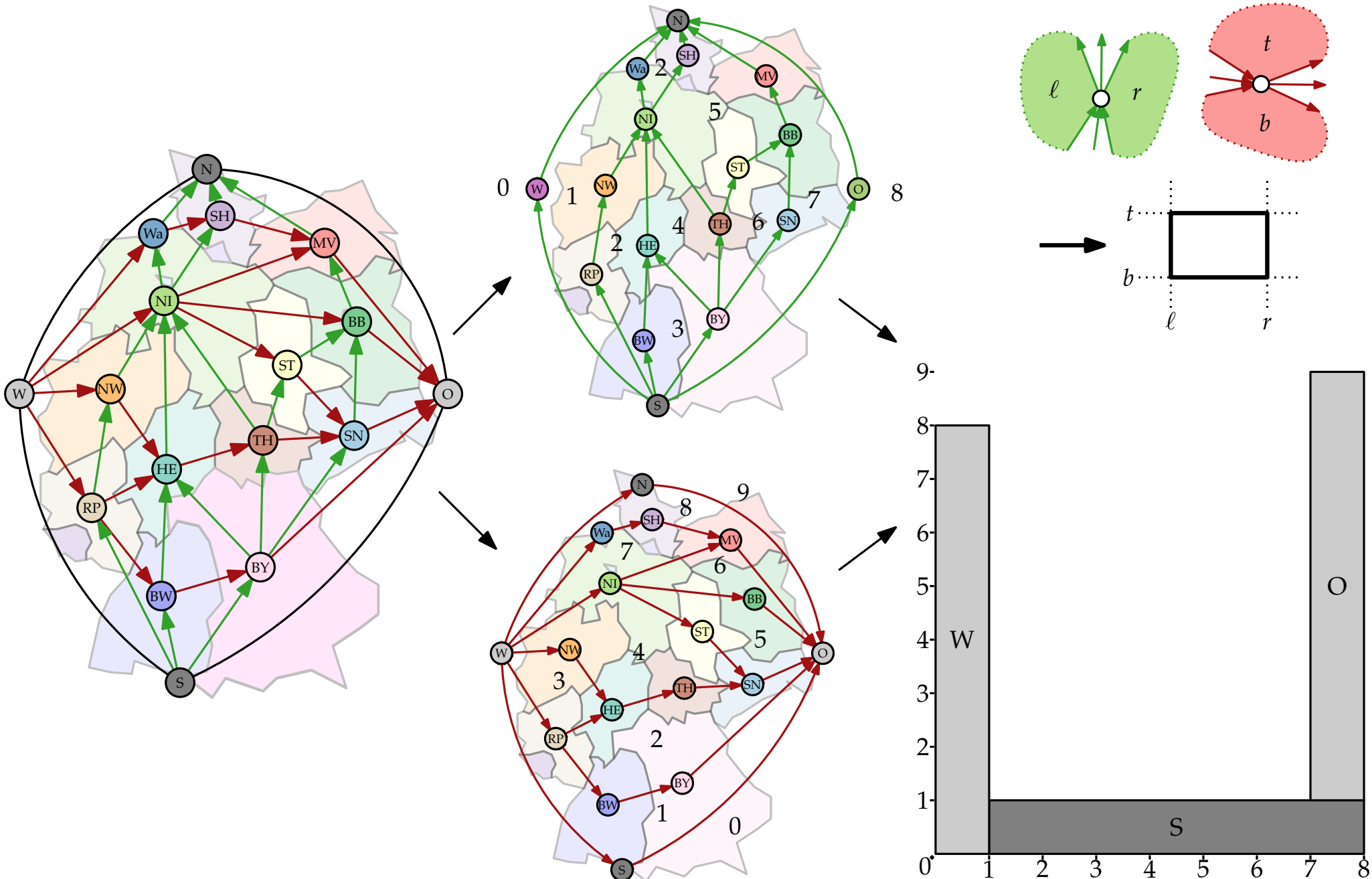
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

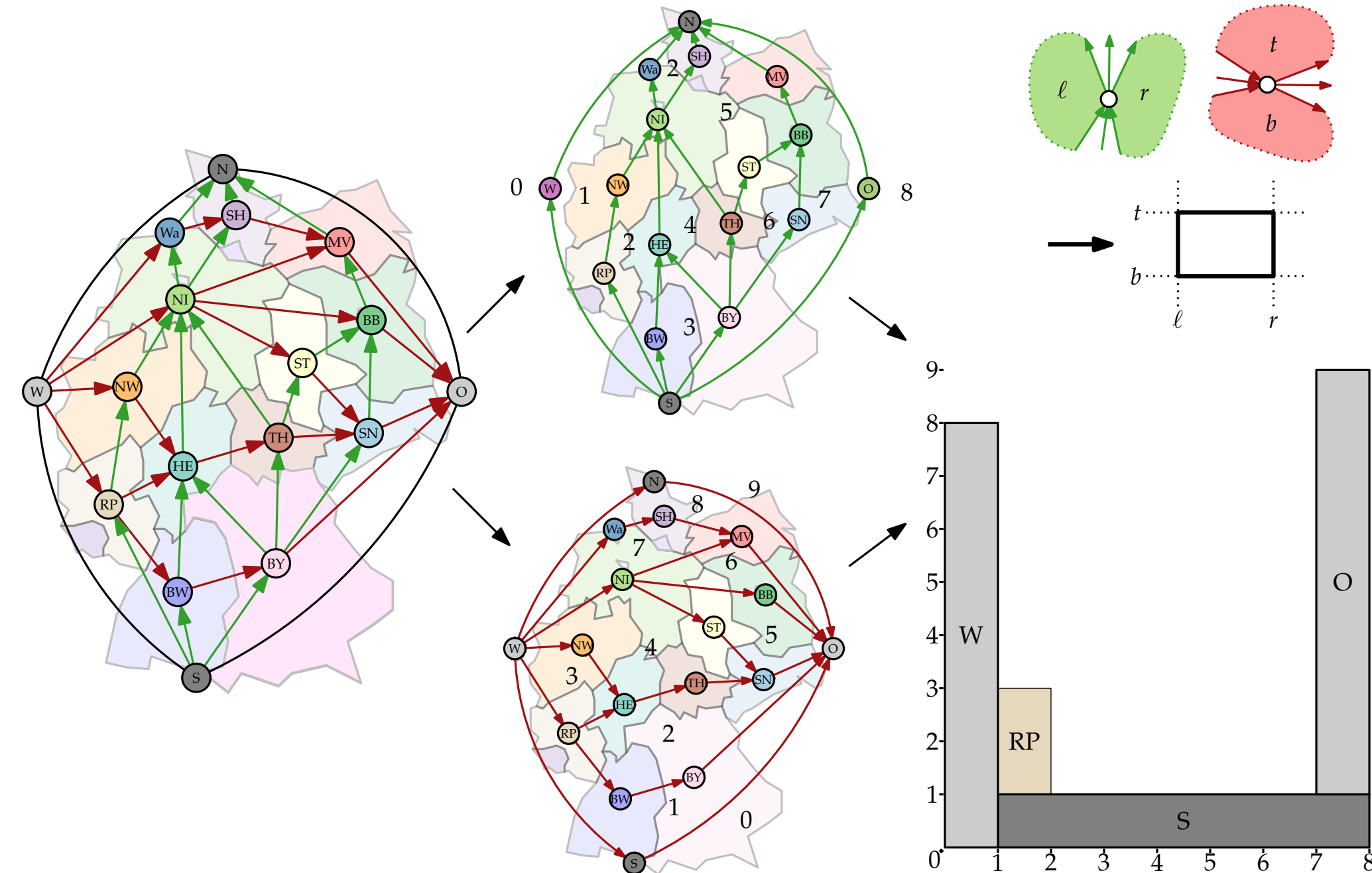
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

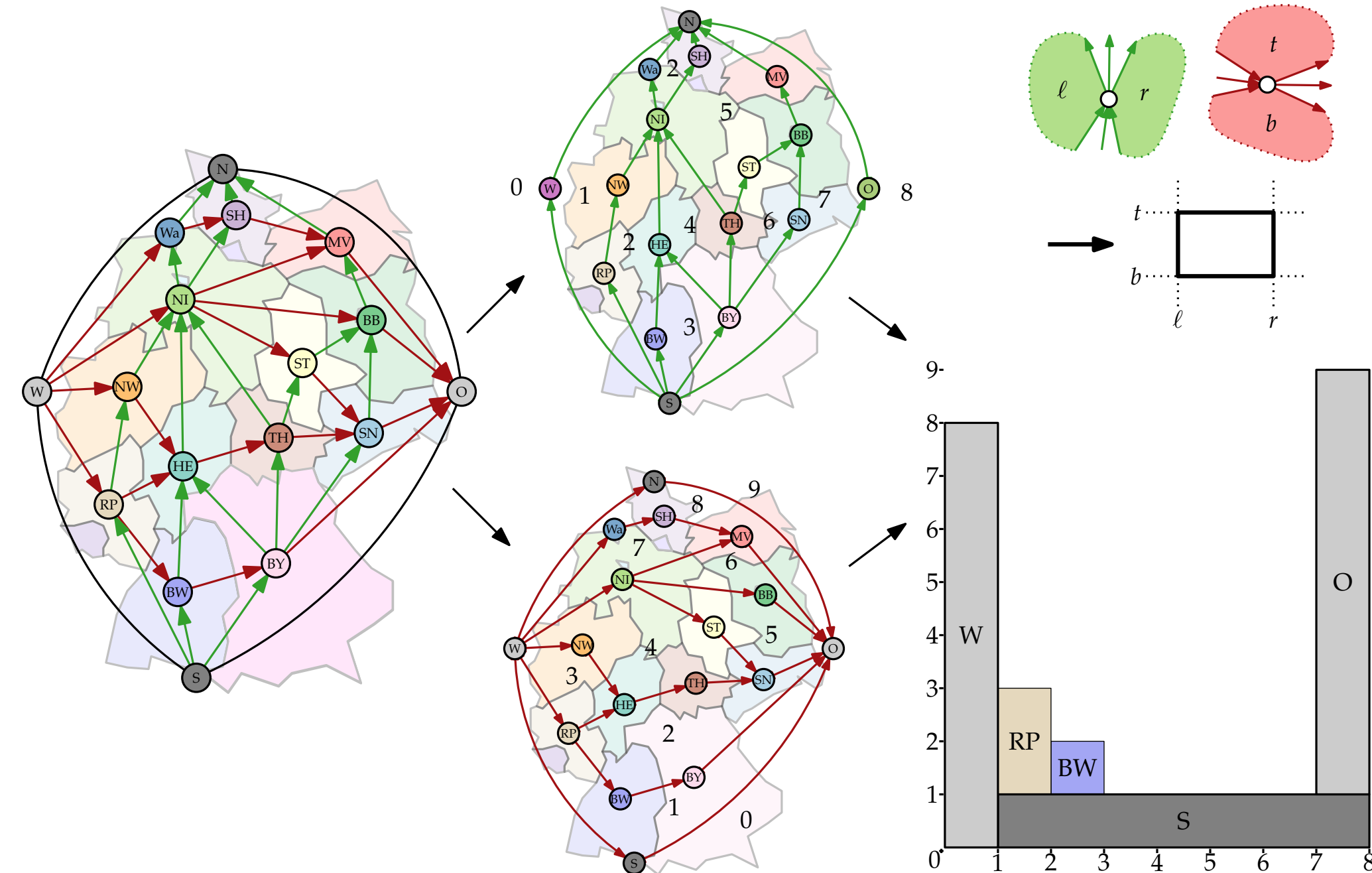
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

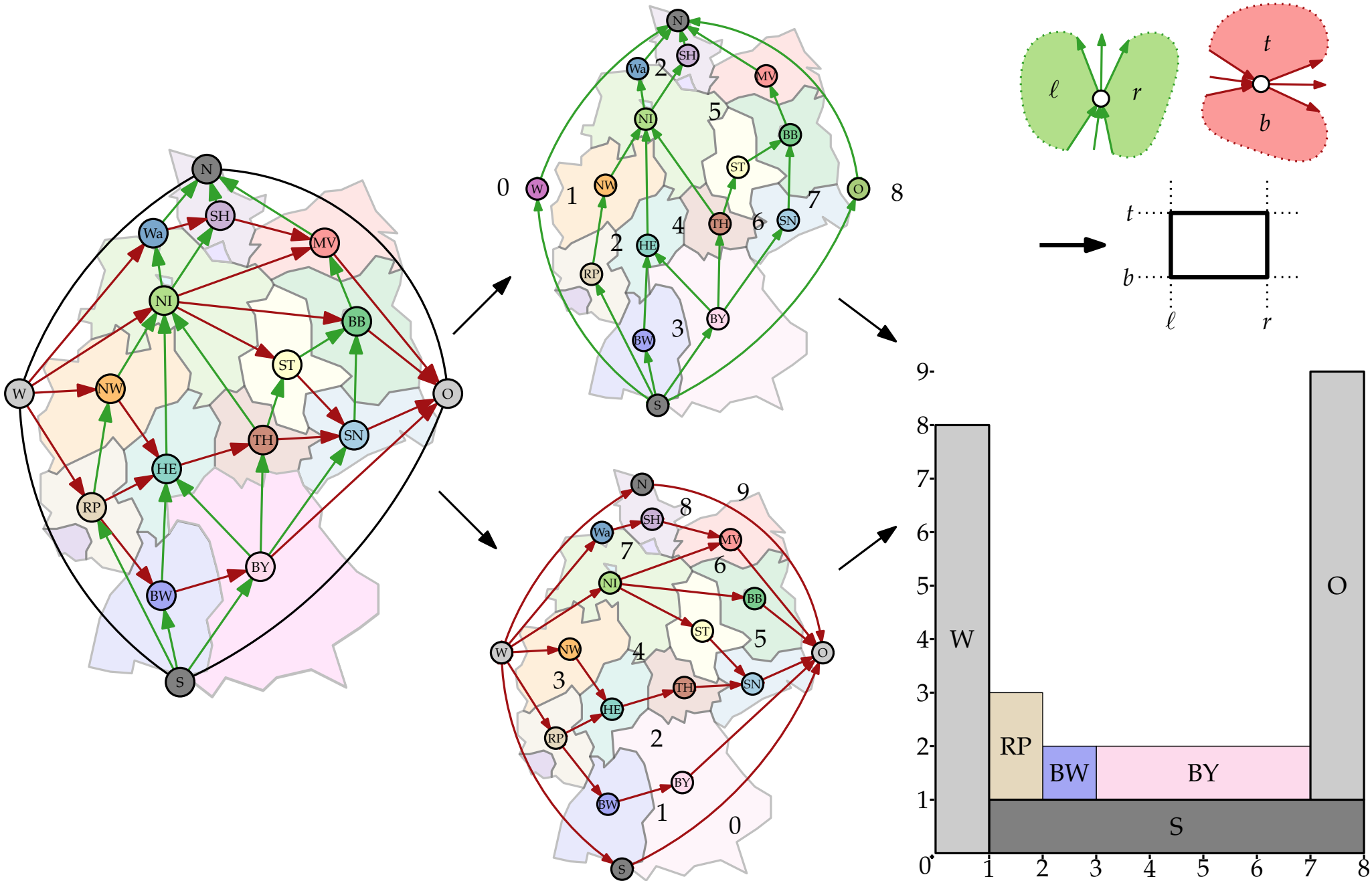
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

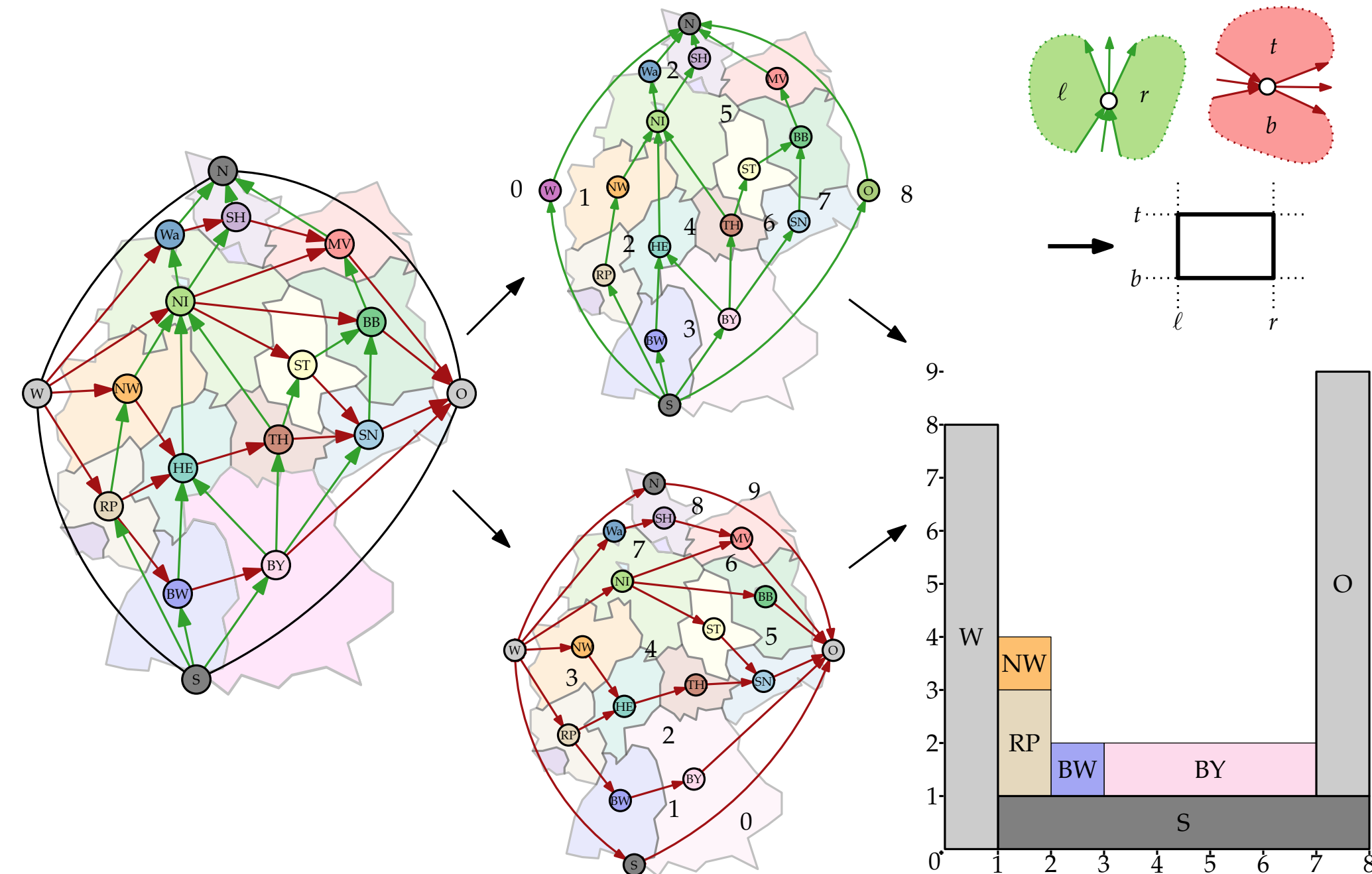
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

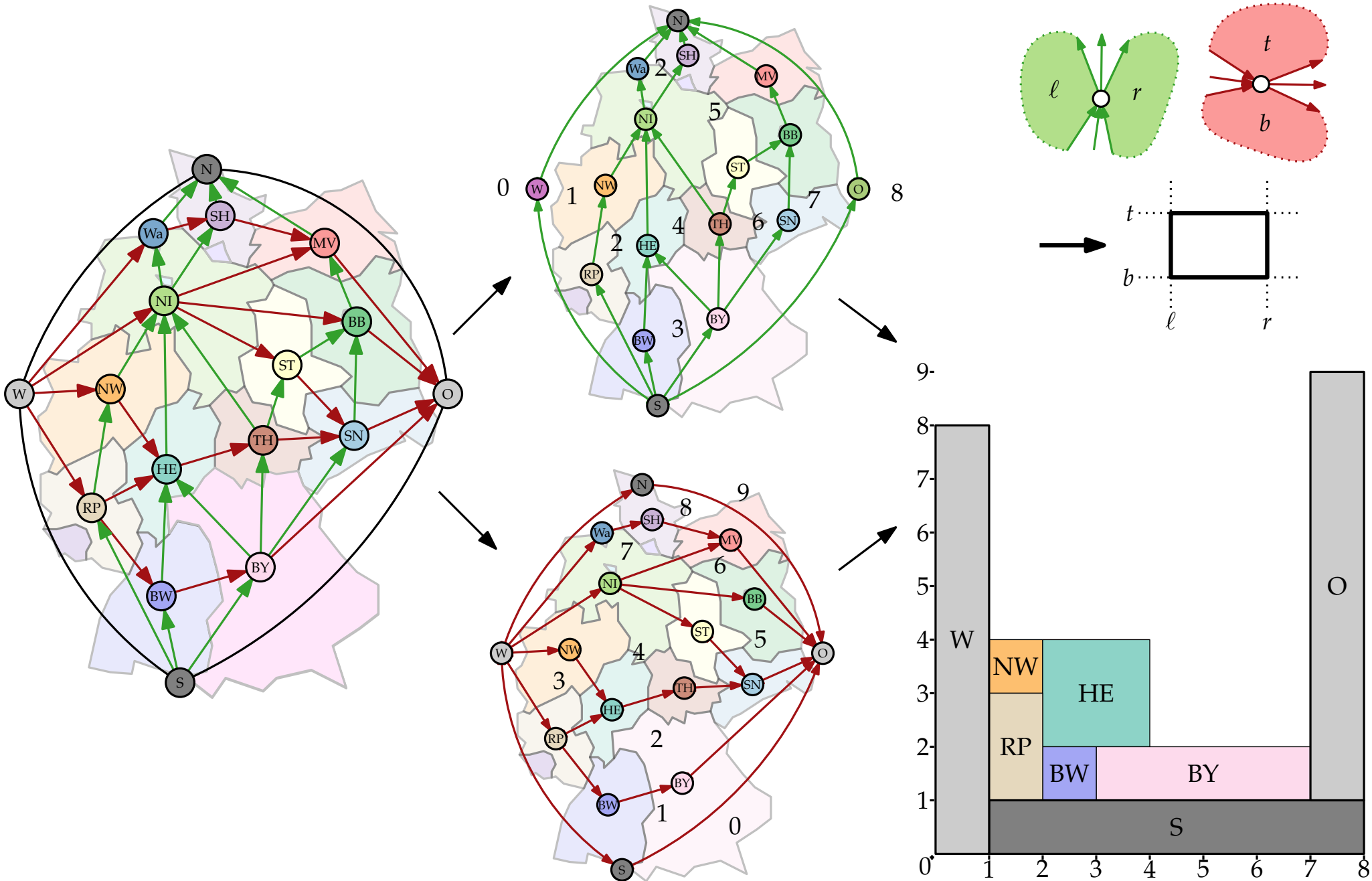
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

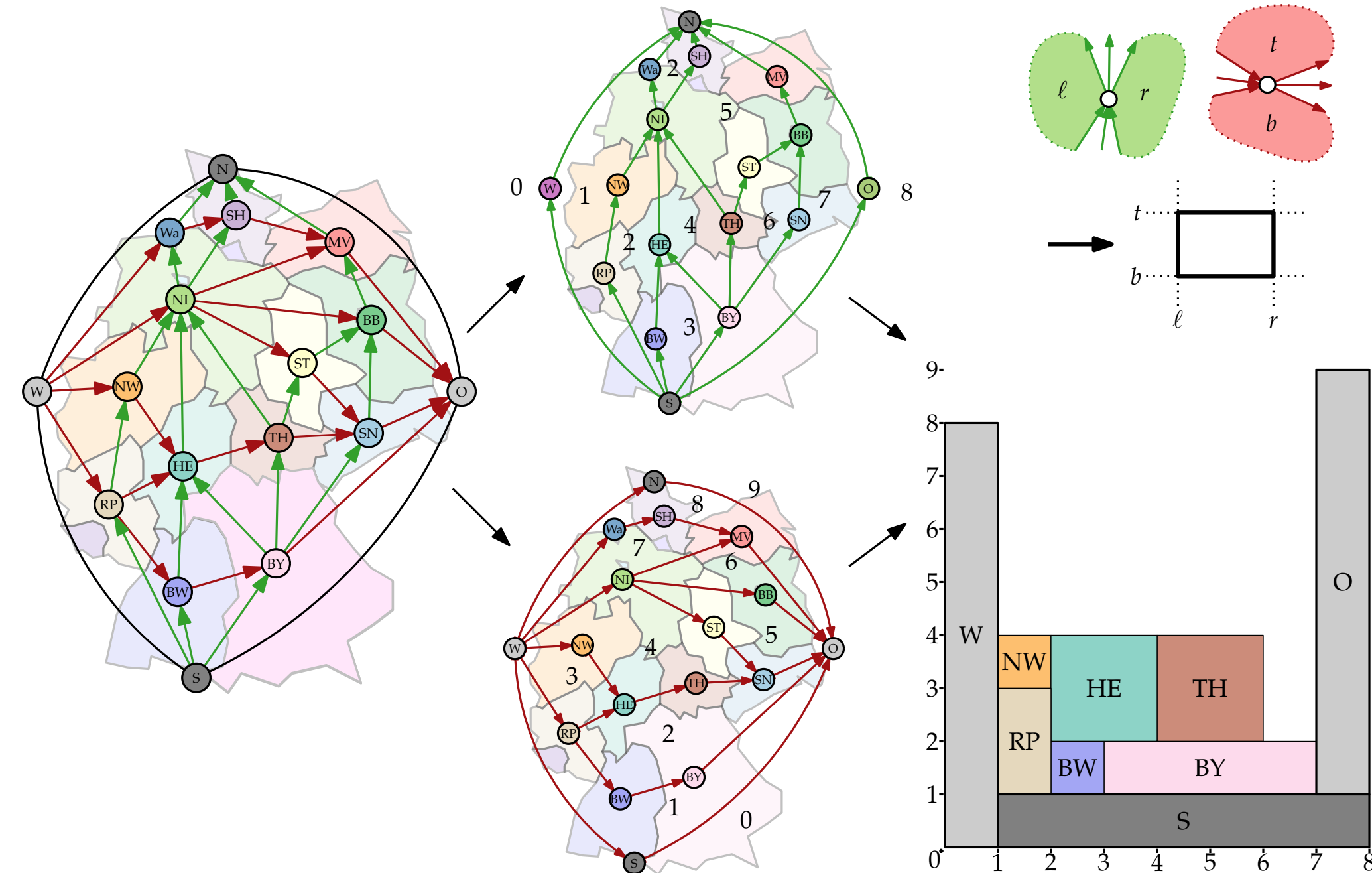
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

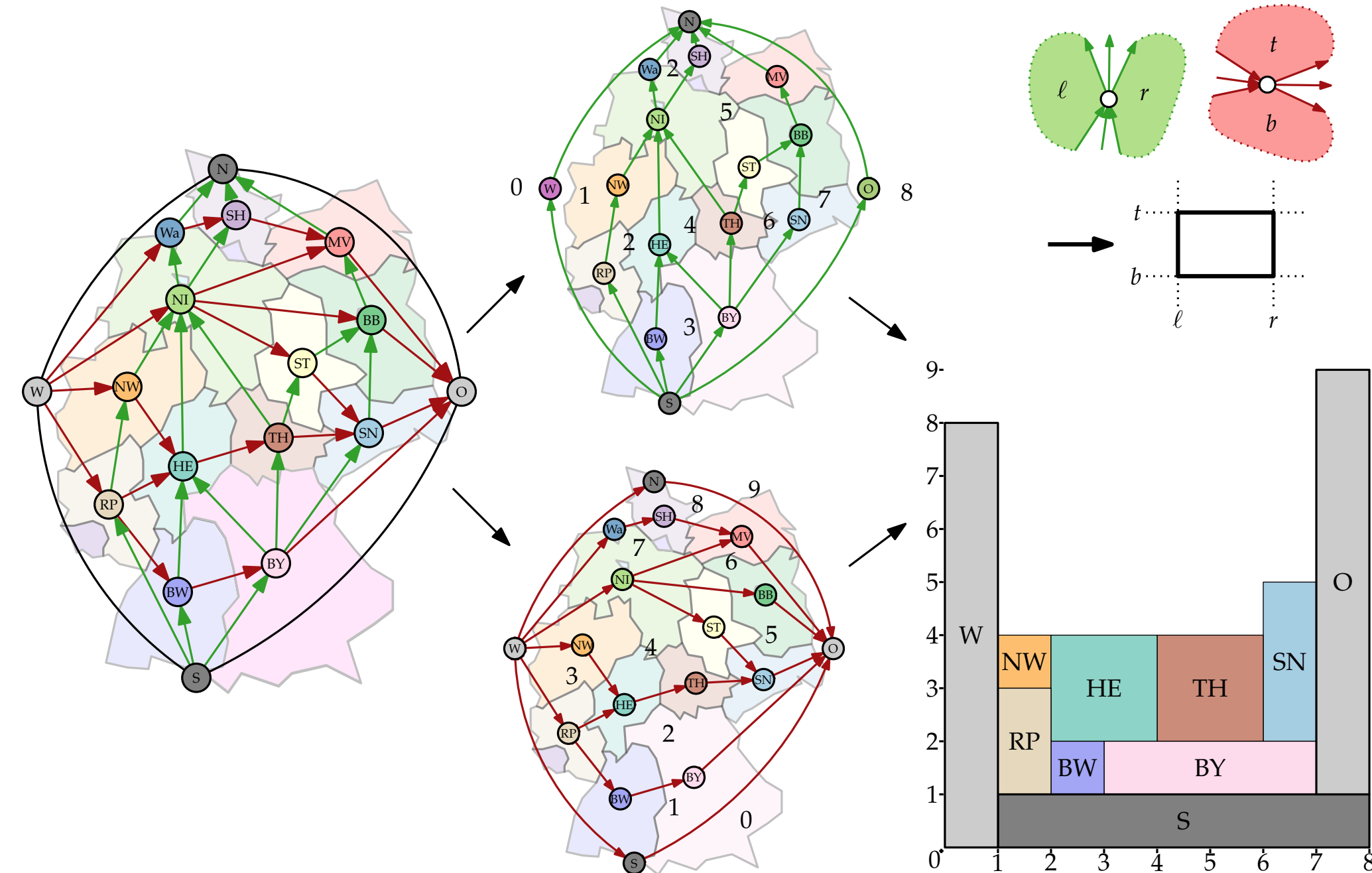
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

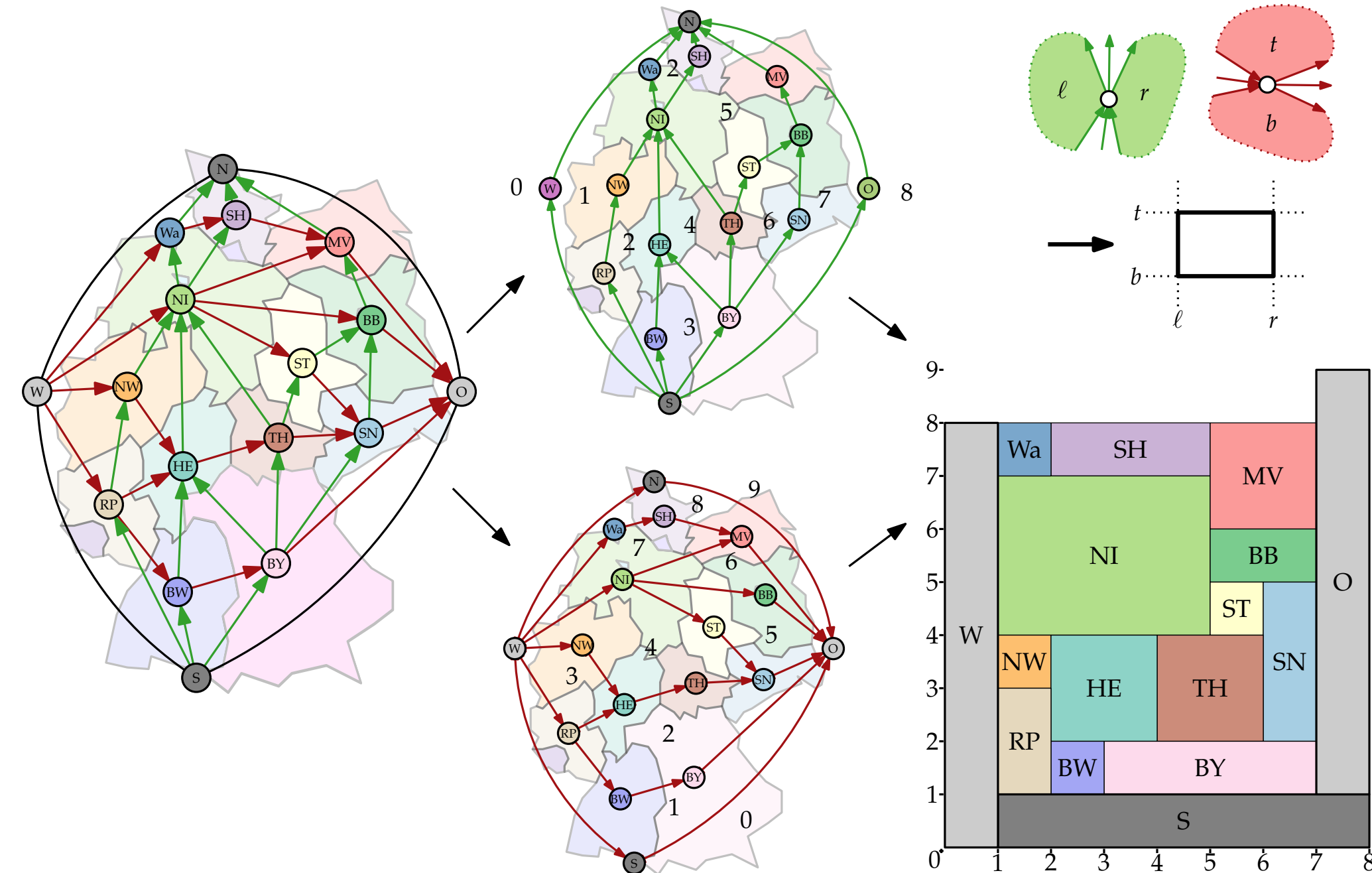
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Konstruktion Rechtecksdual

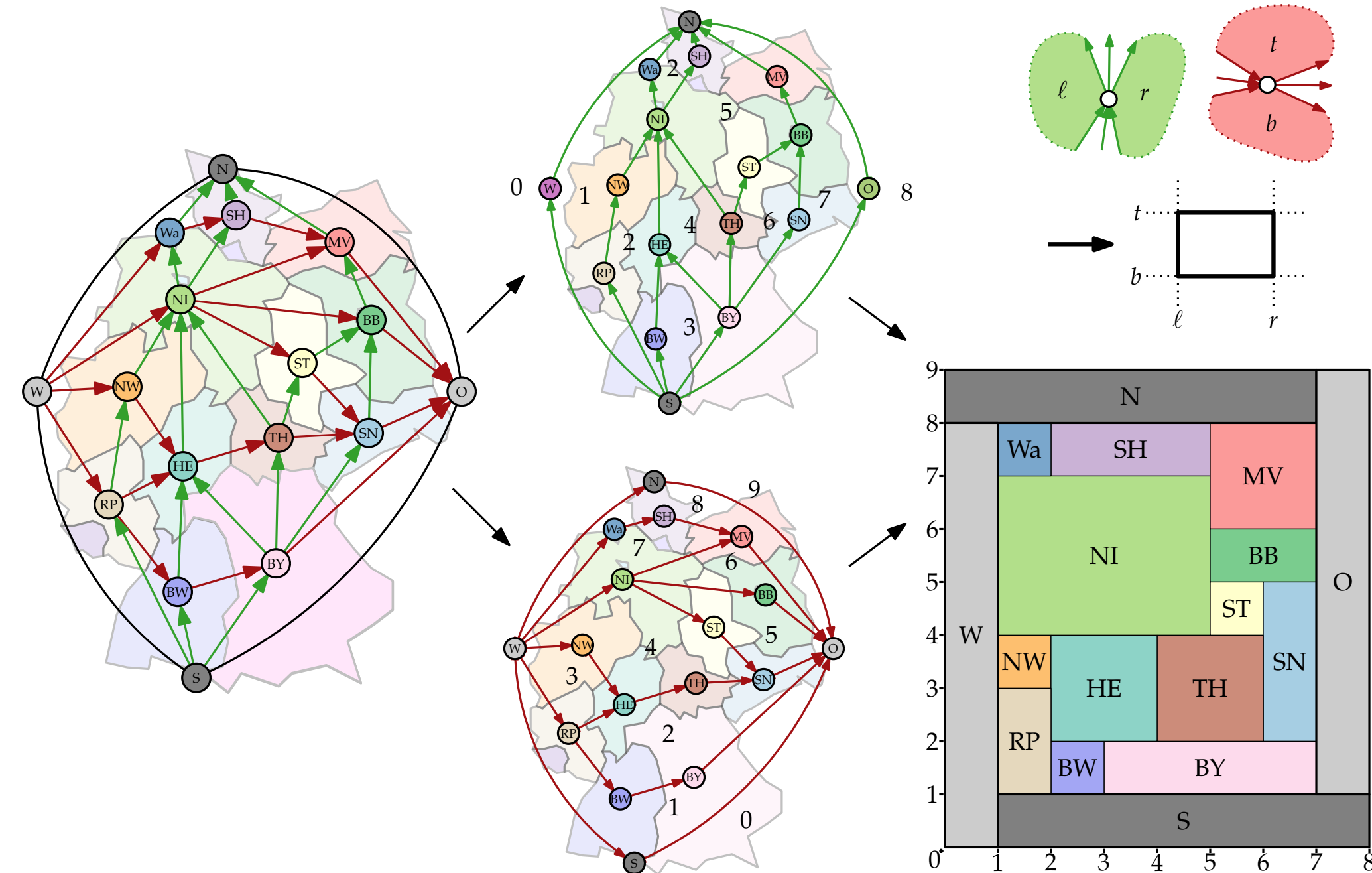
[He, Kant '97]



Xin He



Goos Kant



Überblick des Verfahrens

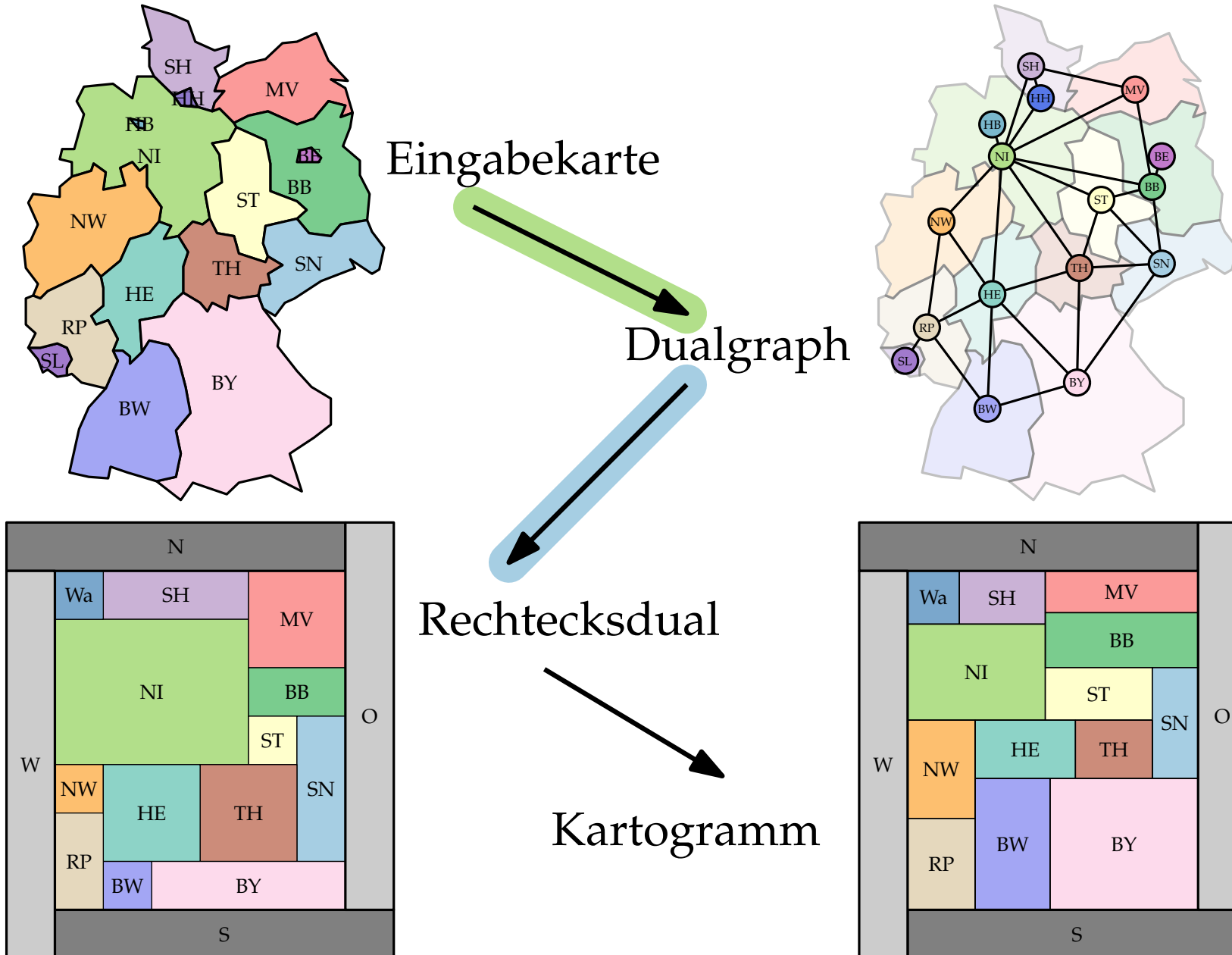
[van Kreveld, Speckmann '07]



Marc van Kreveld



Bettina Speckmann



Überblick des Verfahrens

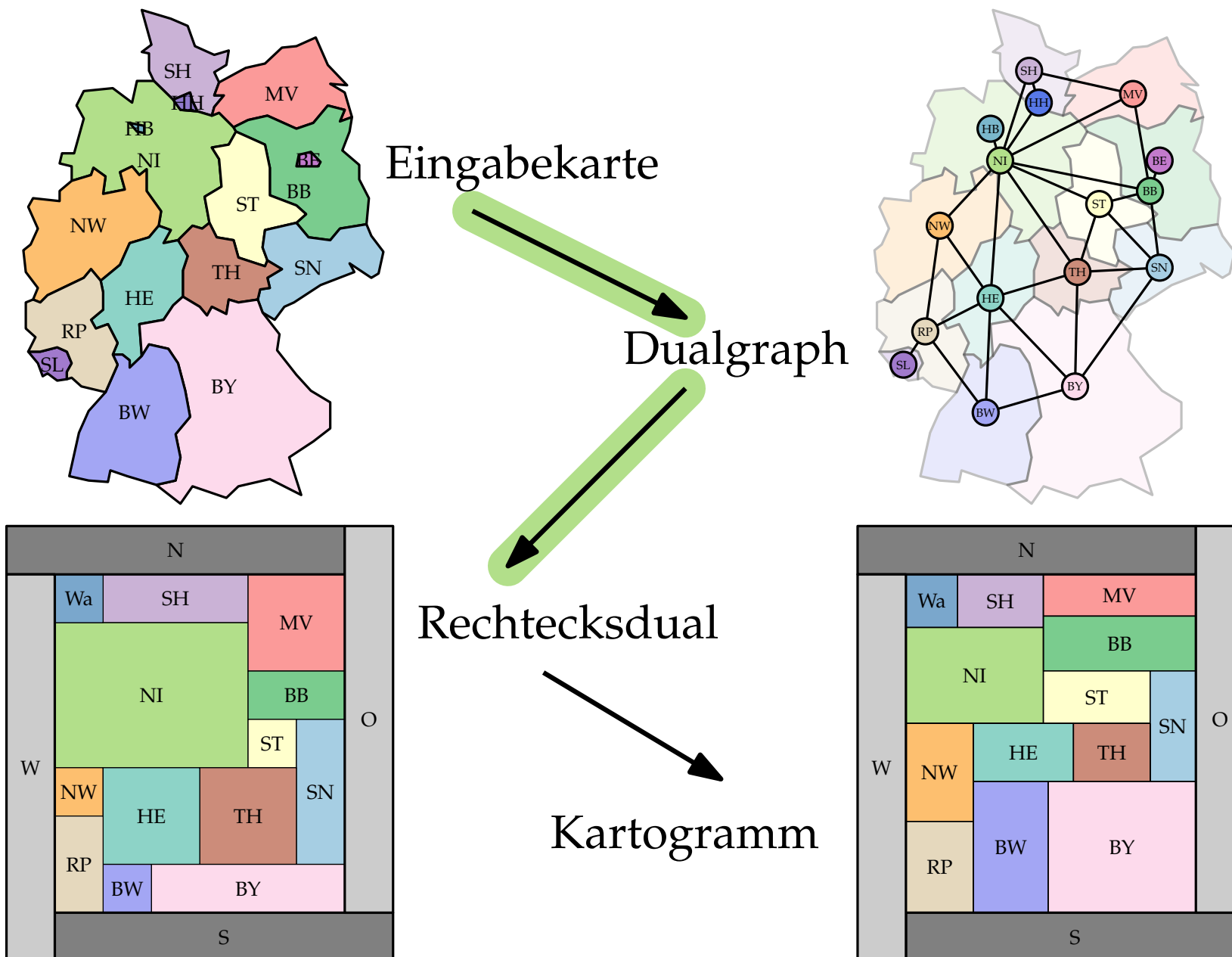
[van Kreveld, Speckmann '07]



Marc van Kreveld



Bettina Speckmann



Überblick des Verfahrens

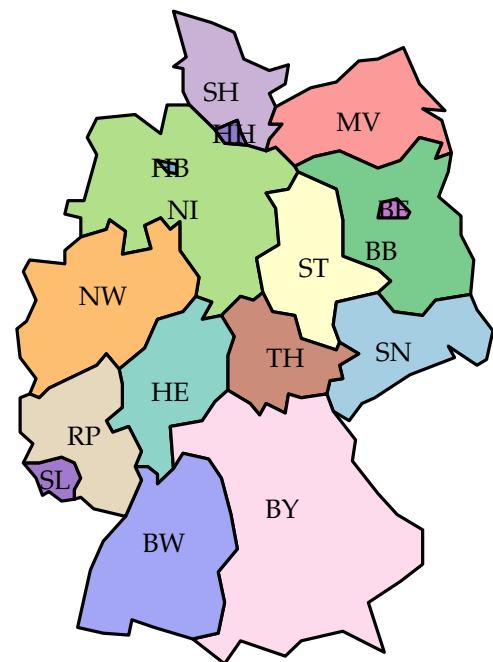
[van Kreveld, Speckmann '07]



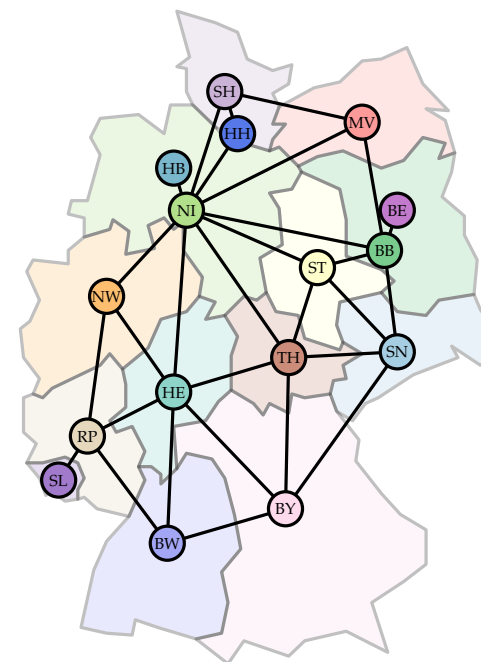
Marc van Kreveld



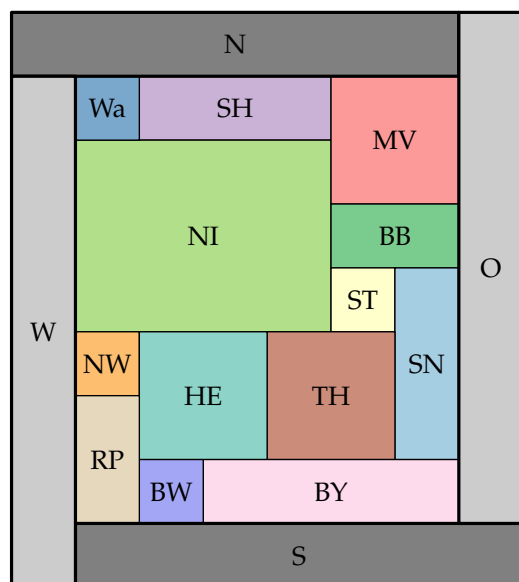
Bettina Speckmann



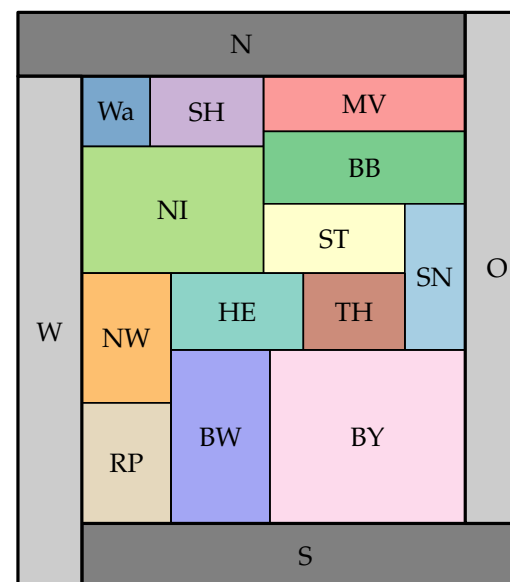
Eingabekarte



Dualgraph



Rechtecksdual



Kartogramm

Problem: Flächenzuweisung



Abstraktes Rechtecksdual benötigt noch korrekte Flächen

Problem: Flächenzuweisung



Abstraktes Rechtecksdual benötigt noch korrekte Flächen

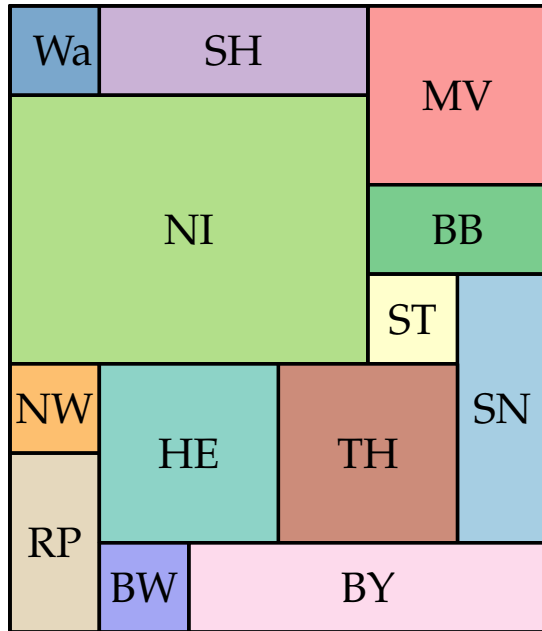
Betrachte hierarchische Rechteckszerlegung:



Problem: Flächenzuweisung

Abstraktes Rechtecksdual benötigt noch korrekte Flächen

Betrachte hierarchische Rechteckszerlegung:

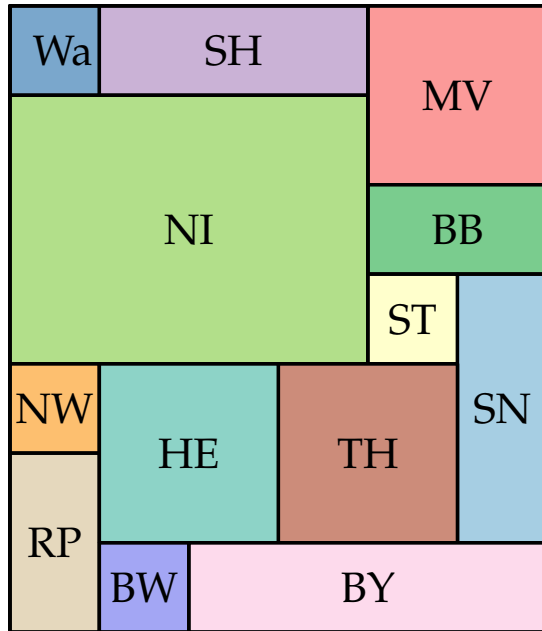




Problem: Flächenzuweisung

Abstraktes Rechtecksdual benötigt noch korrekte Flächen

Betrachte hierarchische Rechteckszerlegung:



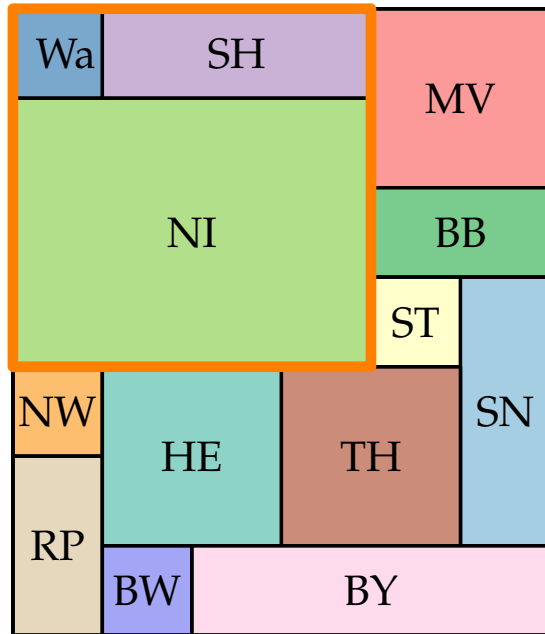
Gruppieren Rechtecke, die zusammen größere Rechtecke bilden



Problem: Flächenzuweisung

Abstraktes Rechtecksdual benötigt noch korrekte Flächen

Betrachte hierarchische Rechteckszerlegung:



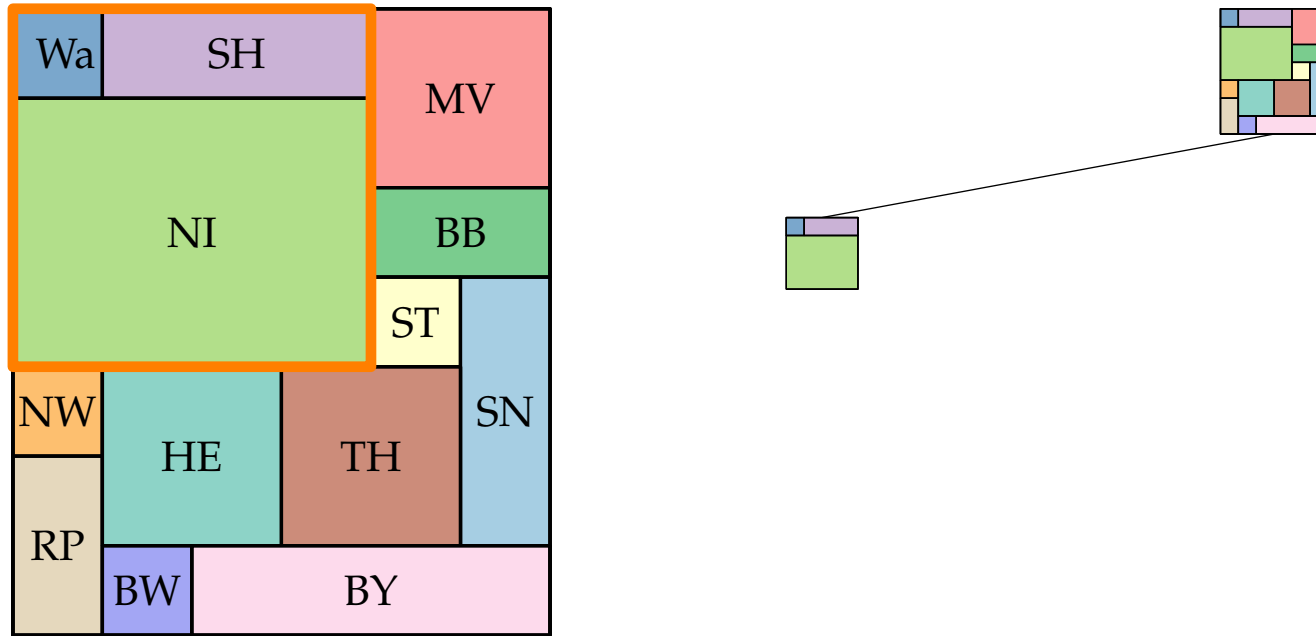
Gruppieren Rechtecke, die zusammen größere Rechtecke bilden



Problem: Flächenzuweisung

Abstraktes Rechtecksdual benötigt noch korrekte Flächen

Betrachte hierarchische Rechteckszerlegung:



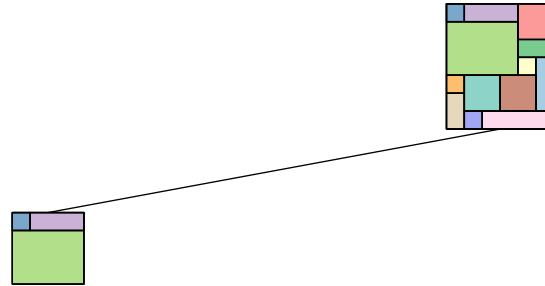
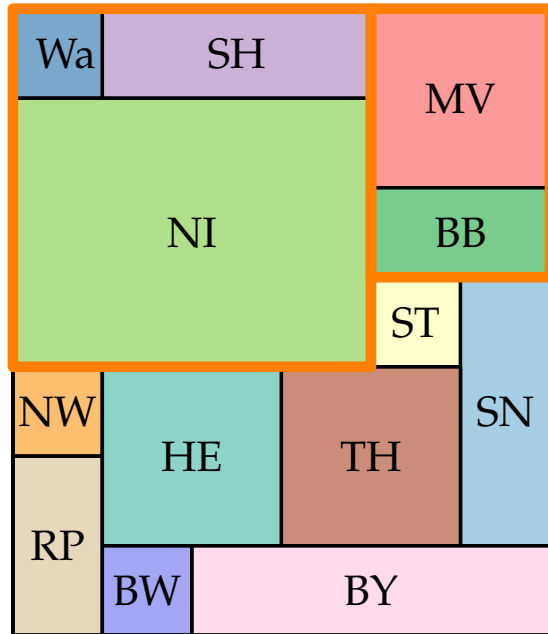
Gruppieren Rechtecke, die zusammen größere Rechtecke bilden



Problem: Flächenzuweisung

Abstraktes Rechtecksdual benötigt noch korrekte Flächen

Betrachte hierarchische Rechteckszerlegung:



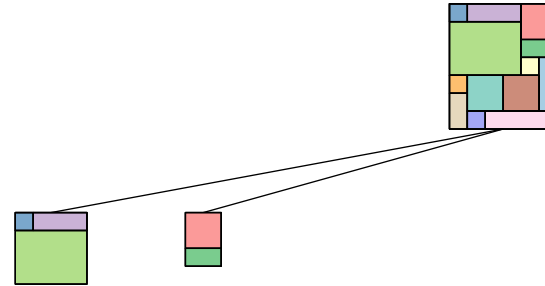
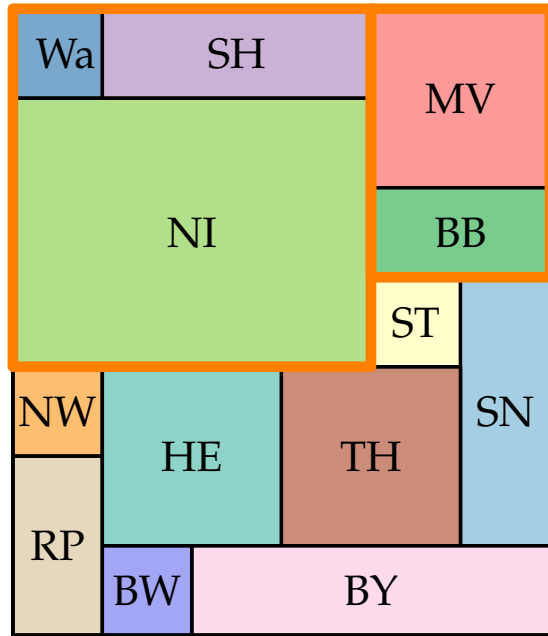
Gruppieren Rechtecke, die zusammen größere Rechtecke bilden



Problem: Flächenzuweisung

Abstraktes Rechtecksdual benötigt noch korrekte Flächen

Betrachte hierarchische Rechteckszerlegung:



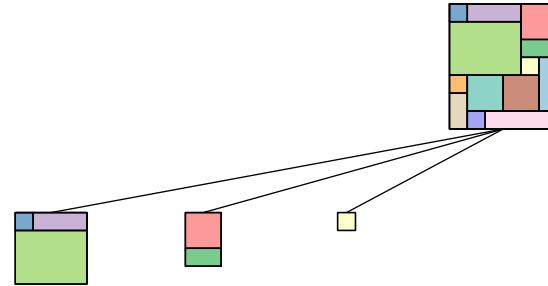
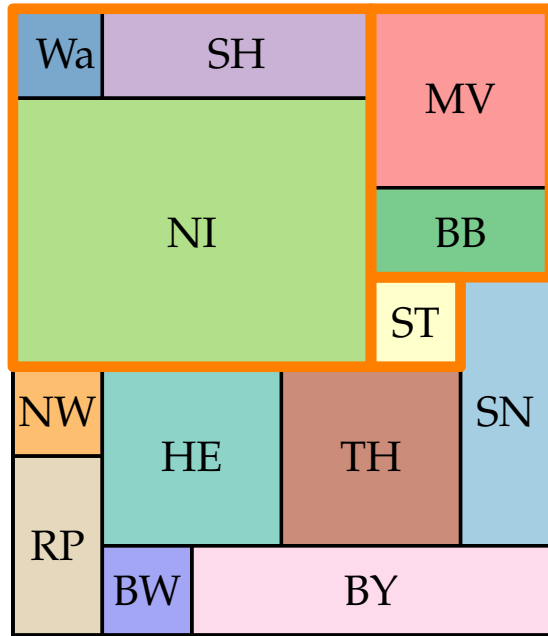
Gruppieren Rechtecke, die zusammen größere Rechtecke bilden



Problem: Flächenzuweisung

Abstraktes Rechtecksdual benötigt noch korrekte Flächen

Betrachte hierarchische Rechteckszerlegung:



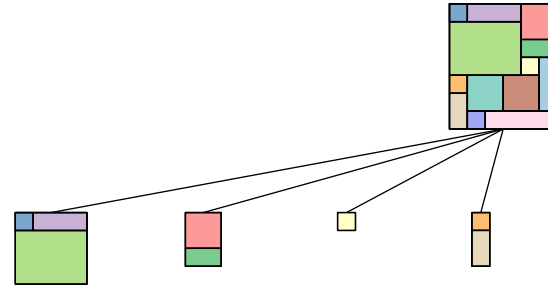
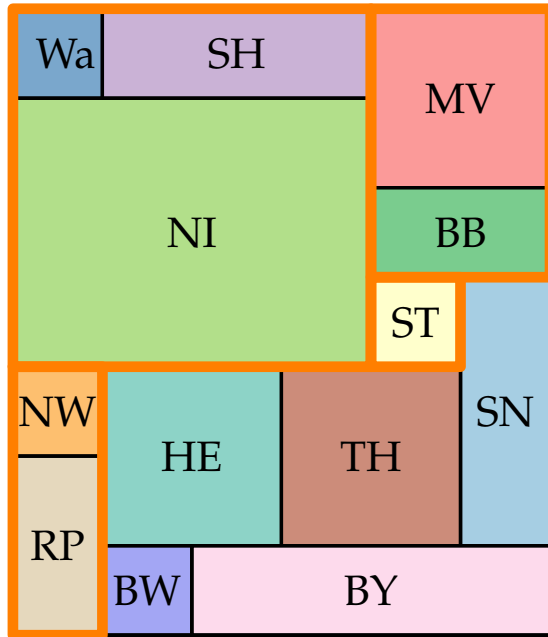
Gruppieren Rechtecke, die zusammen größere Rechtecke bilden



Problem: Flächenzuweisung

Abstraktes Rechtecksdual benötigt noch korrekte Flächen

Betrachte hierarchische Rechteckszerlegung:



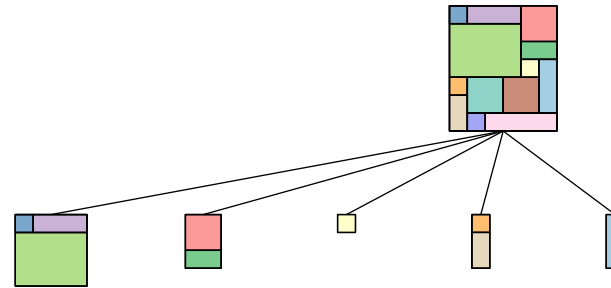
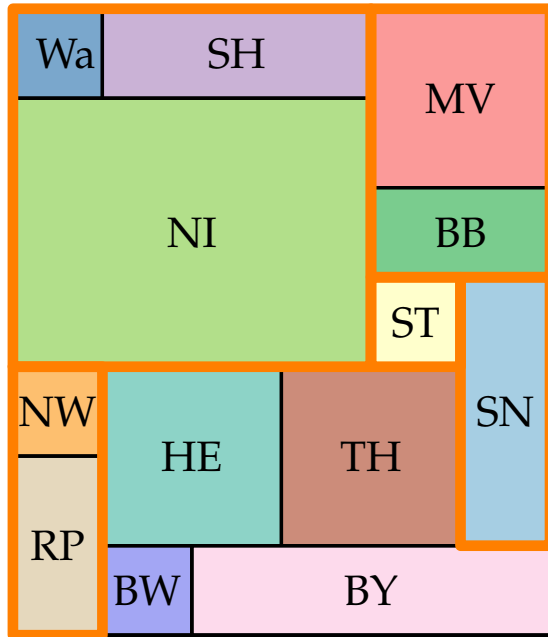
Gruppiere Rechtecke, die zusammen größere Rechtecke bilden



Problem: Flächenzuweisung

Abstraktes Rechtecksdual benötigt noch korrekte Flächen

Betrachte hierarchische Rechteckszerlegung:



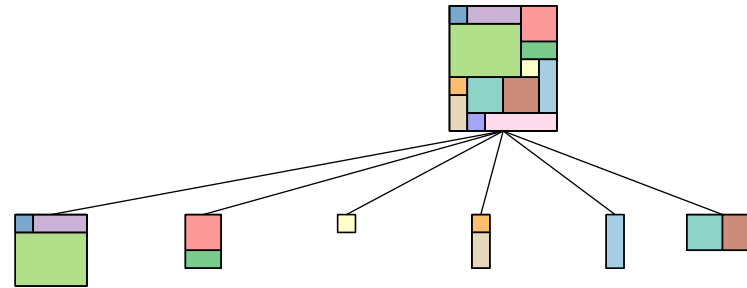
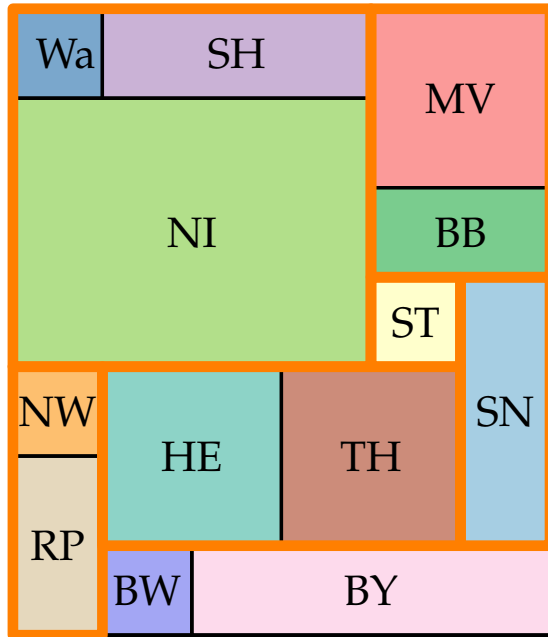
Gruppieren Rechtecke, die zusammen größere Rechtecke bilden



Problem: Flächenzuweisung

Abstraktes Rechtecksdual benötigt noch korrekte Flächen

Betrachte hierarchische Rechteckszerlegung:



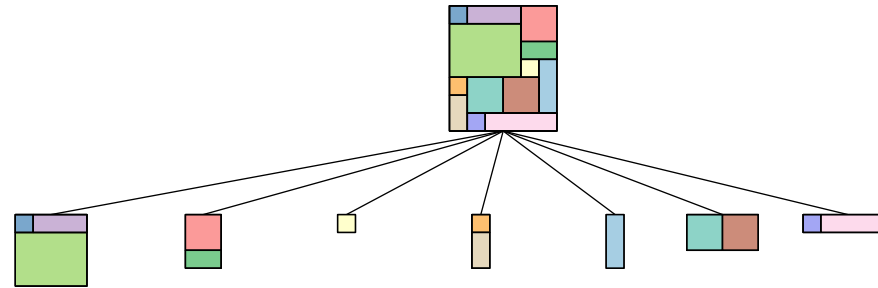
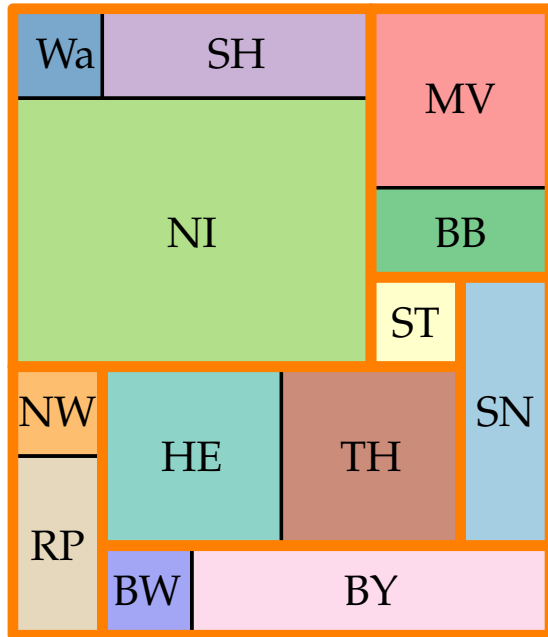
Gruppieren Rechtecke, die zusammen größere Rechtecke bilden



Problem: Flächenzuweisung

Abstraktes Rechtecksdual benötigt noch korrekte Flächen

Betrachte hierarchische Rechteckszerlegung:



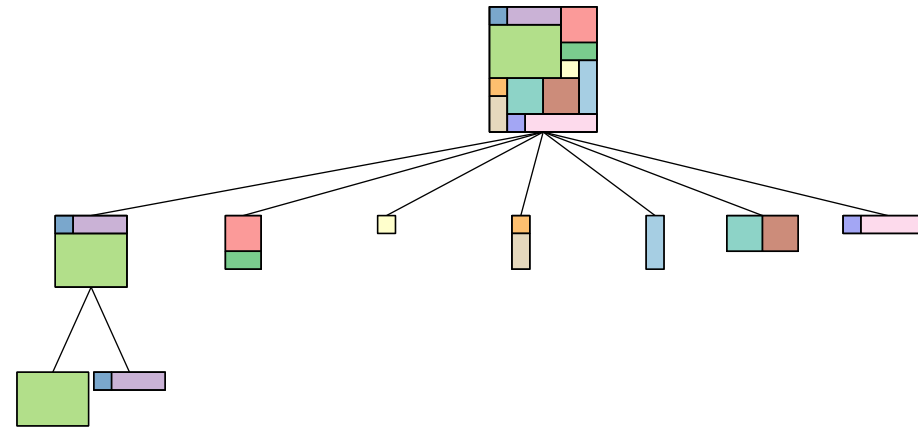
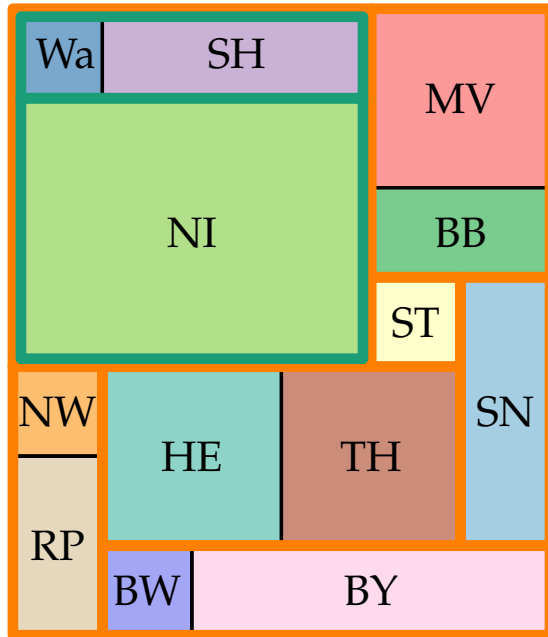
Gruppieren Rechtecke, die zusammen größere Rechtecke bilden



Problem: Flächenzuweisung

Abstraktes Rechtecksdual benötigt noch korrekte Flächen

Betrachte hierarchische Rechteckszerlegung:

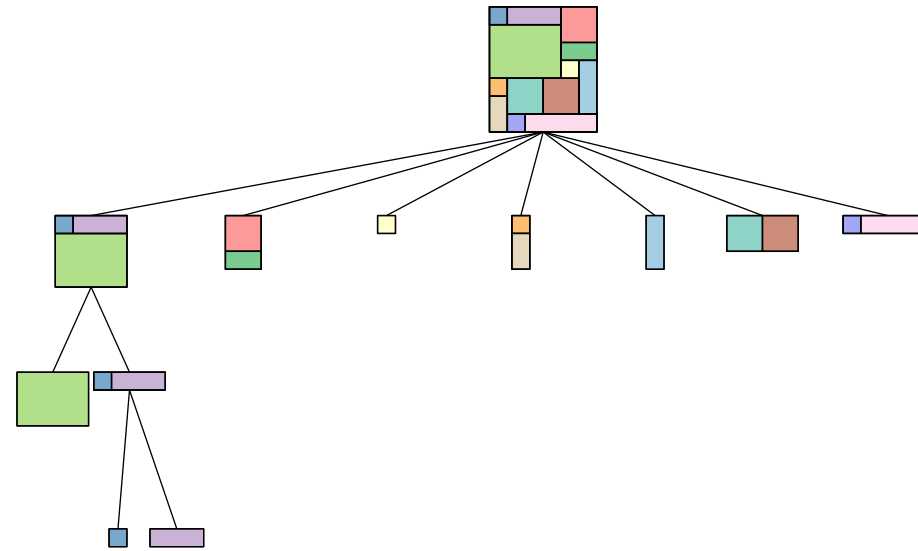
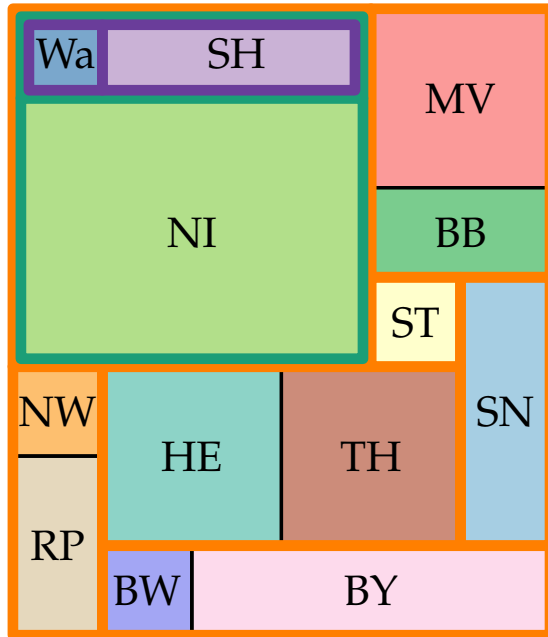


Gruppieren Rechtecke, die zusammen größere Rechtecke bilden

Problem: Flächenzuweisung

Abstraktes Rechtecksdual benötigt noch korrekte Flächen

Betrachte hierarchische Rechteckszerlegung:



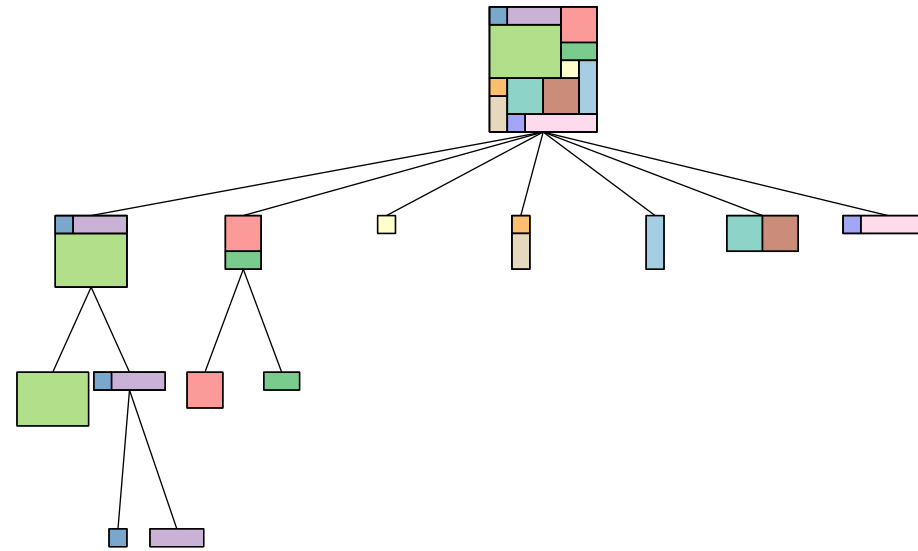
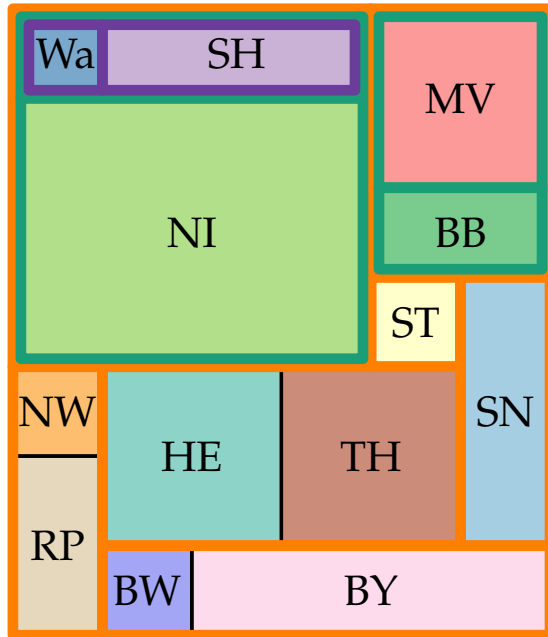
Gruppieren Rechtecke, die zusammen größere Rechtecke bilden



Problem: Flächenzuweisung

Abstraktes Rechtecksdual benötigt noch korrekte Flächen

Betrachte hierarchische Rechteckszerlegung:

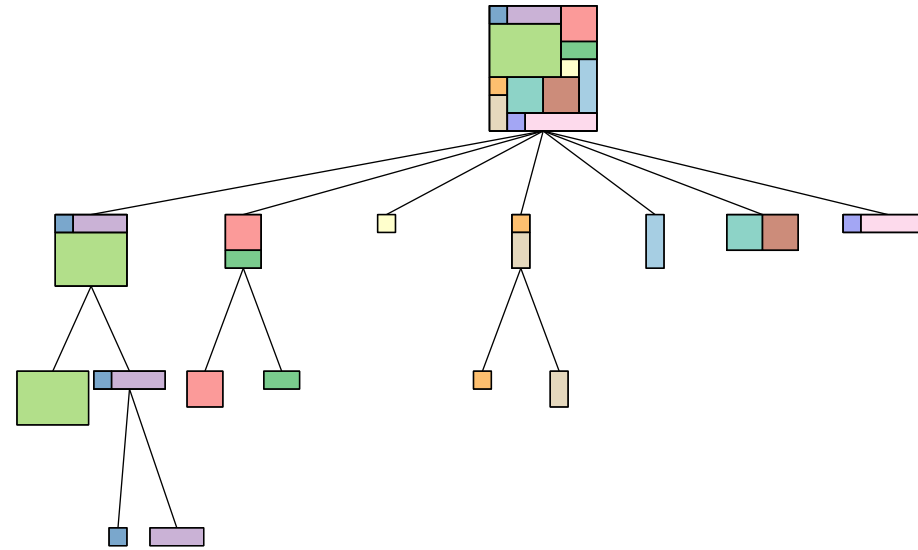
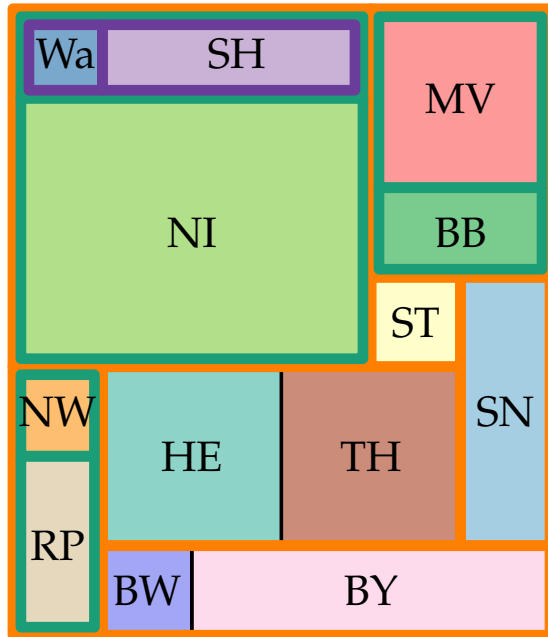


Gruppieren Rechtecke, die zusammen größere Rechtecke bilden

Problem: Flächenzuweisung

Abstraktes Rechtecksdual benötigt noch korrekte Flächen

Betrachte hierarchische Rechteckszerlegung:

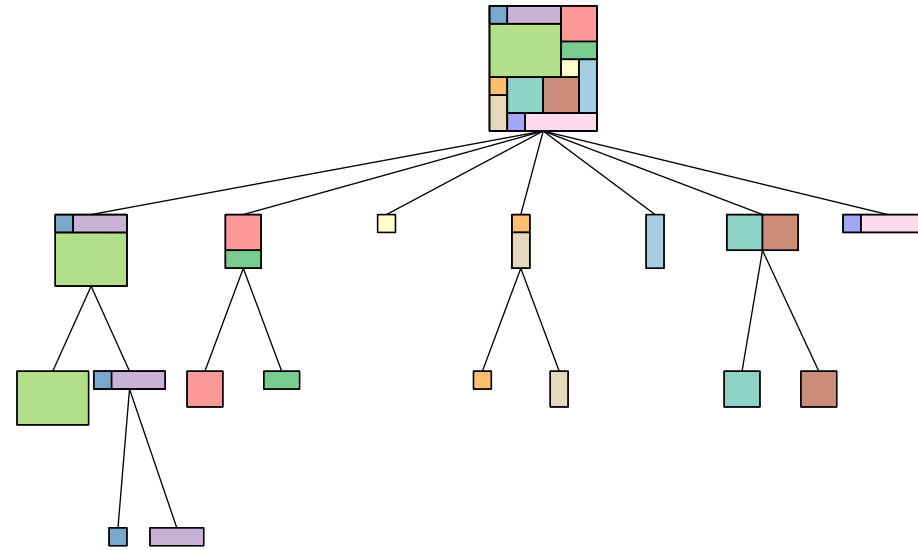
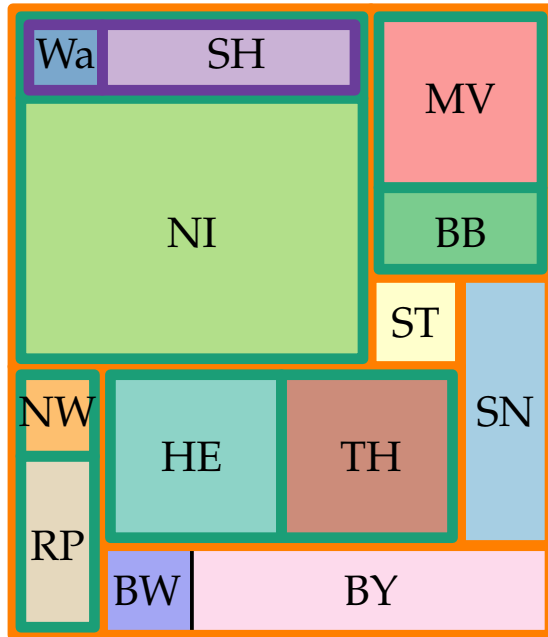


Gruppieren Rechtecke, die zusammen größere Rechtecke bilden

Problem: Flächenzuweisung

Abstraktes Rechtecksdual benötigt noch korrekte Flächen

Betrachte hierarchische Rechteckszerlegung:

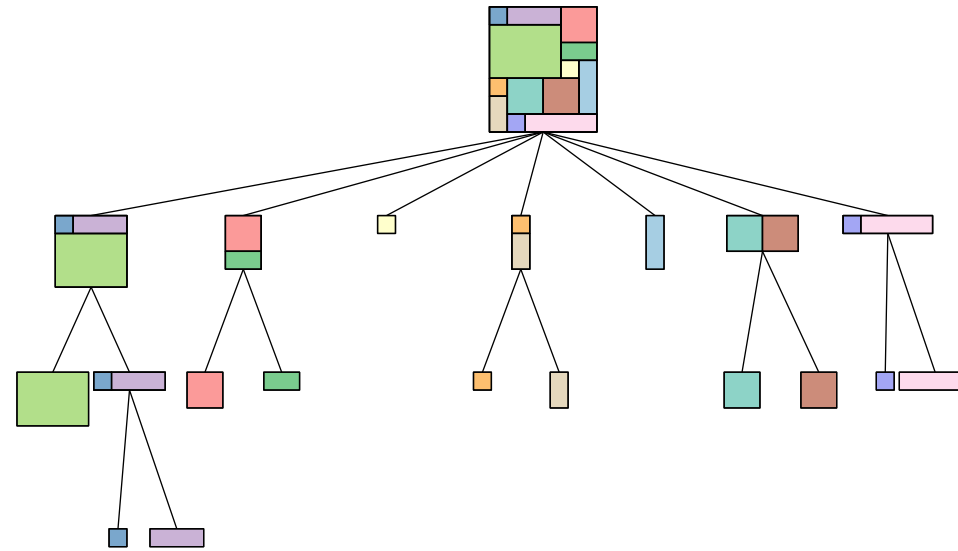
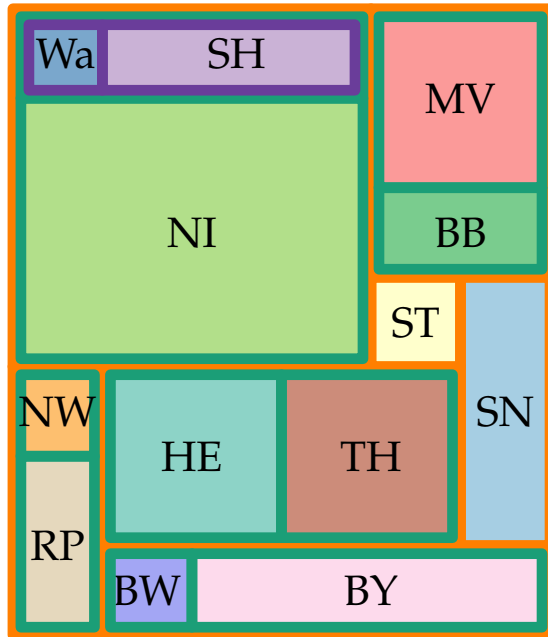


Gruppieren Rechtecke, die zusammen größere Rechtecke bilden

Problem: Flächenzuweisung

Abstraktes Rechtecksdual benötigt noch korrekte Flächen

Betrachte hierarchische Rechteckszerlegung:

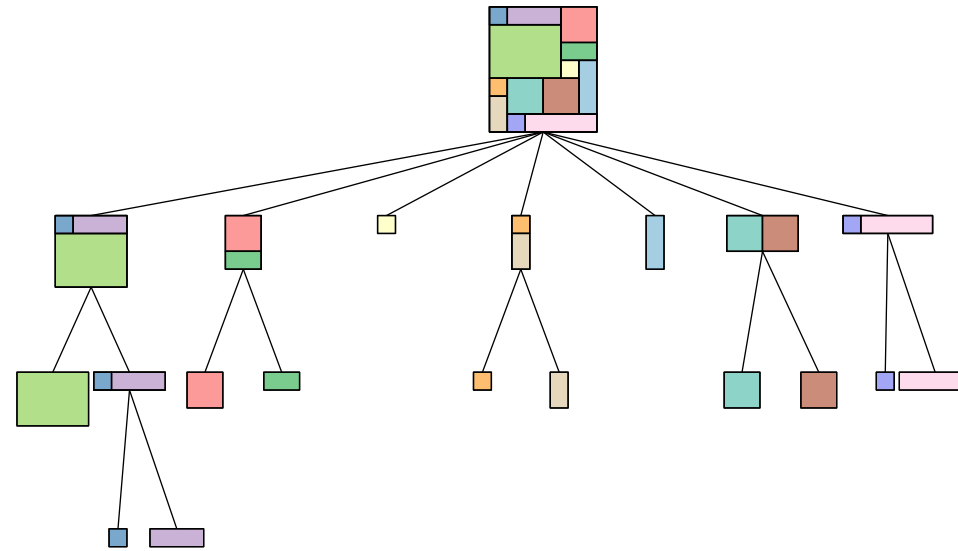
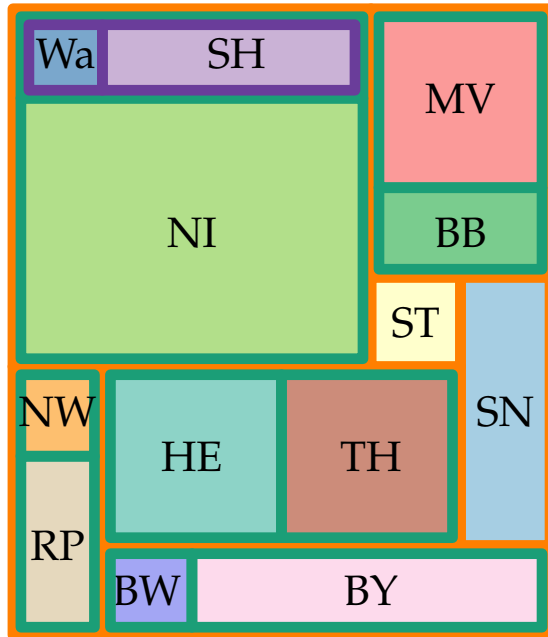


Gruppieren Rechtecke, die zusammen größere Rechtecke bilden

Problem: Flächenzuweisung

Abstraktes Rechtecksdual benötigt noch korrekte Flächen

Betrachte hierarchische Rechteckszerlegung:



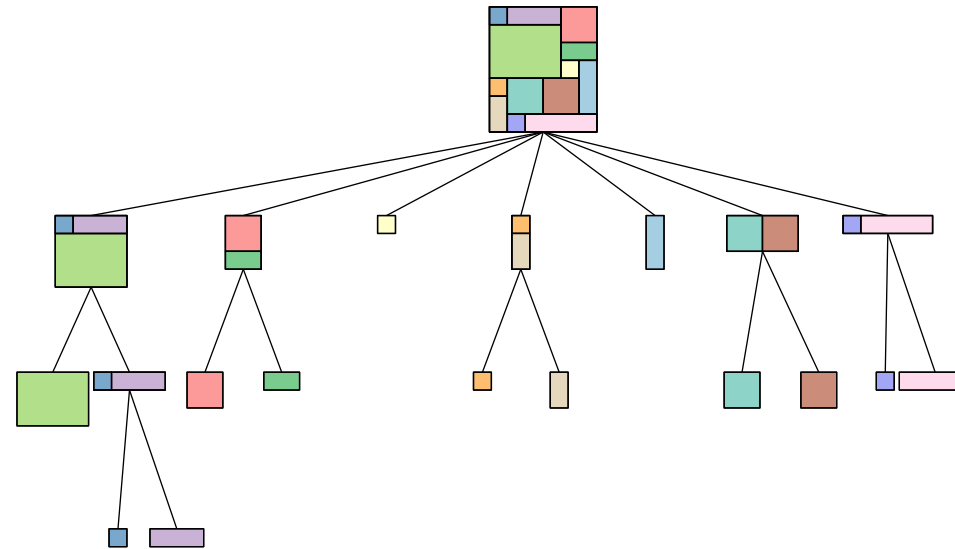
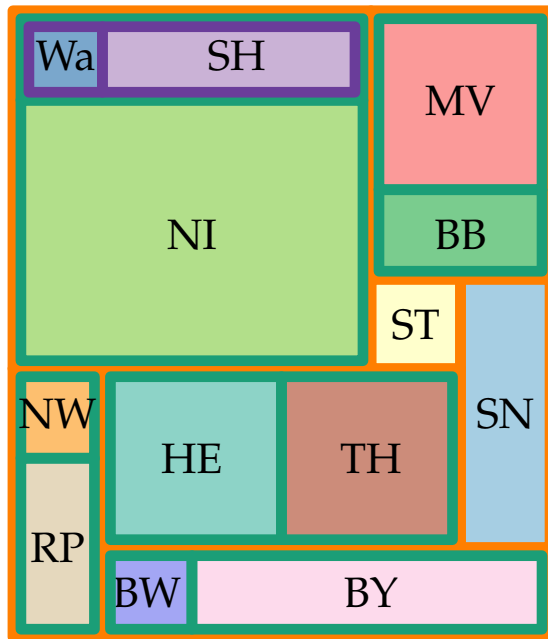
Gruppieren Rechtecke, die zusammen größere Rechtecke bilden

■ **zerschneidbare** Layouts, die in zwei Teile zerfallen → leichter Fall

Problem: Flächenzuweisung

Abstraktes Rechtecksdual benötigt noch korrekte Flächen

Betrachte hierarchische Rechteckszerlegung:



Gruppieren Rechtecke, die zusammen größere Rechtecke bilden

- **zerschneidbare** Layouts, die in zwei Teile zerfallen ➔ leichter Fall
- komplexere Rechtecke ➔ Algorithmus für **L-zerlegbare** Layouts

L-zerlegbare Layouts



Ein irreduzibles Rechteckslayout $\mathcal{R}$ heißt **L-zerlegbar**, falls es eine Folge $(R_1, R_2, \dots, R_n)$ der Rechtecke in $\mathcal{R}$ gibt, so dass R_1 und R_n in gegenüberliegenden Ecken von $\mathcal{R}$ liegen und für $i \in \{1, \dots, n\}$ das Polygon $\bigcup_{j=i}^n R_j$ L-förmig ist.



L-zerlegbare Layouts

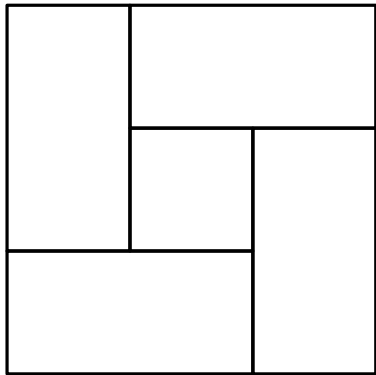
Ein **irreduzibles** Rechteckslayout $\mathcal{R}$ heißt **L-zerlegbar**, falls es eine Folge $(R_1, R_2, \dots, R_n)$ der Rechtecke in $\mathcal{R}$ gibt, so dass R_1 und R_n in gegenüberliegenden Ecken von $\mathcal{R}$ liegen und für $i \in \{1, \dots, n\}$ das Polygon $\bigcup_{j=i}^n R_j$ L-förmig ist.

irreduzibel: Keine Teilmenge $S \subseteq \mathcal{R}$ mit $|S| > 1$ bildet Rechteck



L-zerlegbare Layouts

Ein **irreduzibles** Rechteckslayout $\mathcal{R}$ heißt **L-zerlegbar**, falls es eine Folge $(R_1, R_2, \dots, R_n)$ der Rechtecke in $\mathcal{R}$ gibt, so dass R_1 und R_n in gegenüberliegenden Ecken von $\mathcal{R}$ liegen und für $i \in \{1, \dots, n\}$ das Polygon $\bigcup_{j=i}^n R_j$ L-förmig ist.

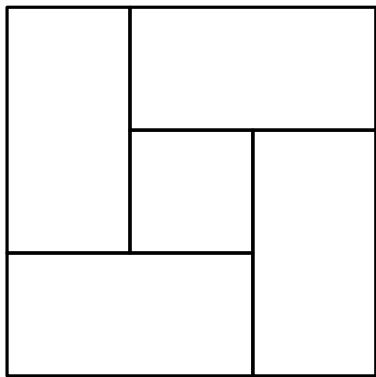


irreduzibel: Keine Teilmenge $S \subseteq \mathcal{R}$ mit $|S| > 1$ bildet Rechteck

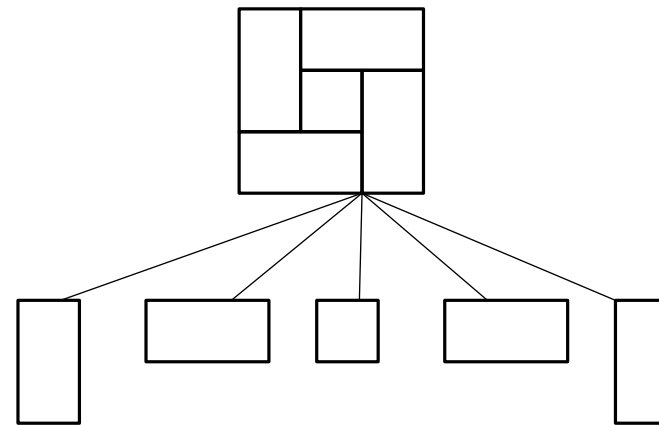


L-zerlegbare Layouts

Ein **irreduzibles** Rechteckslayout $\mathcal{R}$ heißt **L-zerlegbar**, falls es eine Folge $(R_1, R_2, \dots, R_n)$ der Rechtecke in $\mathcal{R}$ gibt, so dass R_1 und R_n in gegenüberliegenden Ecken von $\mathcal{R}$ liegen und für $i \in \{1, \dots, n\}$ das Polygon $\bigcup_{j=i}^n R_j$ L-förmig ist.



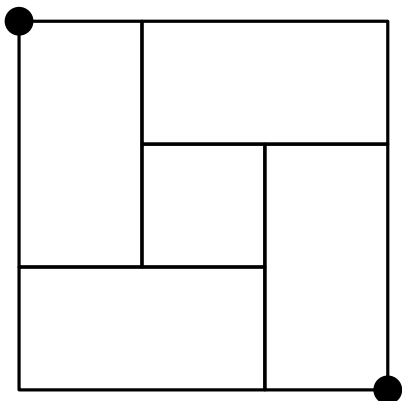
irreduzibel: Keine Teilmenge $S \subseteq \mathcal{R}$ mit $|S| > 1$ bildet Rechteck



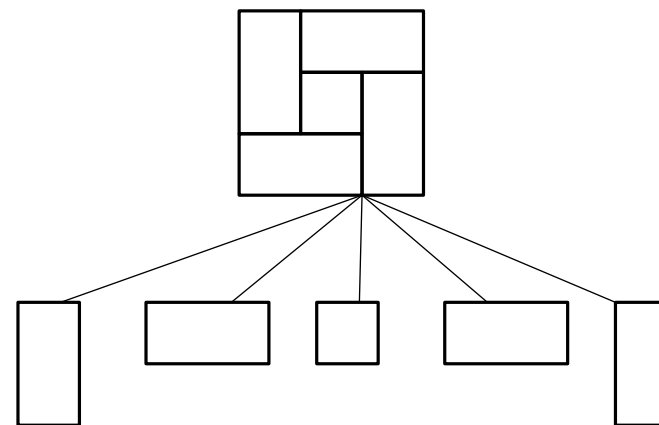


L-zerlegbare Layouts

Ein **irreduzibles** Rechteckslayout $\mathcal{R}$ heißt **L-zerlegbar**, falls es eine Folge $(R_1, R_2, \dots, R_n)$ der Rechtecke in $\mathcal{R}$ gibt, so dass R_1 und R_n in gegenüberliegenden Ecken von $\mathcal{R}$ liegen und für $i \in \{1, \dots, n\}$ das Polygon $\bigcup_{j=i}^n R_j$ L-förmig ist.

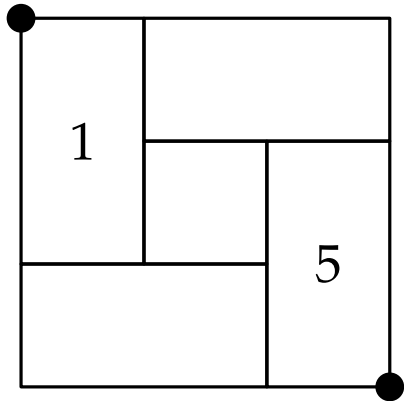


irreduzibel: Keine Teilmenge $S \subseteq \mathcal{R}$ mit $|S| > 1$ bildet Rechteck

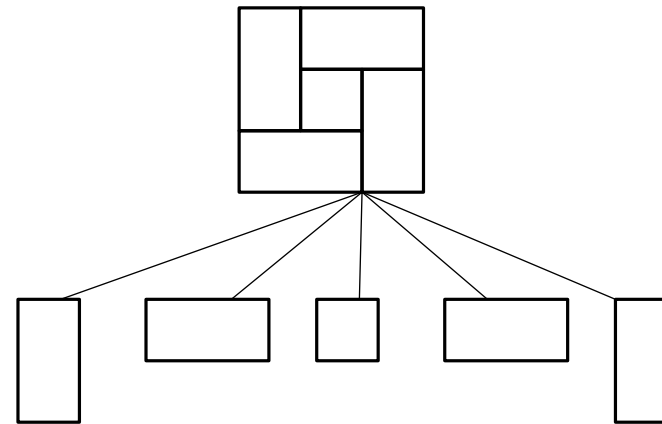


L-zerlegbare Layouts

Ein **irreduzibles** Rechteckslayout $\mathcal{R}$ heißt **L-zerlegbar**, falls es eine Folge $(R_1, R_2, \dots, R_n)$ der Rechtecke in $\mathcal{R}$ gibt, so dass R_1 und R_n in gegenüberliegenden Ecken von $\mathcal{R}$ liegen und für $i \in \{1, \dots, n\}$ das Polygon $\bigcup_{j=i}^n R_j$ L-förmig ist.



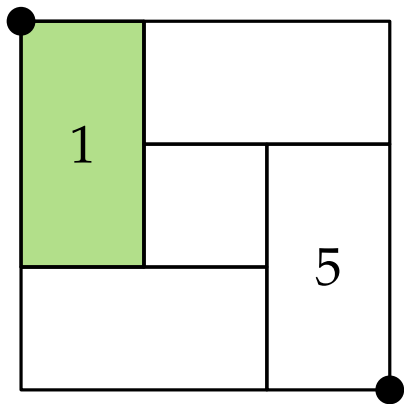
irreduzibel: Keine Teilmenge $S \subseteq \mathcal{R}$ mit $|S| > 1$ bildet Rechteck



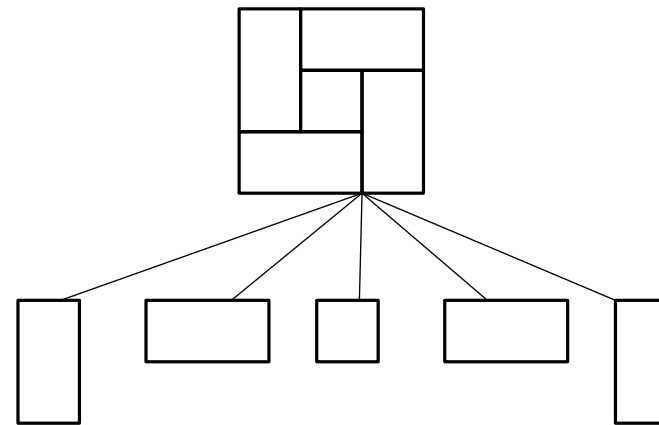


L-zerlegbare Layouts

Ein **irreduzibles** Rechteckslayout $\mathcal{R}$ heißt **L-zerlegbar**, falls es eine Folge $(R_1, R_2, \dots, R_n)$ der Rechtecke in $\mathcal{R}$ gibt, so dass R_1 und R_n in gegenüberliegenden Ecken von $\mathcal{R}$ liegen und für $i \in \{1, \dots, n\}$ das Polygon $\bigcup_{j=i}^n R_j$ L-förmig ist.

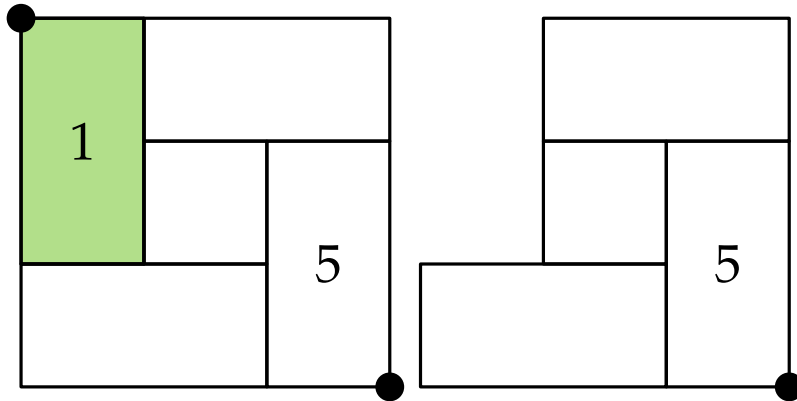


irreduzibel: Keine Teilmenge $S \subseteq \mathcal{R}$ mit $|S| > 1$ bildet Rechteck

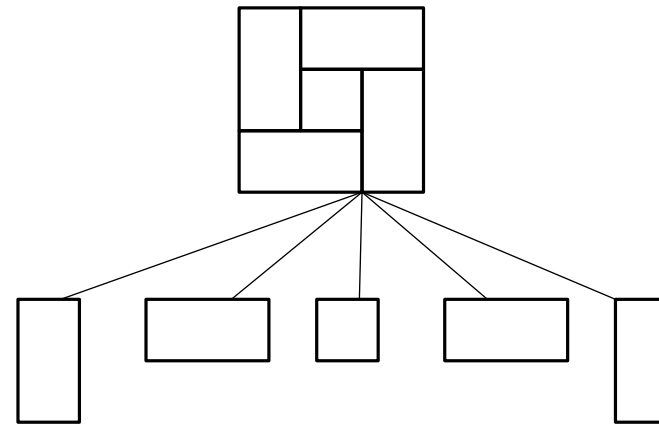


L-zerlegbare Layouts

Ein **irreduzibles** Rechteckslayout $\mathcal{R}$ heißt **L-zerlegbar**, falls es eine Folge $(R_1, R_2, \dots, R_n)$ der Rechtecke in $\mathcal{R}$ gibt, so dass R_1 und R_n in gegenüberliegenden Ecken von $\mathcal{R}$ liegen und für $i \in \{1, \dots, n\}$ das Polygon $\bigcup_{j=i}^n R_j$ L-förmig ist.

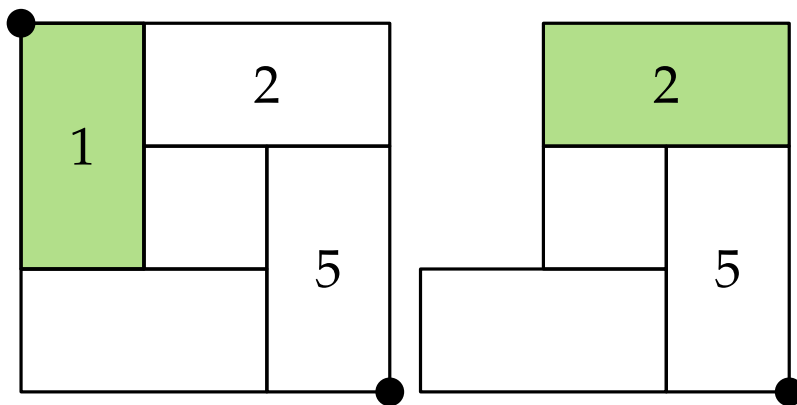


irreduzibel: Keine Teilmenge $S \subseteq \mathcal{R}$ mit $|S| > 1$ bildet Rechteck

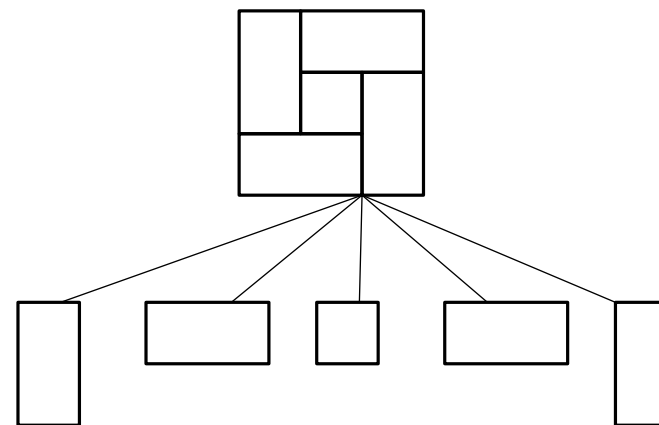


L-zerlegbare Layouts

Ein **irreduzibles** Rechteckslayout $\mathcal{R}$ heißt **L-zerlegbar**, falls es eine Folge $(R_1, R_2, \dots, R_n)$ der Rechtecke in $\mathcal{R}$ gibt, so dass R_1 und R_n in gegenüberliegenden Ecken von $\mathcal{R}$ liegen und für $i \in \{1, \dots, n\}$ das Polygon $\bigcup_{j=i}^n R_j$ L-förmig ist.

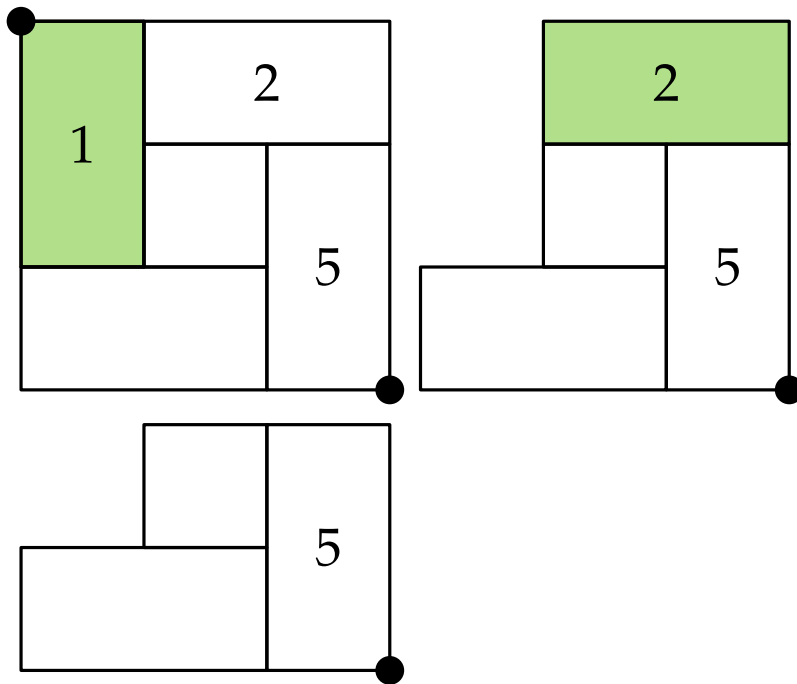


irreduzibel: Keine Teilmenge $S \subseteq \mathcal{R}$ mit $|S| > 1$ bildet Rechteck

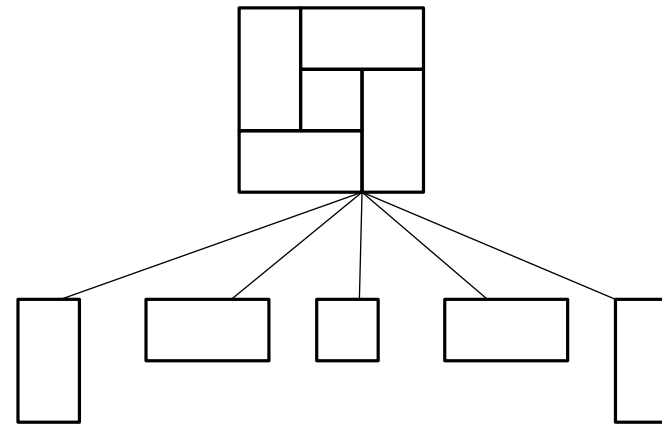


L-zerlegbare Layouts

Ein **irreduzibles** Rechteckslayout $\mathcal{R}$ heißt **L-zerlegbar**, falls es eine Folge $(R_1, R_2, \dots, R_n)$ der Rechtecke in $\mathcal{R}$ gibt, so dass R_1 und R_n in gegenüberliegenden Ecken von $\mathcal{R}$ liegen und für $i \in \{1, \dots, n\}$ das Polygon $\bigcup_{j=i}^n R_j$ L-förmig ist.

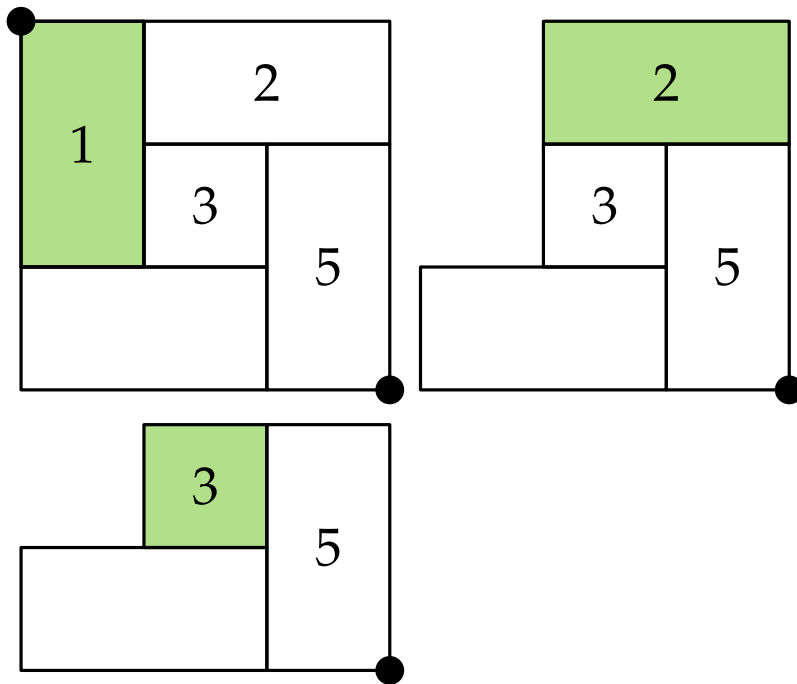


irreduzibel: Keine Teilmenge $S \subseteq \mathcal{R}$ mit $|S| > 1$ bildet Rechteck

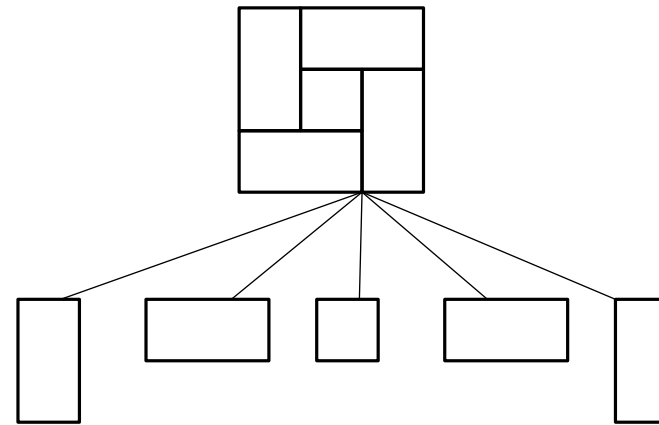


L-zerlegbare Layouts

Ein **irreduzibles** Rechteckslayout $\mathcal{R}$ heißt **L-zerlegbar**, falls es eine Folge $(R_1, R_2, \dots, R_n)$ der Rechtecke in $\mathcal{R}$ gibt, so dass R_1 und R_n in gegenüberliegenden Ecken von $\mathcal{R}$ liegen und für $i \in \{1, \dots, n\}$ das Polygon $\bigcup_{j=i}^n R_j$ L-förmig ist.

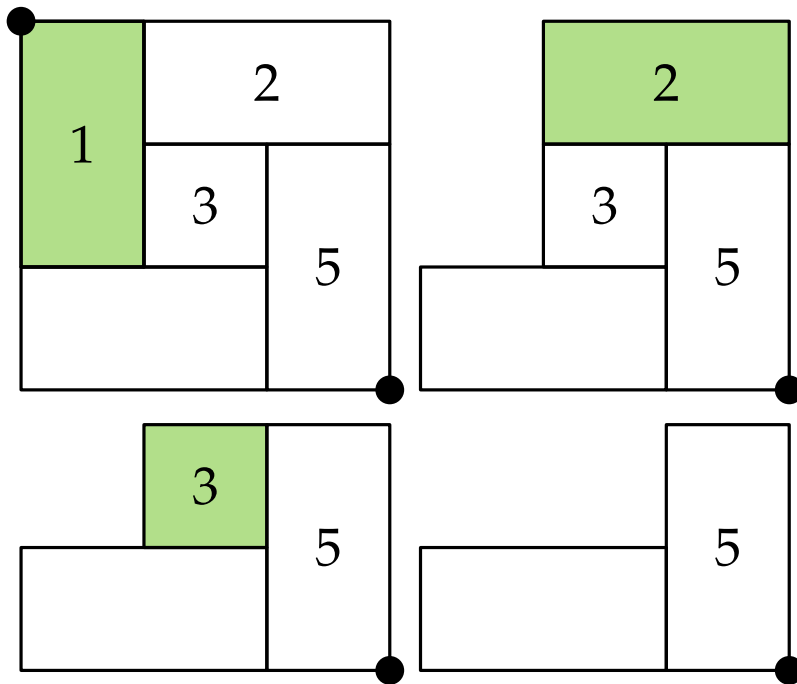


irreduzibel: Keine Teilmenge $S \subseteq \mathcal{R}$ mit $|S| > 1$ bildet Rechteck

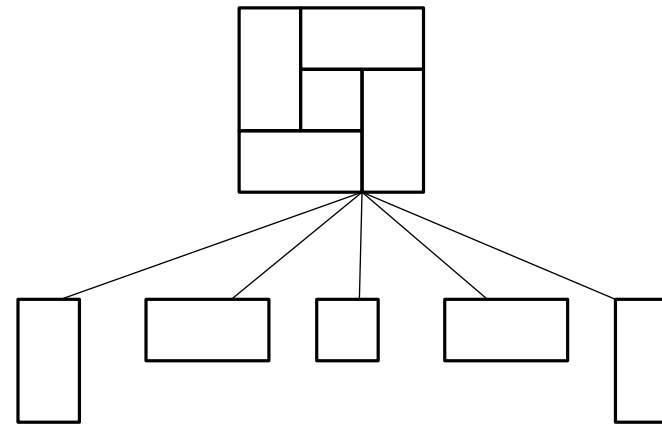


L-zerlegbare Layouts

Ein **irreduzibles** Rechteckslayout $\mathcal{R}$ heißt **L-zerlegbar**, falls es eine Folge $(R_1, R_2, \dots, R_n)$ der Rechtecke in $\mathcal{R}$ gibt, so dass R_1 und R_n in gegenüberliegenden Ecken von $\mathcal{R}$ liegen und für $i \in \{1, \dots, n\}$ das Polygon $\bigcup_{j=i}^n R_j$ L-förmig ist.

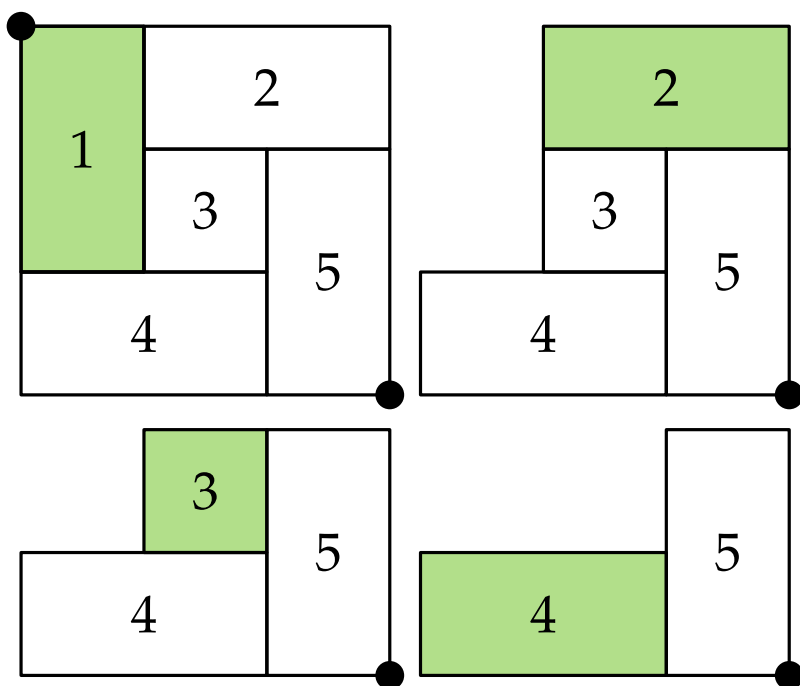


irreduzibel: Keine Teilmenge $S \subseteq \mathcal{R}$ mit $|S| > 1$ bildet Rechteck

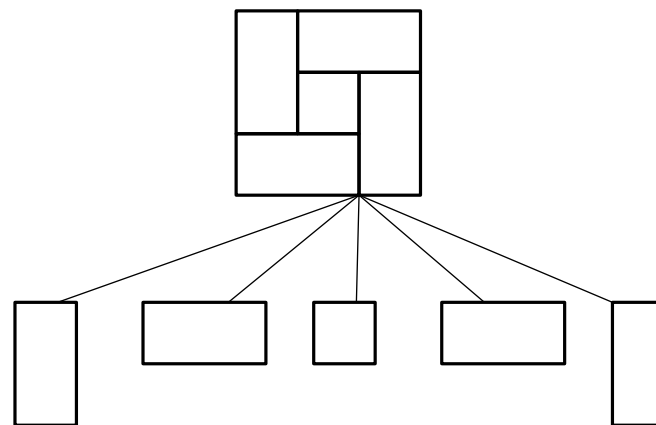


L-zerlegbare Layouts

Ein **irreduzibles** Rechteckslayout $\mathcal{R}$ heißt **L-zerlegbar**, falls es eine Folge $(R_1, R_2, \dots, R_n)$ der Rechtecke in $\mathcal{R}$ gibt, so dass R_1 und R_n in gegenüberliegenden Ecken von $\mathcal{R}$ liegen und für $i \in \{1, \dots, n\}$ das Polygon $\bigcup_{j=i}^n R_j$ L-förmig ist.

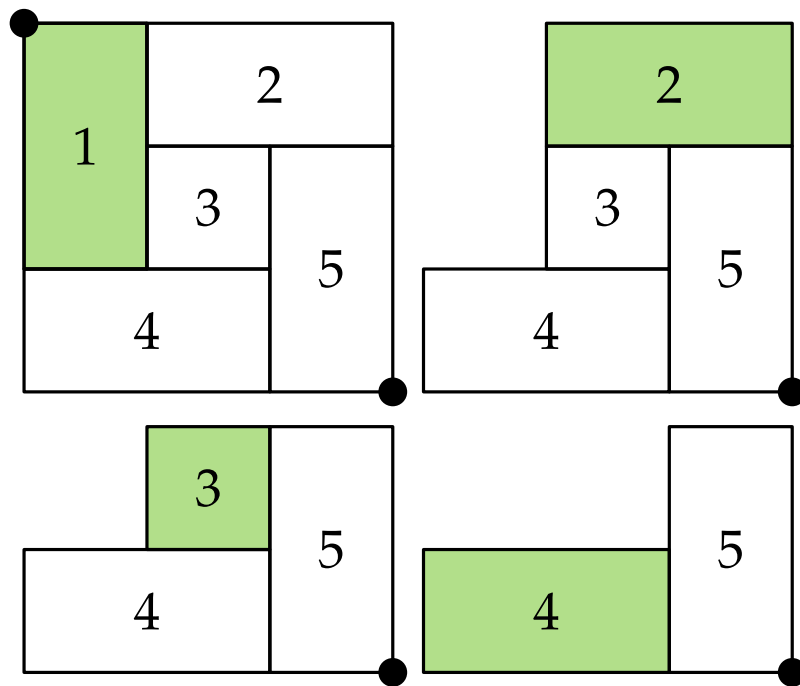


irreduzibel: Keine Teilmenge $S \subseteq \mathcal{R}$ mit $|S| > 1$ bildet Rechteck



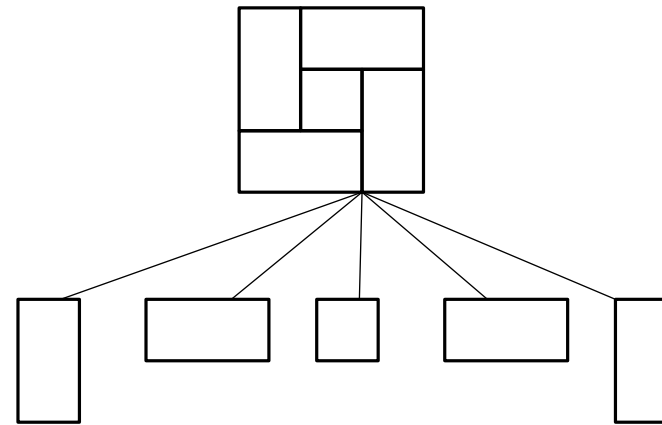
L-zerlegbare Layouts

Ein **irreduzibles** Rechteckslayout $\mathcal{R}$ heißt **L-zerlegbar**, falls es eine Folge $(R_1, R_2, \dots, R_n)$ der Rechtecke in $\mathcal{R}$ gibt, so dass R_1 und R_n in gegenüberliegenden Ecken von $\mathcal{R}$ liegen und für $i \in \{1, \dots, n\}$ das Polygon $\bigcup_{j=i}^n R_j$ L-förmig ist.



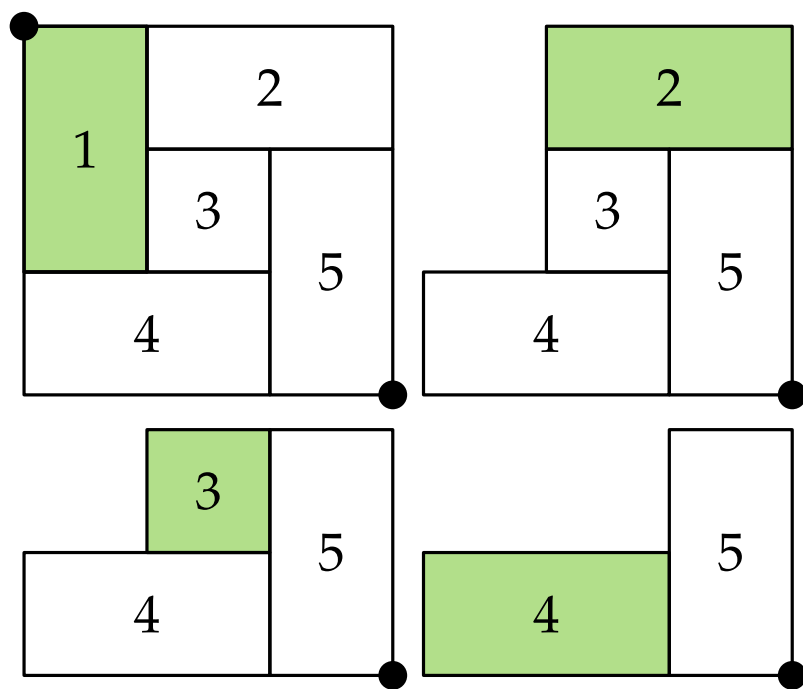
L-Zerlegungssequenz

irreduzibel: Keine Teilmenge $S \subseteq \mathcal{R}$ mit $|S| > 1$ bildet Rechteck



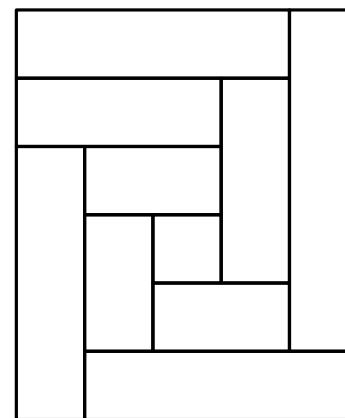
L-zerlegbare Layouts

Ein **irreduzibles** Rechteckslayout $\mathcal{R}$ heißt **L-zerlegbar**, falls es eine Folge $(R_1, R_2, \dots, R_n)$ der Rechtecke in $\mathcal{R}$ gibt, so dass R_1 und R_n in gegenüberliegenden Ecken von $\mathcal{R}$ liegen und für $i \in \{1, \dots, n\}$ das Polygon $\bigcup_{j=i}^n R_j$ L-förmig ist.



L-Zerlegungssequenz

irreduzibel: Keine Teilmenge $S \subseteq \mathcal{R}$ mit $|S| > 1$ bildet Rechteck

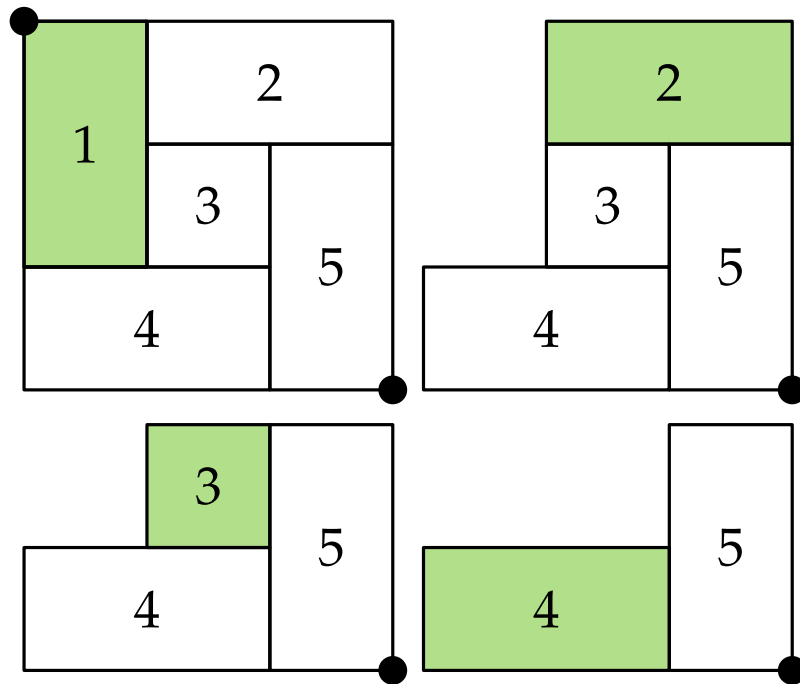


nicht L-förmig zerlegbar



L-zerlegbare Layouts

Ein **irreduzibles** Rechteckslayout $\mathcal{R}$ heißt **L-zerlegbar**, falls es eine Folge $(R_1, R_2, \dots, R_n)$ der Rechtecke in $\mathcal{R}$ gibt, so dass R_1 und R_n in gegenüberliegenden Ecken von $\mathcal{R}$ liegen und für $i \in \{1, \dots, n\}$ das Polygon $\bigcup_{j=1}^i R_j$ L-förmig ist.

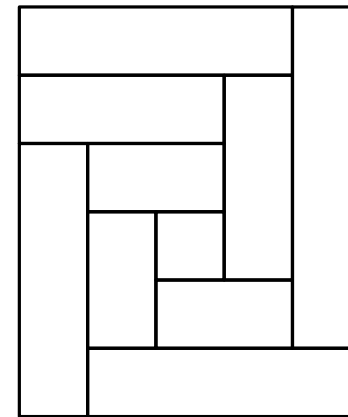


L-Zerlegungssequenz

irreduzibel: Keine Teilmenge $S \subseteq \mathcal{R}$ mit $|S| > 1$ bildet Rechteck

Demo.

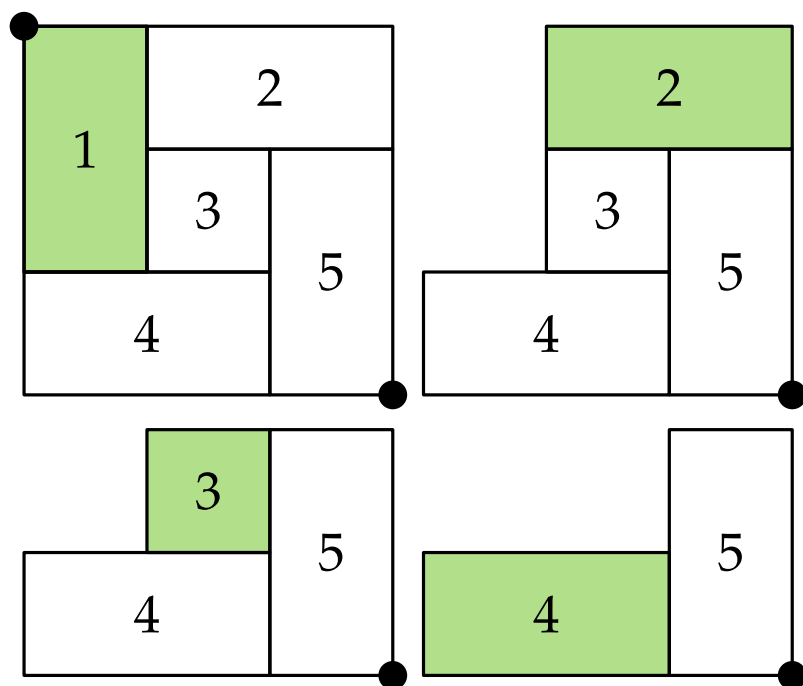
<https://bspeckmann.win.tue.nl/demos/game/index.html>



nicht L-förmig zerlegbar

L-zerlegbare Layouts

Ein **irreduzibles** Rechteckslayout $\mathcal{R}$ heißt **L-zerlegbar**, falls es eine Folge $(R_1, R_2, \dots, R_n)$ der Rechtecke in $\mathcal{R}$ gibt, so dass R_1 und R_n in gegenüberliegenden Ecken von $\mathcal{R}$ liegen und für $i \in \{1, \dots, n\}$ das Polygon $\bigcup_{j=i}^n R_j$ L-förmig ist.

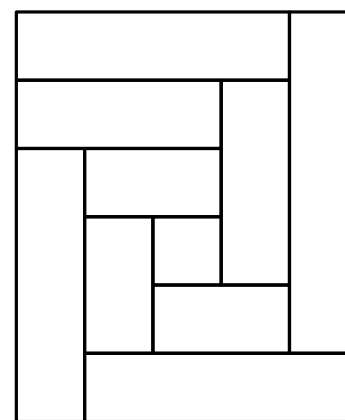


L-Zerlegungssequenz

irreduzibel: Keine Teilmenge $S \subseteq \mathcal{R}$ mit $|S| > 1$ bildet Rechteck

Demo.

<https://bspeckmann.win.tue.nl/demos/game/index.html>



nicht L-förmig zerlegbar

Satz. Ein L-zerlegbares Layout hat entweder genau eine oder keine Lösung als Kartogramm ohne Flächenfehler und mit korrekten Adjazenzen.

Heuristik für Rechteckskartogramme

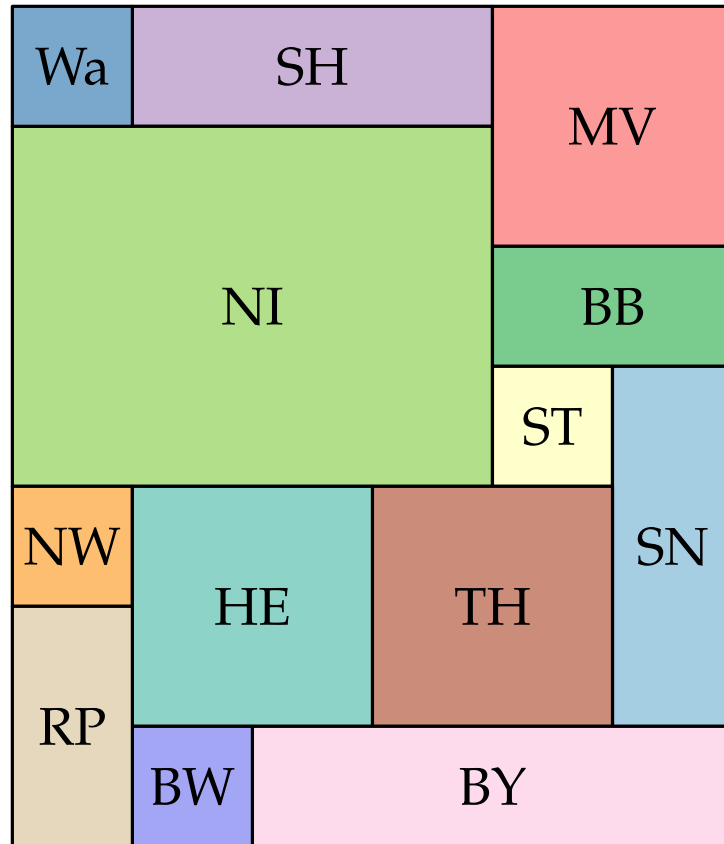


Nicht jedes Rechtecksdual ist L-zerlegbar, nicht jede
Flächenzuweisung für L-zerlegbare Layouts hat eine Lösung.



Heuristik für Rechteckskartogramme

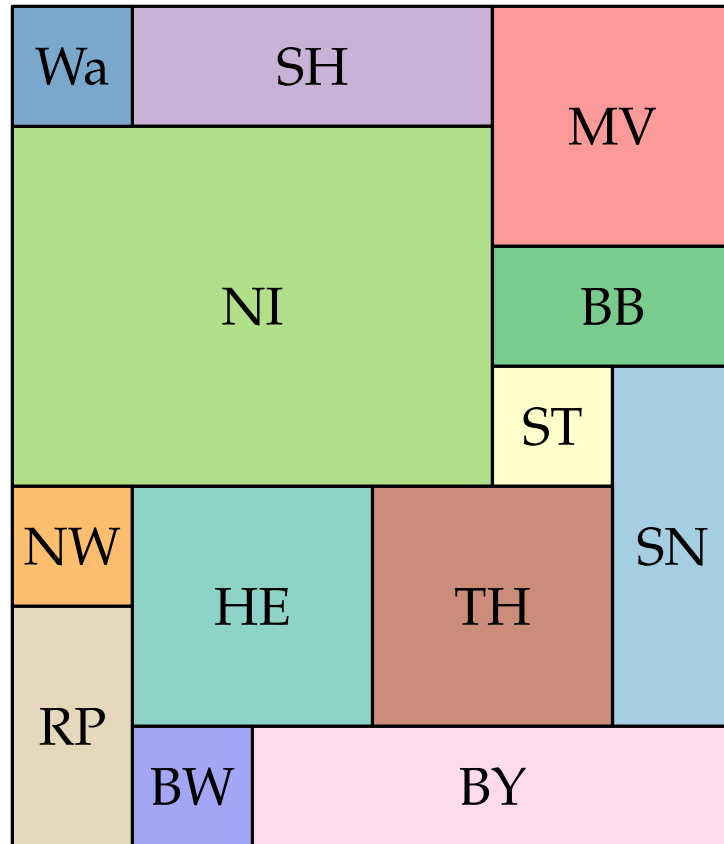
Nicht jedes Rechtecksdual ist L-zerlegbar, nicht jede Flächenzuweisung für L-zerlegbare Layouts hat eine Lösung.





Heuristik für Rechteckskartogramme

Nicht jedes Rechtecksdual ist L-zerlegbar, nicht jede Flächenzuweisung für L-zerlegbare Layouts hat eine Lösung.

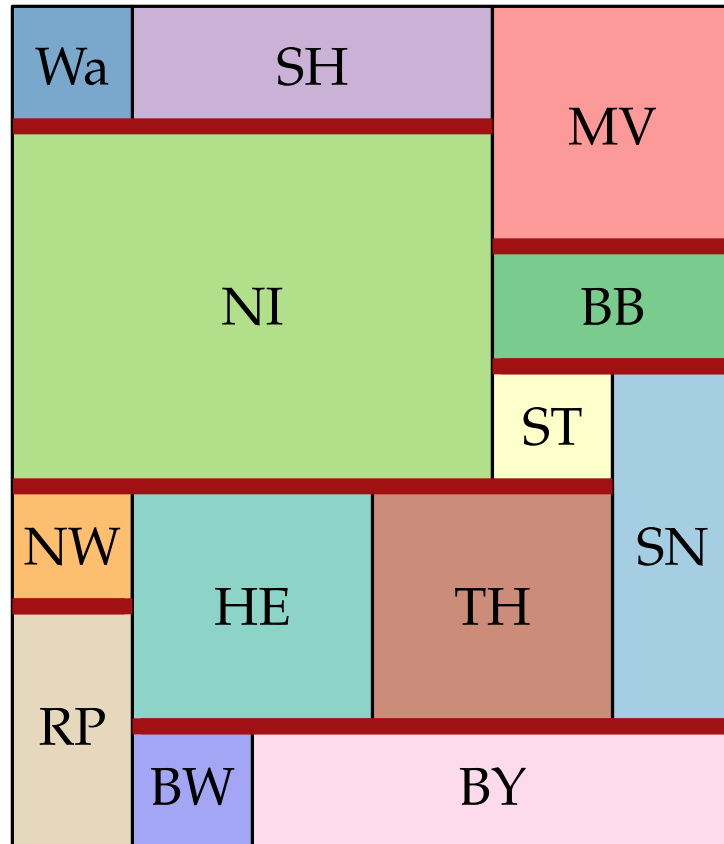


SEGMENTMOVING



Heuristik für Rechteckskartogramme

Nicht jedes Rechtecksdual ist L-zerlegbar, nicht jede Flächenzuweisung für L-zerlegbare Layouts hat eine Lösung.

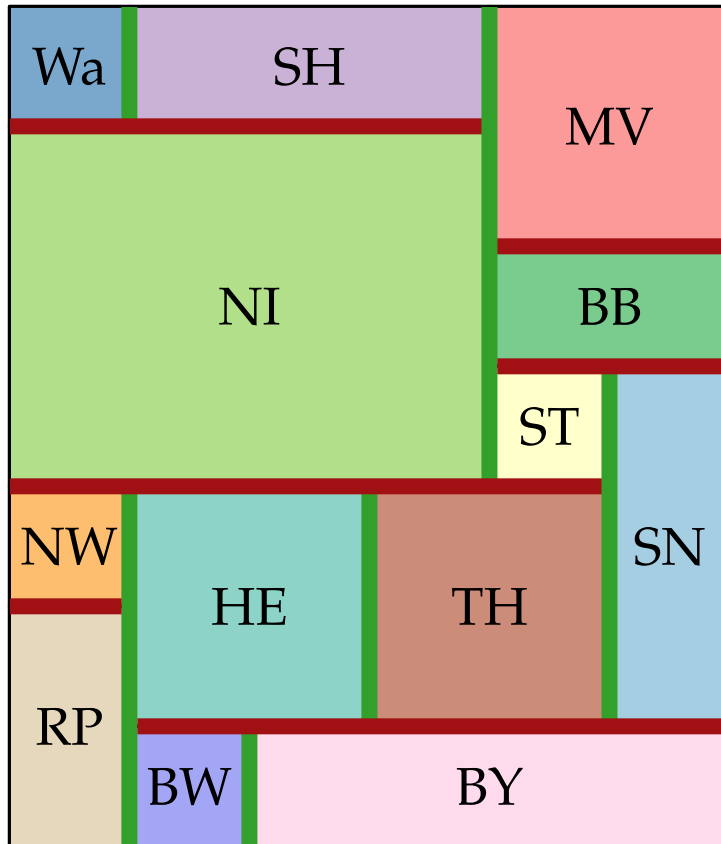


SEGMENTMOVING



Heuristik für Rechteckskartogramme

Nicht jedes Rechtecksdual ist L-zerlegbar, nicht jede Flächenzuweisung für L-zerlegbare Layouts hat eine Lösung.

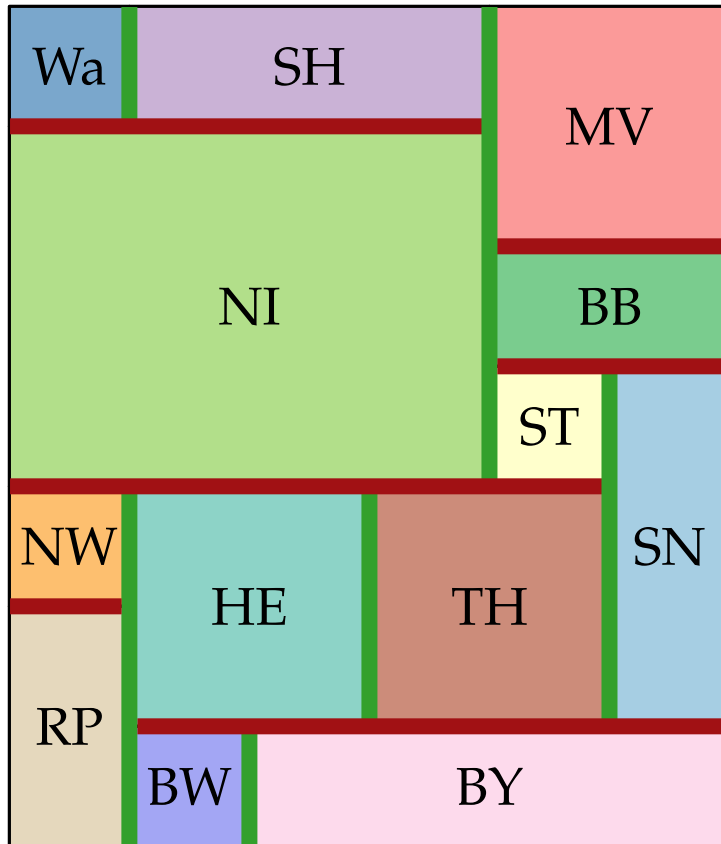


SEGMENTMOVING



Heuristik für Rechteckskartogramme

Nicht jedes Rechtecksdual ist L-zerlegbar, nicht jede Flächenzuweisung für L-zerlegbare Layouts hat eine Lösung.



SEGMENTMOVING

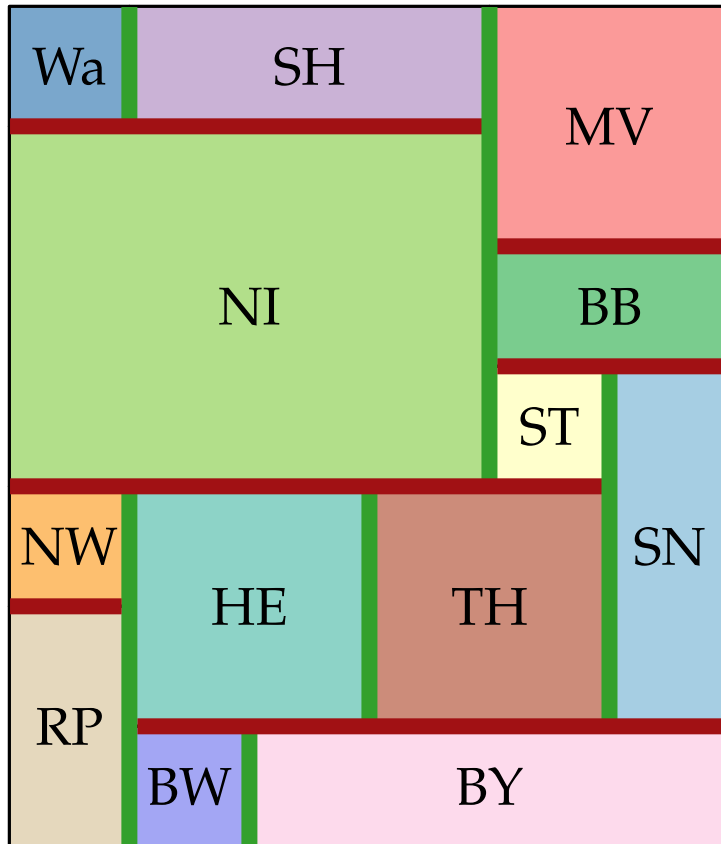
while lokale Verbesserung möglich **do**

|



Heuristik für Rechteckskartogramme

Nicht jedes Rechtecksdual ist L-zerlegbar, nicht jede Flächenzuweisung für L-zerlegbare Layouts hat eine Lösung.



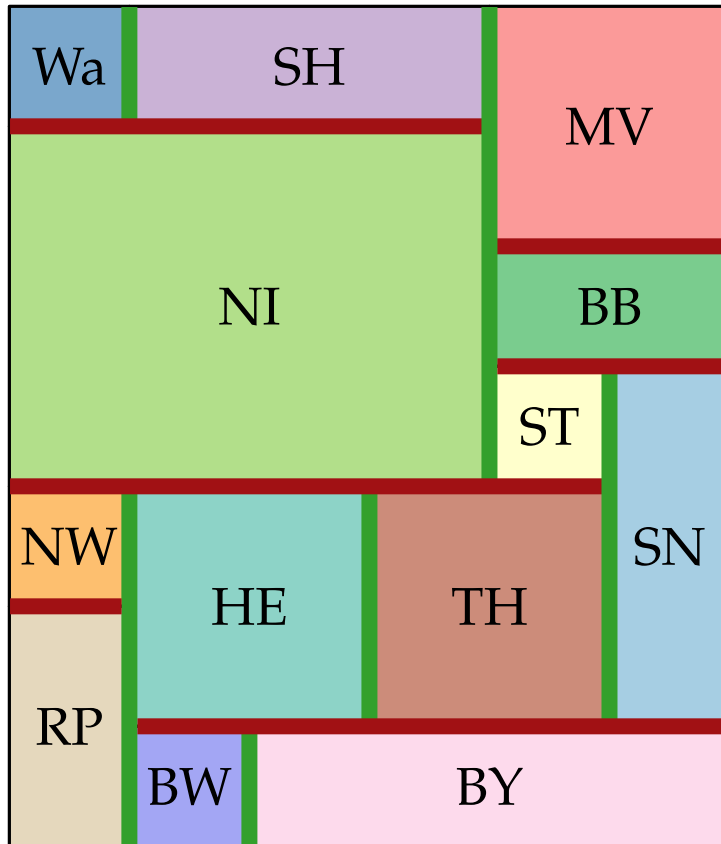
SEGMENTMOVING

while lokale Verbesserung möglich **do**
 s = beliebiges maximales Segment



Heuristik für Rechteckskartogramme

Nicht jedes Rechtecksdual ist L-zerlegbar, nicht jede Flächenzuweisung für L-zerlegbare Layouts hat eine Lösung.



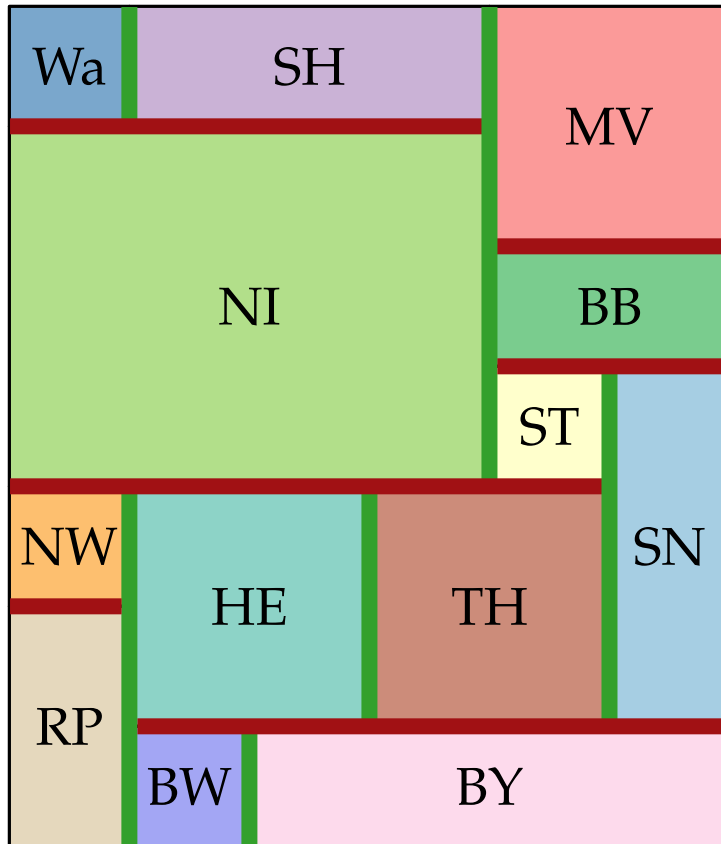
SEGMENTMOVING

while lokale Verbesserung möglich **do**
 s = beliebiges maximales Segment
 bewege s in bessere Richtung



Heuristik für Rechteckskartogramme

Nicht jedes Rechtecksdual ist L-zerlegbar, nicht jede Flächenzuweisung für L-zerlegbare Layouts hat eine Lösung.



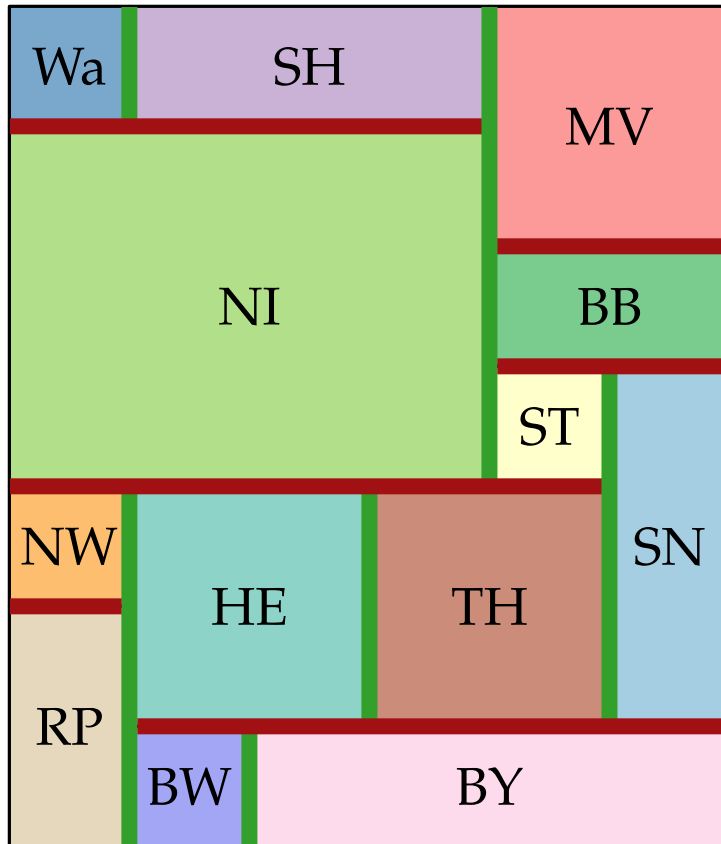
SEGMENTMOVING

while lokale Verbesserung möglich **do**
 s = beliebiges maximales Segment
 bewege s in bessere Richtung
 ggf. berücksichtige Adjazenzen



Heuristik für Rechteckskartogramme

Nicht jedes Rechtecksdual ist L-zerlegbar, nicht jede Flächenzuweisung für L-zerlegbare Layouts hat eine Lösung.



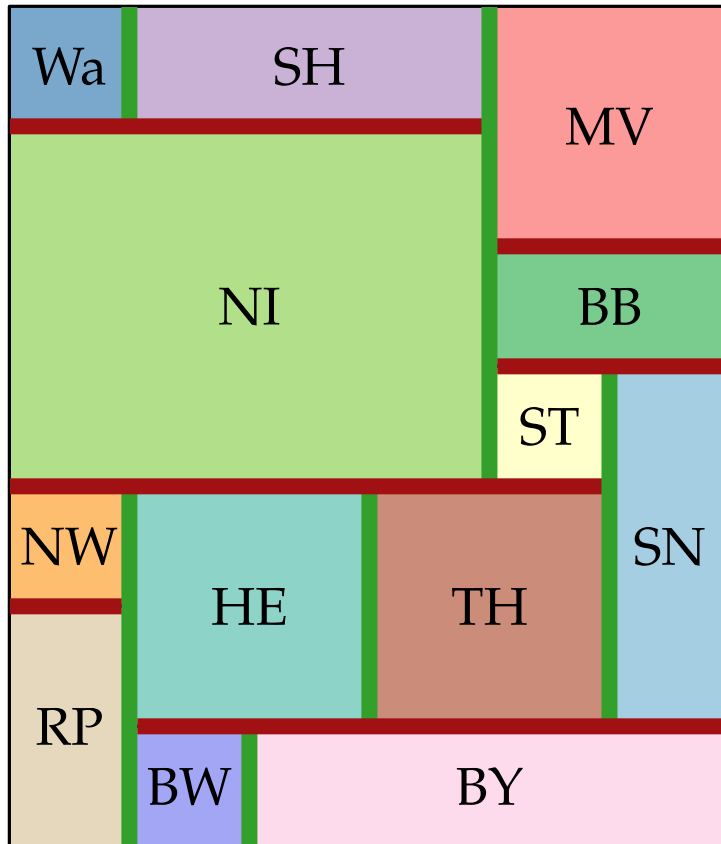
SEGMENTMOVING

while lokale Verbesserung möglich **do**
 s = beliebiges maximales Segment
 bewege s in bessere Richtung
 ggf. berücksichtige Adjazenzen
 ggf. berücksichtige Seitenverhältnis



Heuristik für Rechteckskartogramme

Nicht jedes Rechtecksdual ist L-zerlegbar, nicht jede Flächenzuweisung für L-zerlegbare Layouts hat eine Lösung.



SEGMENTMOVING

while lokale Verbesserung möglich **do**
 s = beliebiges maximales Segment
 bewege s in bessere Richtung
 ggf. berücksichtige Adjazenzen
 ggf. berücksichtige Seitenverhältnis

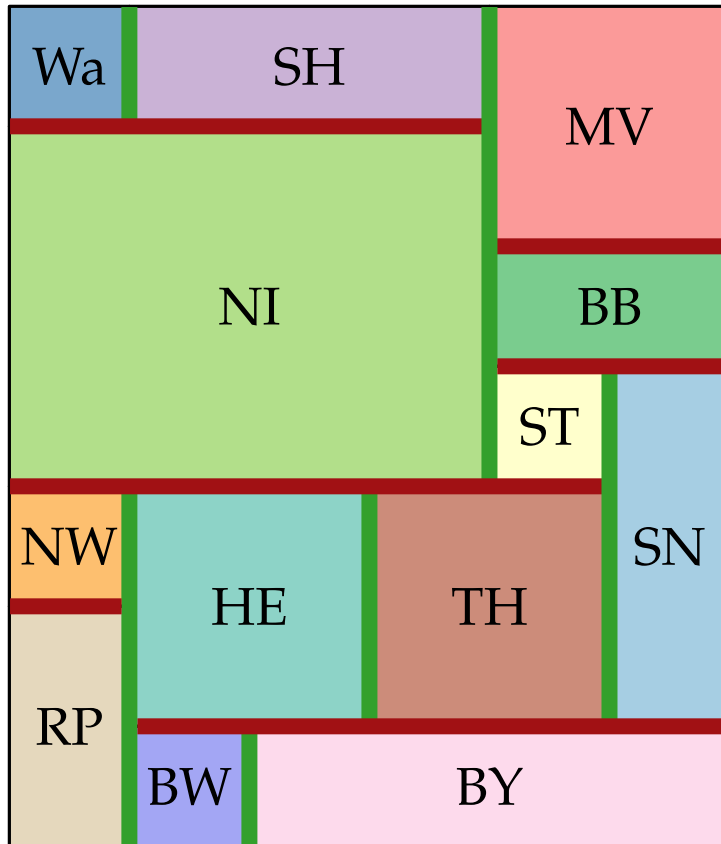
Demo.

<https://bspeckmann.win.tue.nl/demos/carto/index.html>



Heuristik für Rechteckskartogramme

Nicht jedes Rechtecksdual ist L-zerlegbar, nicht jede Flächenzuweisung für L-zerlegbare Layouts hat eine Lösung.



SEGMENTMOVING

while lokale Verbesserung möglich **do**
 s = beliebiges maximales Segment
 bewege s in bessere Richtung
 ggf. berücksichtige Adjazenzen
 ggf. berücksichtige Seitenverhältnis

■ liefert immer ein Layout

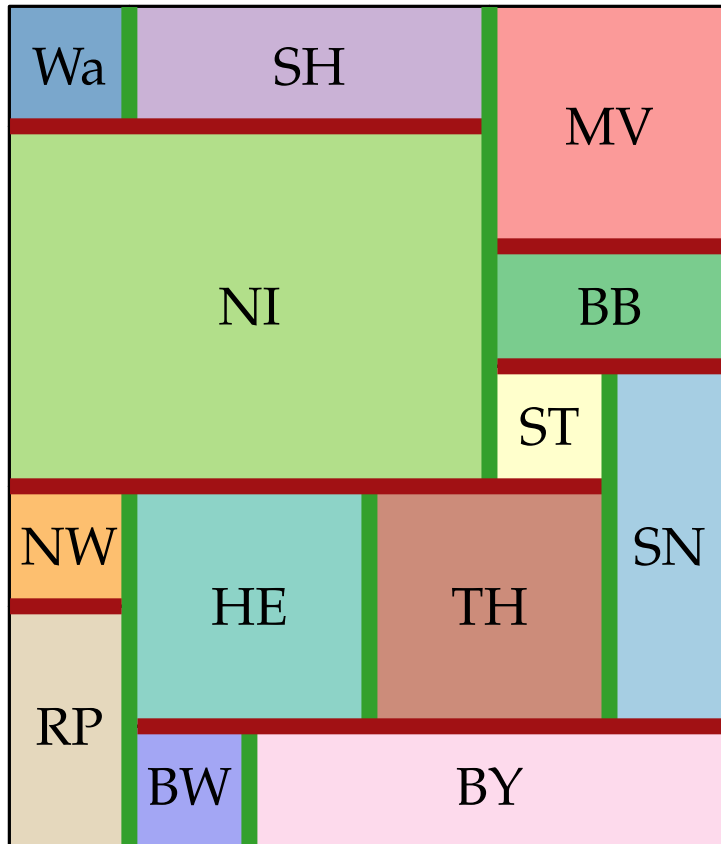
Demo.

<https://bspeckmann.win.tue.nl/demos/carto/index.html>



Heuristik für Rechteckskartogramme

Nicht jedes Rechtecksdual ist L-zerlegbar, nicht jede Flächenzuweisung für L-zerlegbare Layouts hat eine Lösung.



SEGMENTMOVING

```
while lokale Verbesserung möglich do
  s = beliebiges maximales Segment
  bewege s in bessere Richtung
  ggf. berücksichtige Adjazenzen
  ggf. berücksichtige Seitenverhältnis
```

- liefert immer ein Layout
- findet lokale Optima

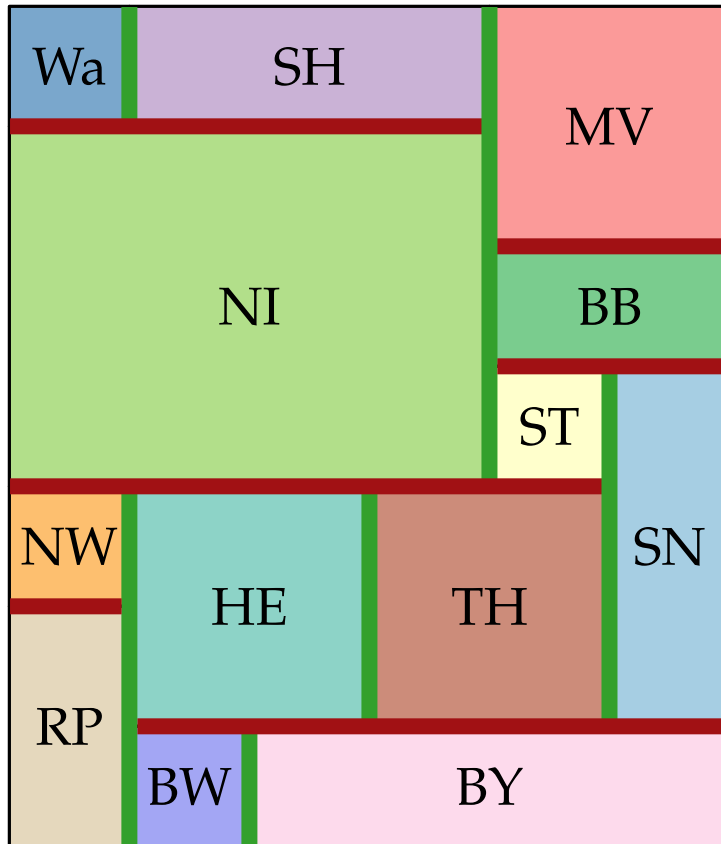
Demo.

<https://bspeckmann.win.tue.nl/demos/carto/index.html>



Heuristik für Rechteckskartogramme

Nicht jedes Rechtecksdual ist L-zerlegbar, nicht jede Flächenzuweisung für L-zerlegbare Layouts hat eine Lösung.



SEGMENTMOVING

while lokale Verbesserung möglich **do**
 s = beliebiges maximales Segment
 bewege s in bessere Richtung
 ggf. berücksichtige Adjazenzen
 ggf. berücksichtige Seitenverhältnis

- liefert immer ein Layout
- findet lokale Optima
- Wasser benötigt keine Zielfläche

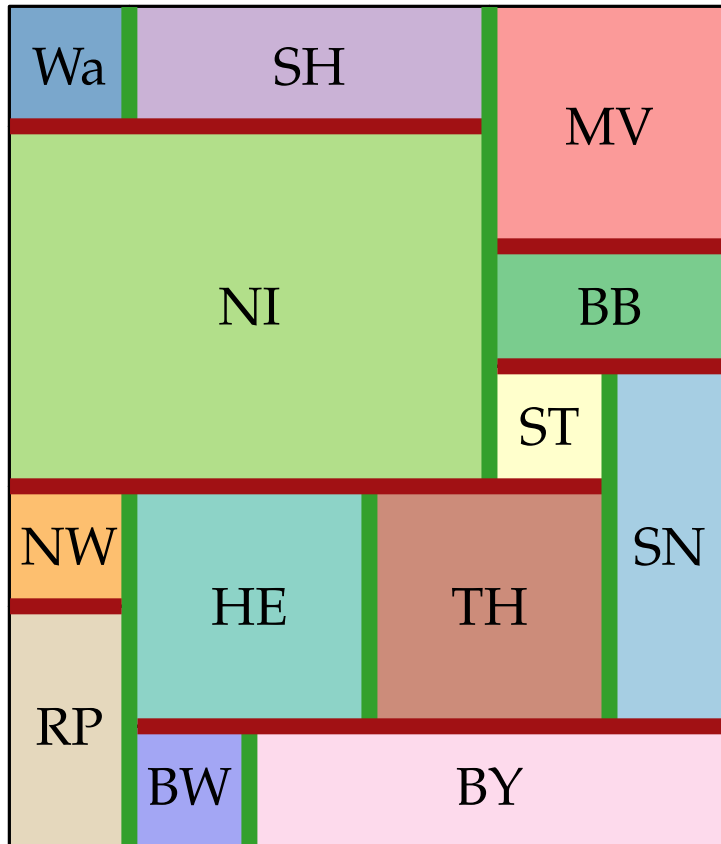
Demo.

<https://bspeckmann.win.tue.nl/demos/carto/index.html>



Heuristik für Rechteckskartogramme

Nicht jedes Rechtecksdual ist L-zerlegbar, nicht jede Flächenzuweisung für L-zerlegbare Layouts hat eine Lösung.



SEGMENTMOVING

while lokale Verbesserung möglich **do**
 s = beliebiges maximales Segment
 bewege s in bessere Richtung
 ggf. berücksichtige Adjazenzen
 ggf. berücksichtige Seitenverhältnis

- liefert immer ein Layout
- findet lokale Optima
- Wasser benötigt keine Zielfläche
- keinerlei Garantie oder Konvergenz bewiesen

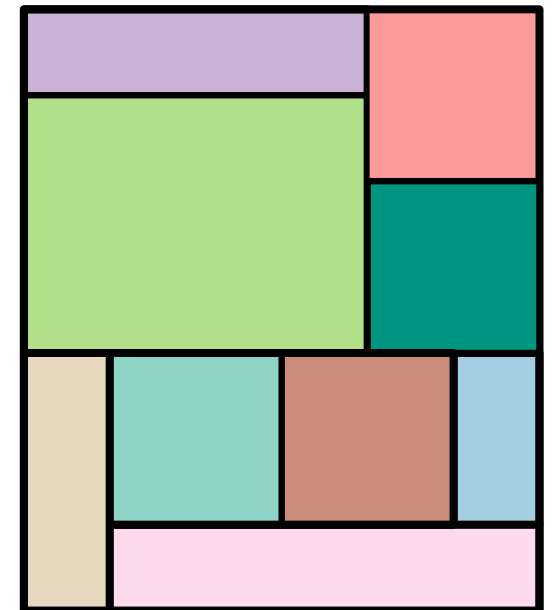
Demo.

<https://bspeckmann.win.tue.nl/demos/carto/index.html>

Weitere Heuristik



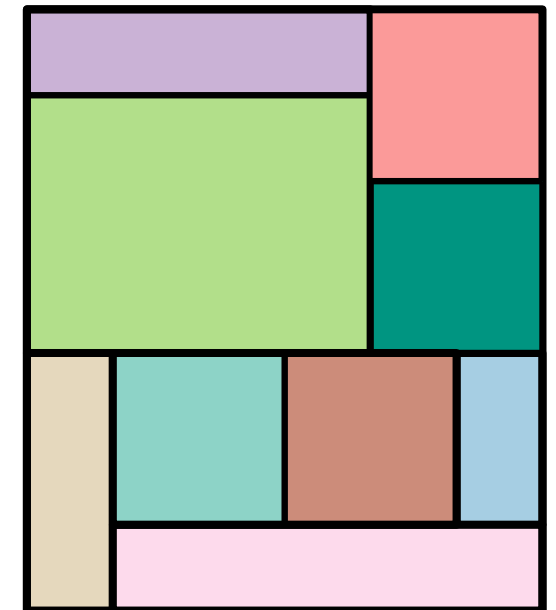
- Gegeben.**
- Ein Rechtecksdual $\mathcal{R}$ bestehend aus den Rechtecken $R_1, \dots, R_n$.
 - **Zielbreiten** $w_1, \dots, w_n \in \mathbb{R}^+$
 - **Zielhöhen** $h_1, \dots, h_n \in \mathbb{R}^+$



Weitere Heuristik



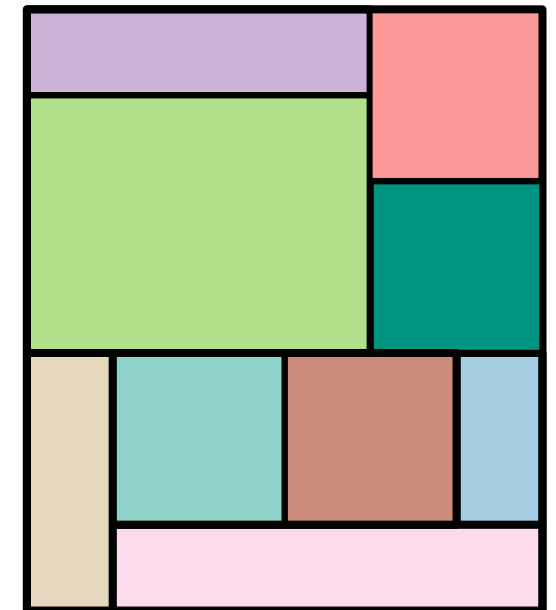
- Gegeben.**
- Ein Rechtecksdual $\mathcal{R}$ bestehend aus den Rechtecken $R_1, \dots, R_n$.
 - **Zielbreiten** $w_1, \dots, w_n \in \mathbb{R}^+$
 - **Zielhöhen** $h_1, \dots, h_n \in \mathbb{R}^+$
- Gesucht.** Für jedes Rechteck R_i Breite w'_i und Höhe h'_i , so dass





Weitere Heuristik

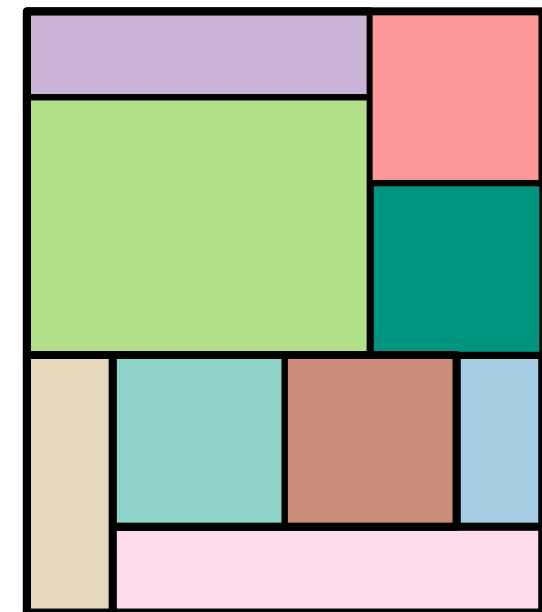
- Gegeben.**
- Ein Rechtecksdual $\mathcal{R}$ bestehend aus den Rechtecken $R_1, \dots, R_n$.
 - **Zielbreiten** $w_1, \dots, w_n \in \mathbb{R}^+$
 - **Zielhöhen** $h_1, \dots, h_n \in \mathbb{R}^+$
- Gesucht.** Für jedes Rechteck R_i Breite w'_i und Höhe h'_i , so dass
- die Adjazenzen aus $\mathcal{R}$ erhalten bleiben, und





Weitere Heuristik

- Gegeben.**
- Ein Rechtecksdual $\mathcal{R}$ bestehend aus den Rechtecken $R_1, \dots, R_n$.
 - **Zielbreiten** $w_1, \dots, w_n \in \mathbb{R}^+$
 - **Zielhöhen** $h_1, \dots, h_n \in \mathbb{R}^+$
- Gesucht.** Für jedes Rechteck R_i Breite w'_i und Höhe h'_i , so dass
- die Adjazenzen aus $\mathcal{R}$ erhalten bleiben, und
 - $w'_i \geq w_i$ und $h'_i \geq h_i$ für alle $1 \leq i \leq n$, und

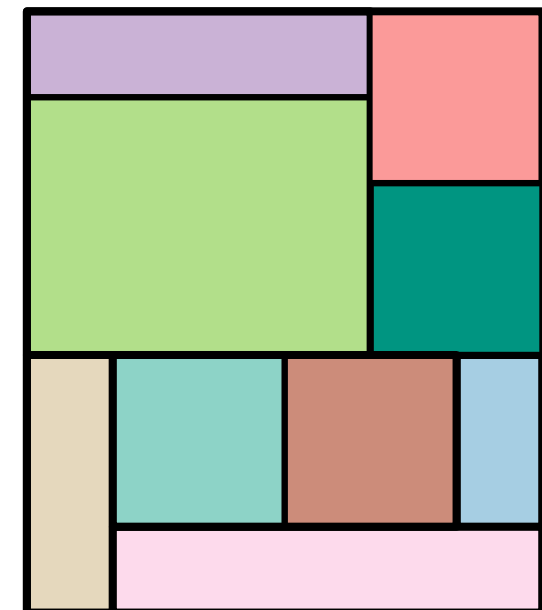




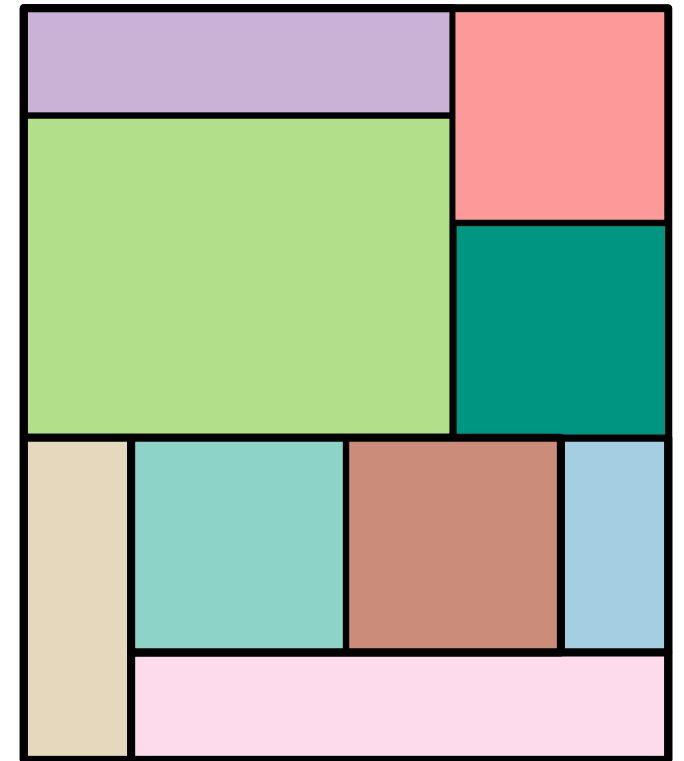
Weitere Heuristik

- Gegeben.**
- Ein Rechtecksdual $\mathcal{R}$ bestehend aus den Rechtecken $R_1, \dots, R_n$.
 - **Zielbreiten** $w_1, \dots, w_n \in \mathbb{R}^+$
 - **Zielhöhen** $h_1, \dots, h_n \in \mathbb{R}^+$

- Gesucht.**
- Für jedes Rechteck R_i Breite w'_i und Höhe h'_i , so dass
- die Adjazenzen aus $\mathcal{R}$ erhalten bleiben, und
 - $w'_i \geq w_i$ und $h'_i \geq h_i$ für alle $1 \leq i \leq n$, und
 - $\sum_{i=1}^n w'_i + \sum_{i=1}^n h'_i$ minimiert wird



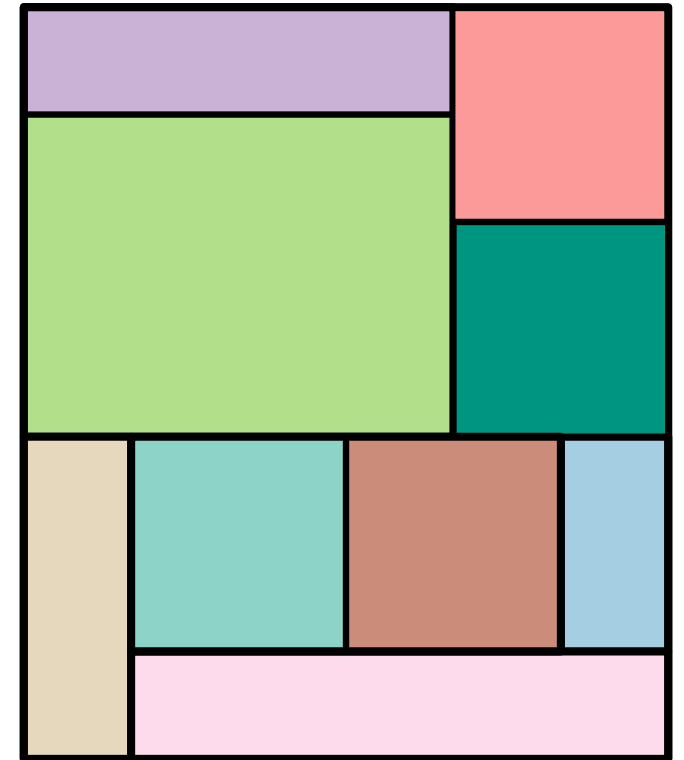
Lösung



Lösung



Idee. Flussnetzwerk N_{hor} für horizontale Kanten

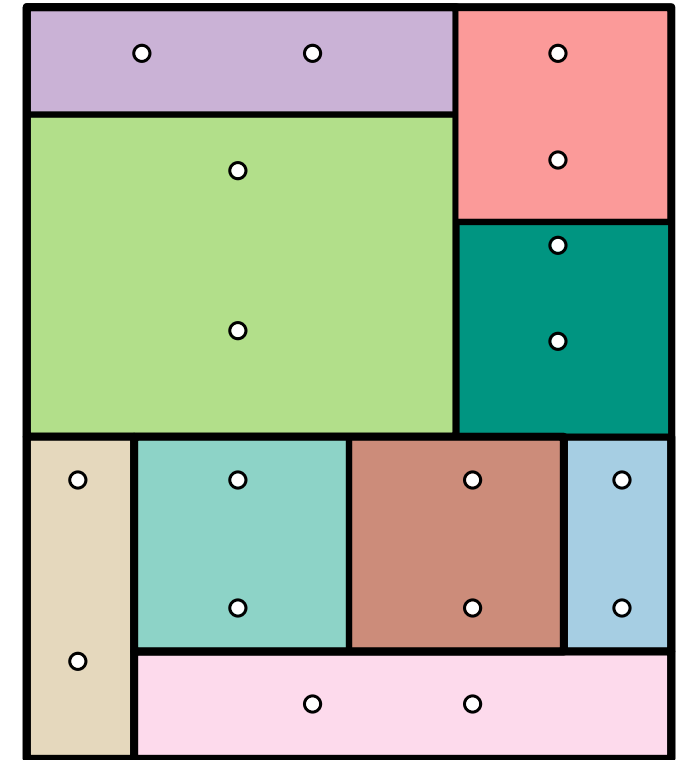


Lösung



Idee. Flussnetzwerk N_{hor} für horizontale Kanten

1. Für jedes R_i zwei Knoten u_i, v_i



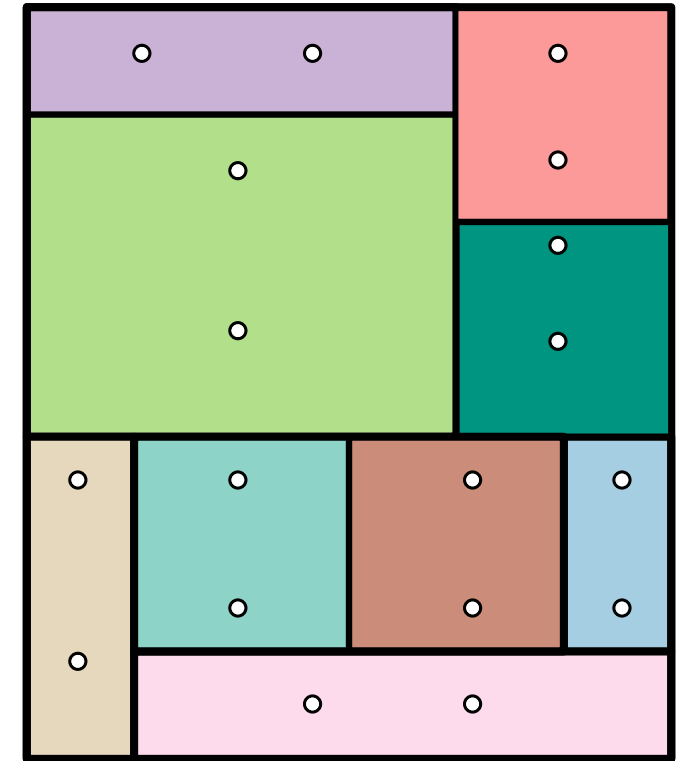
Lösung

Idee. Flussnetzwerk N_{hor} für horizontale Kanten

1. Für jedes R_i zwei Knoten u_i, v_i
2. Knoten s und t



t



s

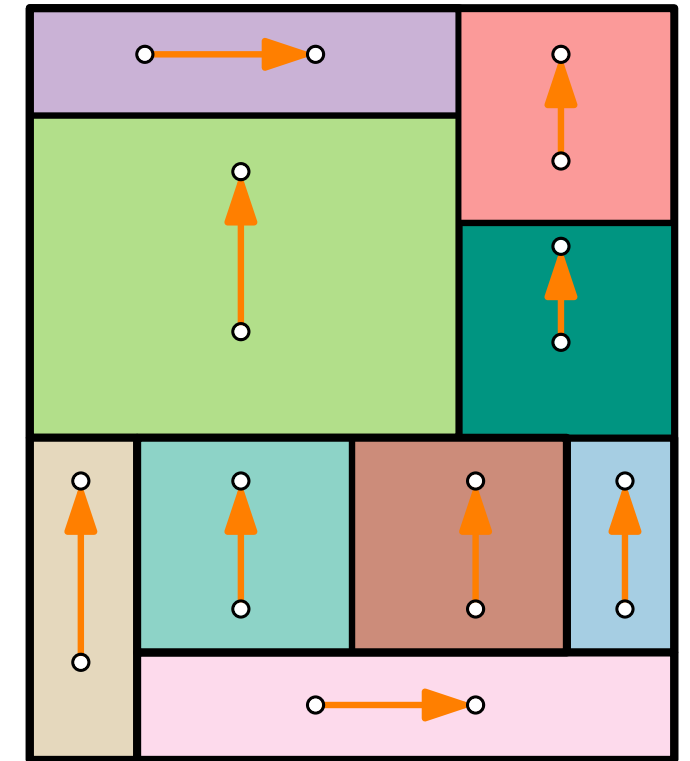
Lösung

Idee. Flussnetzwerk N_{hor} für horizontale Kanten

1. Für jedes R_i zwei Knoten u_i, v_i
2. Knoten s und t
3. Kante $e_i = (u_i, v_i)$



t



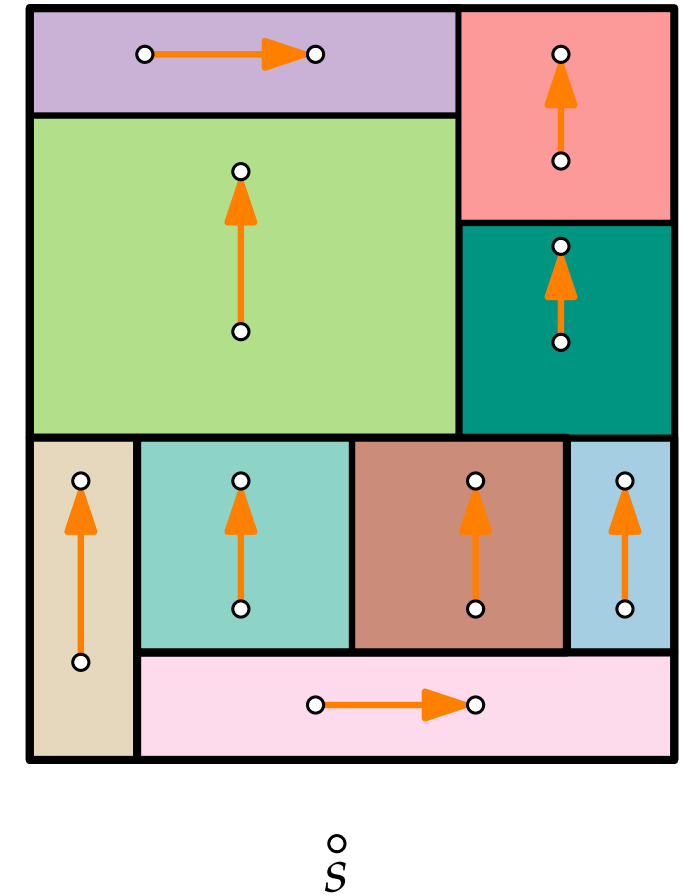
s

Lösung



Idee. Flussnetzwerk N_{hor} für horizontale Kanten

1. Für jedes R_i zwei Knoten u_i, v_i
2. Knoten s und t
3. Kante $e_i = (u_i, v_i)$ mit $l(e_i) = \quad$, $u(e_i) = \quad$, $cost(e_i) = \quad$

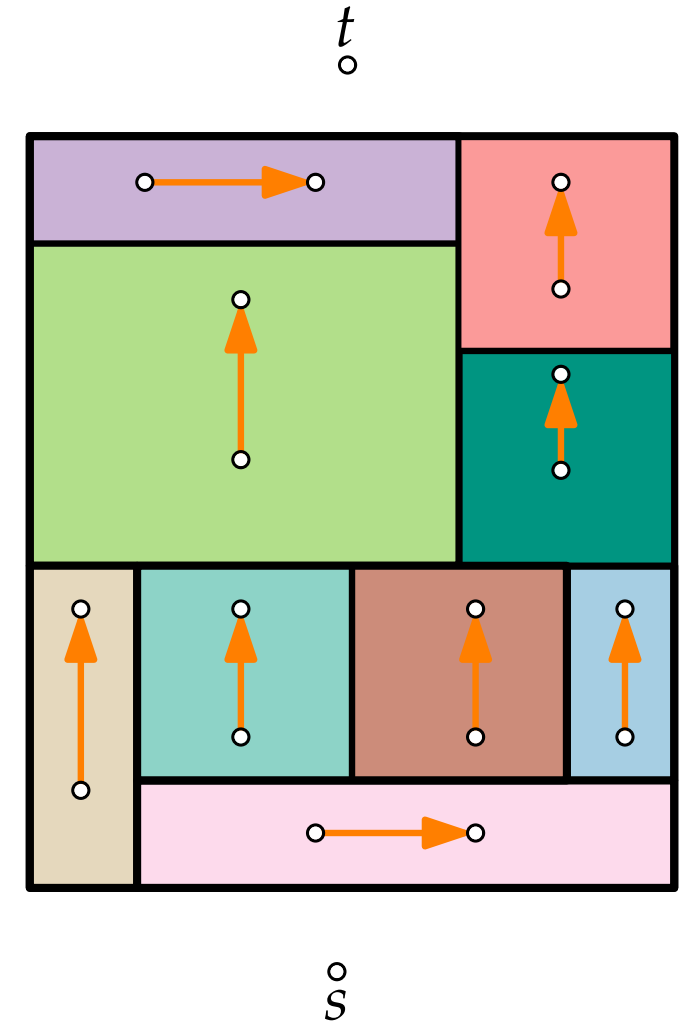


Lösung



Idee. Flussnetzwerk N_{hor} für horizontale Kanten

1. Für jedes R_i zwei Knoten u_i, v_i
2. Knoten s und t
3. Kante $e_i = (u_i, v_i)$ mit $l(e_i) = w_i$, $u(e_i) =$, $cost(e_i) =$ _

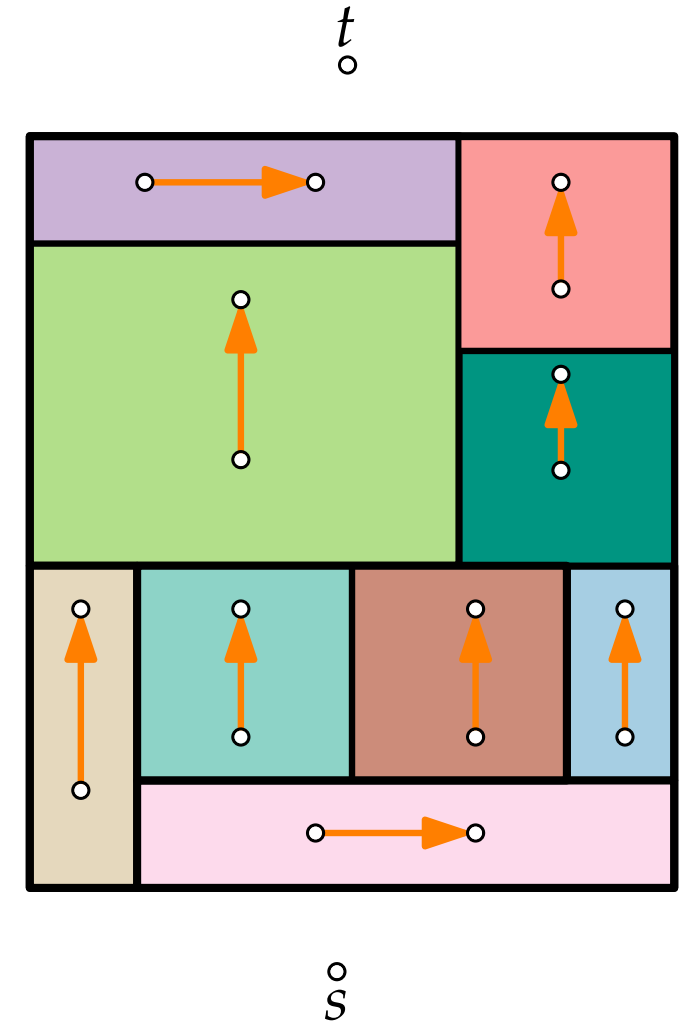


Lösung



Idee. Flussnetzwerk N_{hor} für horizontale Kanten

1. Für jedes R_i zwei Knoten u_i, v_i
2. Knoten s und t
3. Kante $e_i = (u_i, v_i)$ mit $l(e_i) = w_i$, $u(e_i) = \infty$, $cost(e_i) = _$

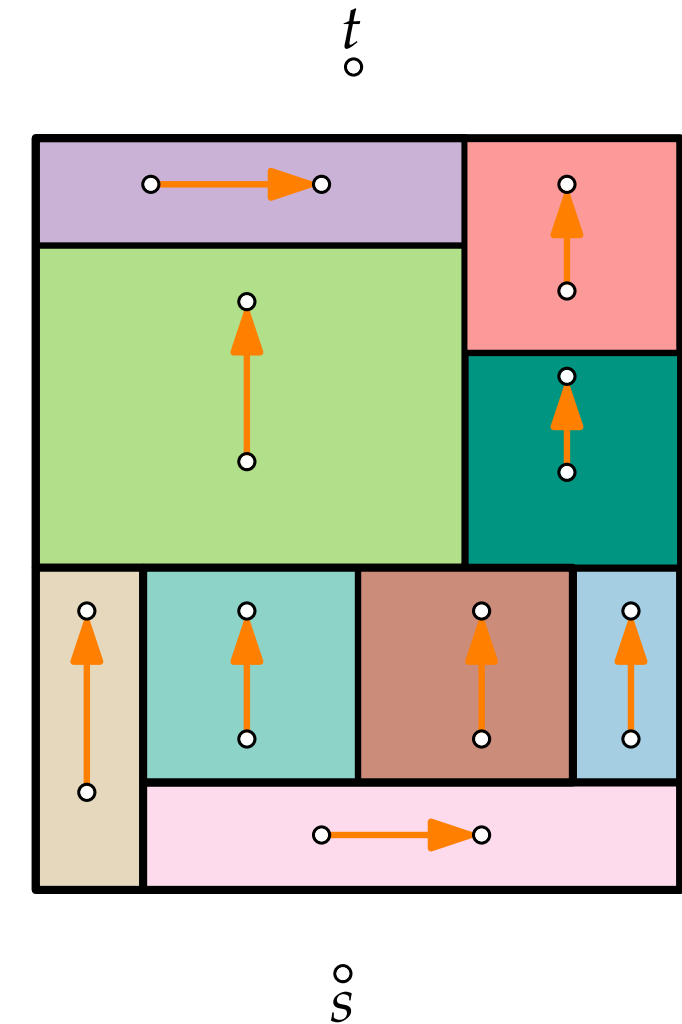


Lösung



Idee. Flussnetzwerk N_{hor} für horizontale Kanten

1. Für jedes R_i zwei Knoten u_i, v_i
2. Knoten s und t
3. Kante $e_i = (u_i, v_i)$ mit $l(e_i) = w_i$, $u(e_i) = \infty$, $cost(e_i) = 1$

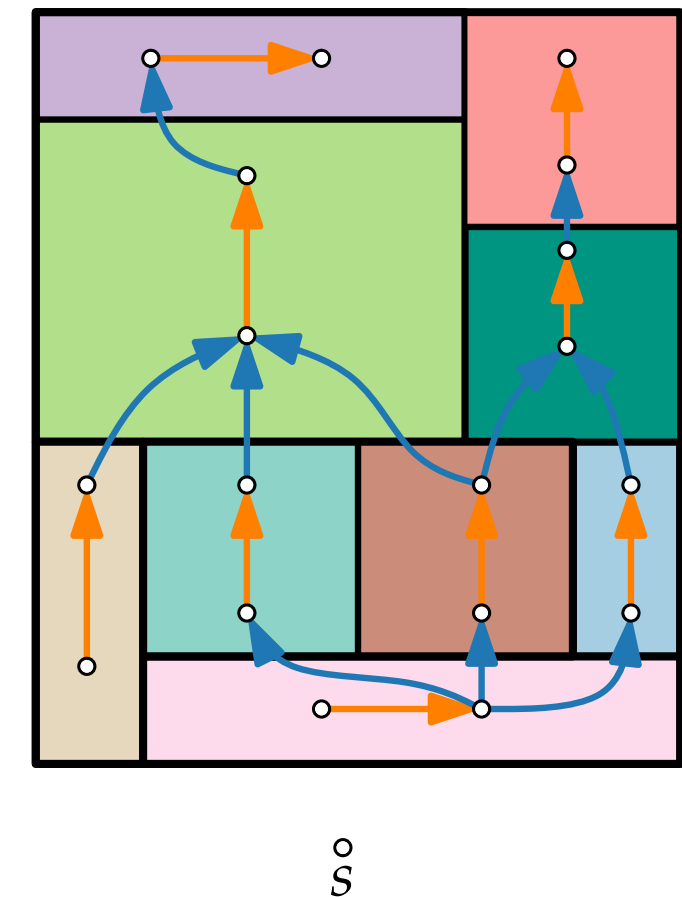


Lösung



Idee. Flussnetzwerk N_{hor} für horizontale Kanten

1. Für jedes R_i zwei Knoten u_i, v_i
2. Knoten s und t
3. Kante $e_i = (u_i, v_i)$ mit $l(e_i) = w_i$, $u(e_i) = \infty$, $cost(e_i) = 1$
4. Kante $e = (u_i, v_j)$ zwischen je zwei Knoten u_i und v_j getrennt durch horz. Kante (aufwärts).
 $l(e) =$, $u(e) =$ und $cost(e) =$

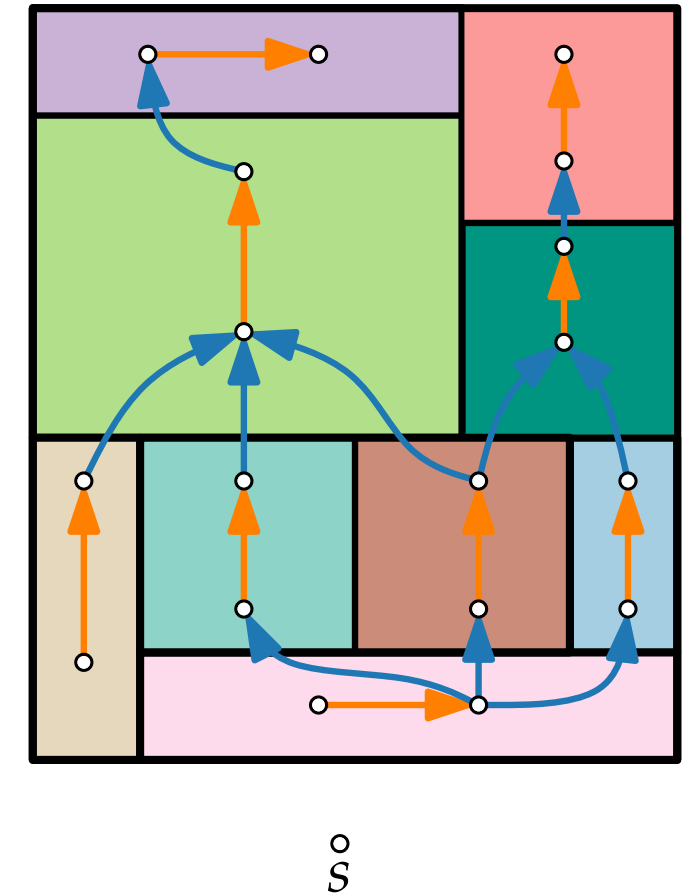


Lösung



Idee. Flussnetzwerk N_{hor} für horizontale Kanten

1. Für jedes R_i zwei Knoten u_i, v_i
2. Knoten s und t
3. Kante $e_i = (u_i, v_i)$ mit $l(e_i) = w_i$, $u(e_i) = \infty$, $cost(e_i) = 1$
4. Kante $e = (u_i, v_j)$ zwischen je zwei Knoten u_i und v_j getrennt durch horz. Kante (aufwärts).
 $l(e) = 0$, $u(e) =$ und $cost(e) =$

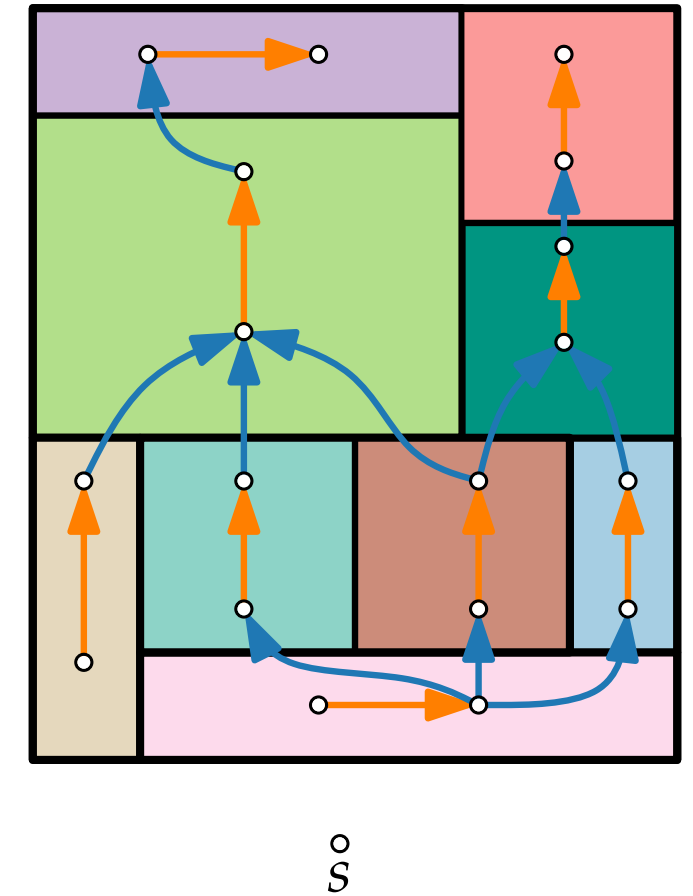


Lösung



Idee. Flussnetzwerk N_{hor} für horizontale Kanten

1. Für jedes R_i zwei Knoten u_i, v_i
2. Knoten s und t
3. Kante $e_i = (u_i, v_i)$ mit $l(e_i) = w_i$, $u(e_i) = \infty$, $cost(e_i) = 1$
4. Kante $e = (u_i, v_j)$ zwischen je zwei Knoten u_i und v_j getrennt durch horz. Kante (aufwärts).
 $l(e) = 0$, $u(e) = \infty$ und $cost(e) =$

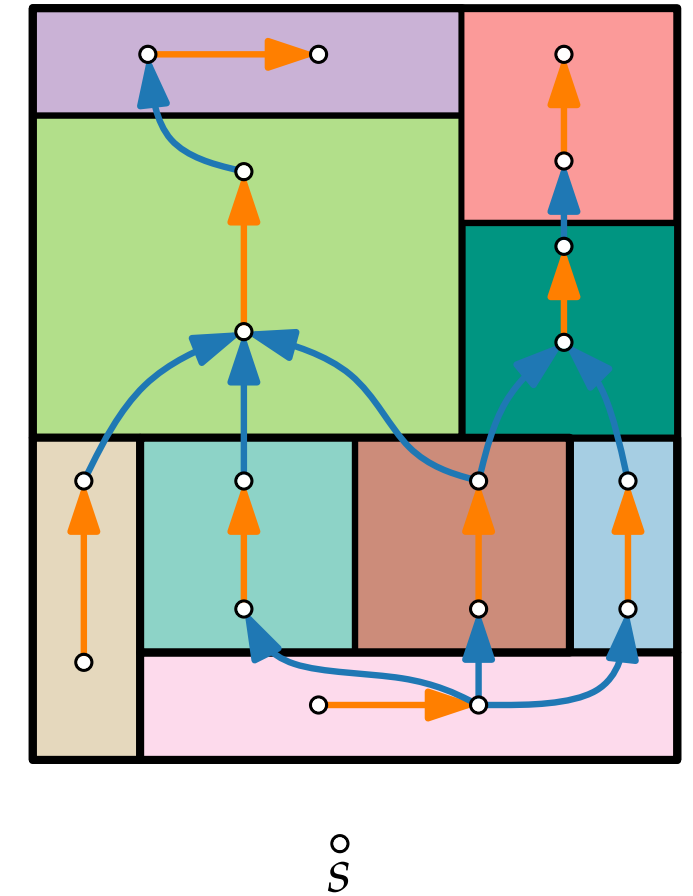


Lösung



Idee. Flussnetzwerk N_{hor} für horizontale Kanten

1. Für jedes R_i zwei Knoten u_i, v_i
2. Knoten s und t
3. Kante $e_i = (u_i, v_i)$ mit $l(e_i) = w_i$, $u(e_i) = \infty$, $cost(e_i) = 1$
4. Kante $e = (u_i, v_j)$ zwischen je zwei Knoten u_i und v_j getrennt durch horz. Kante (aufwärts).
 $l(e) = 0$, $u(e) = \infty$ und $cost(e) = 0$

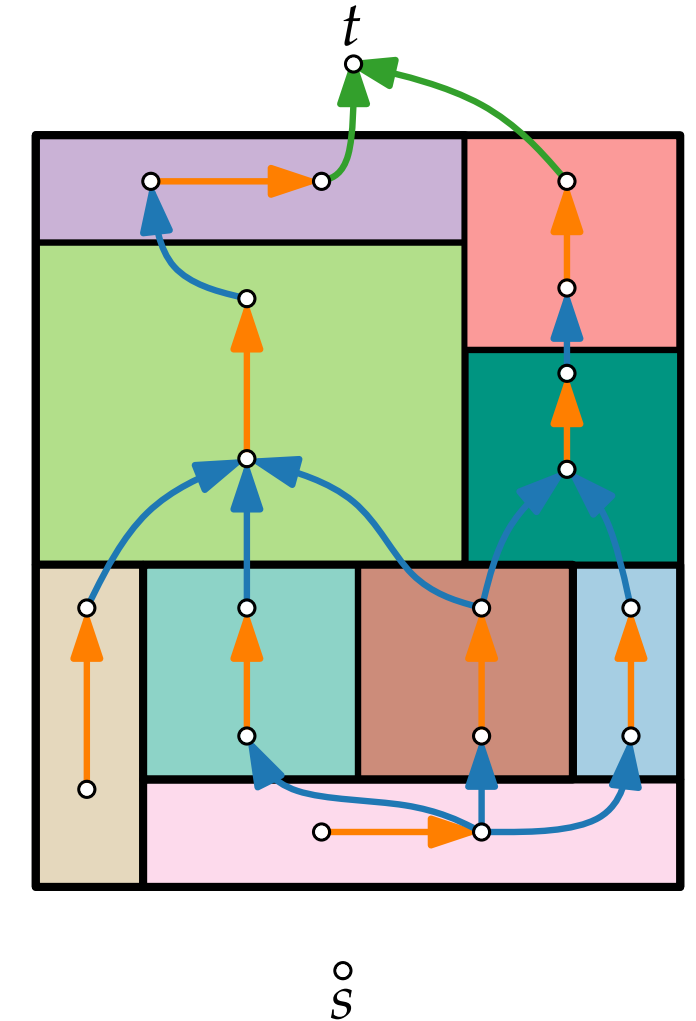


Lösung



Idee. Flussnetzwerk N_{hor} für horizontale Kanten

1. Für jedes R_i zwei Knoten u_i, v_i
2. Knoten s und t
3. Kante $e_i = (u_i, v_i)$ mit $l(e_i) = w_i$, $u(e_i) = \infty$, $cost(e_i) = 1$
4. Kante $e = (u_i, v_j)$ zwischen je zwei Knoten u_i und v_j getrennt durch horz. Kante (aufwärts).
 $l(e) = 0$, $u(e) = \infty$ und $cost(e) = 0$
5. Kanten $e = (u_i, t)$ zwischen Knoten der obersten Reihe und t .
 $l(e) = \dots$, $u(e) = \dots$ und $cost(e) = \dots$

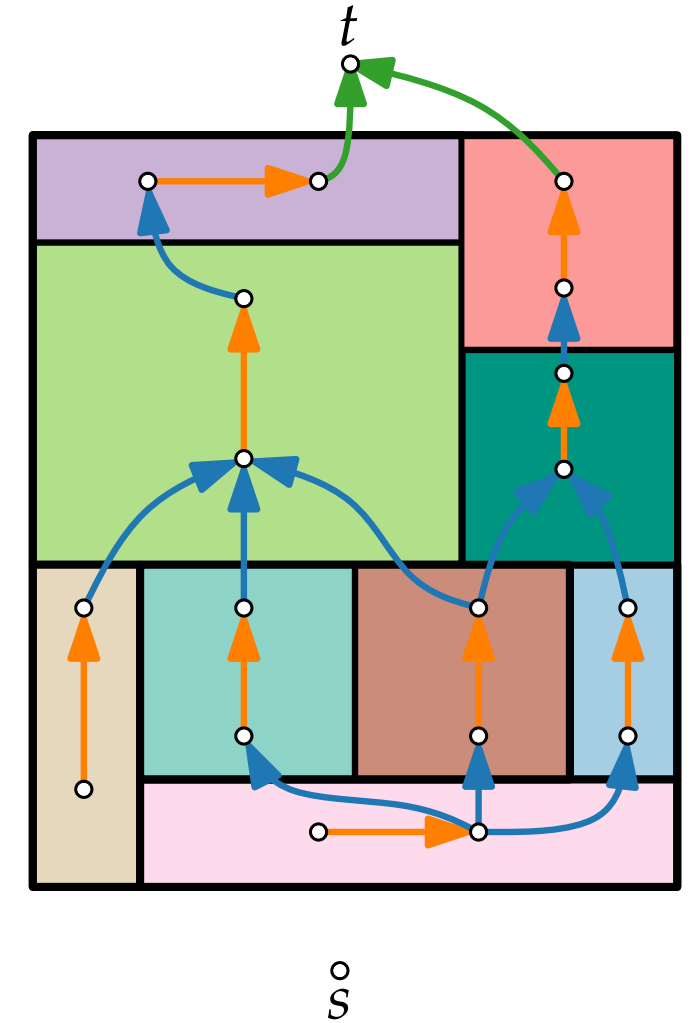


Lösung



Idee. Flussnetzwerk N_{hor} für horizontale Kanten

1. Für jedes R_i zwei Knoten u_i, v_i
2. Knoten s und t
3. Kante $e_i = (u_i, v_i)$ mit $l(e_i) = w_i$, $u(e_i) = \infty$, $cost(e_i) = 1$
4. Kante $e = (u_i, v_j)$ zwischen je zwei Knoten u_i und v_j getrennt durch horz. Kante (aufwärts).
 $l(e) = 0$, $u(e) = \infty$ und $cost(e) = 0$
5. Kanten $e = (u_i, t)$ zwischen Knoten der obersten Reihe und t .
 $l(e) = 0$, $u(e) = \infty$ und $cost(e) = 0$

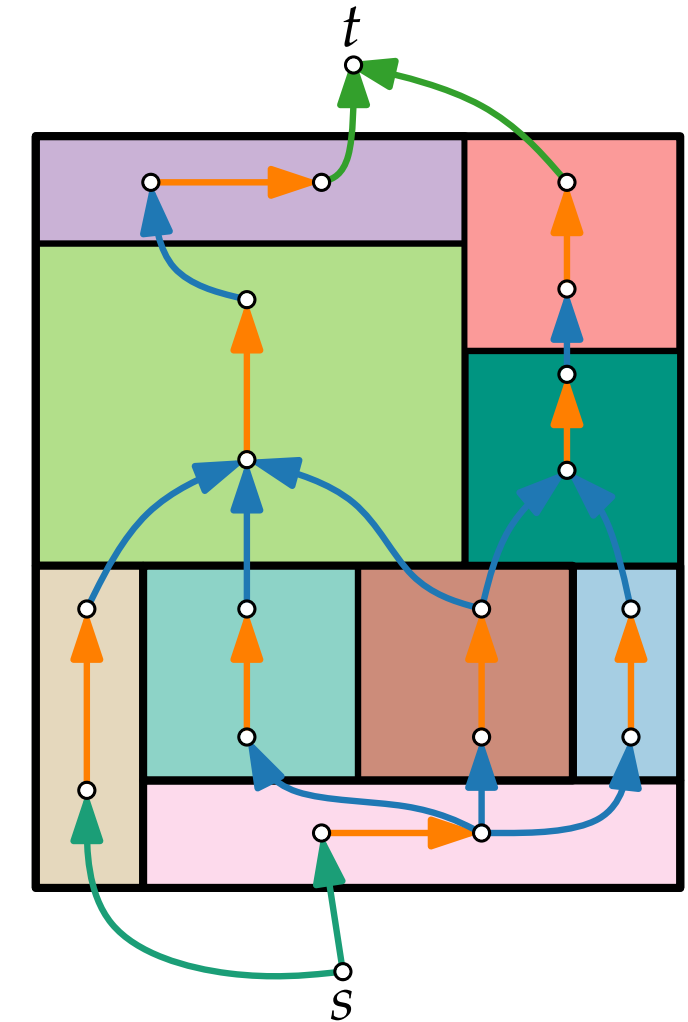


Lösung



Idee. Flussnetzwerk N_{hor} für horizontale Kanten

1. Für jedes R_i zwei Knoten u_i, v_i
2. Knoten s und t
3. Kante $e_i = (u_i, v_i)$ mit $l(e_i) = w_i$, $u(e_i) = \infty$, $cost(e_i) = 1$
4. Kante $e = (u_i, v_j)$ zwischen je zwei Knoten u_i und v_j getrennt durch horz. Kante (aufwärts).
 $l(e) = 0$, $u(e) = \infty$ und $cost(e) = 0$
5. Kanten $e = (u_i, t)$ zwischen Knoten der obersten Reihe und t .
 $l(e) = 0$, $u(e) = \infty$ und $cost(e) = 0$
6. Kanten $e = (s, v_j)$ zwischen s und Knoten der untersten Reihe
 $l(e) = 0$, $u(e) = \infty$, $cost(e) = 0$

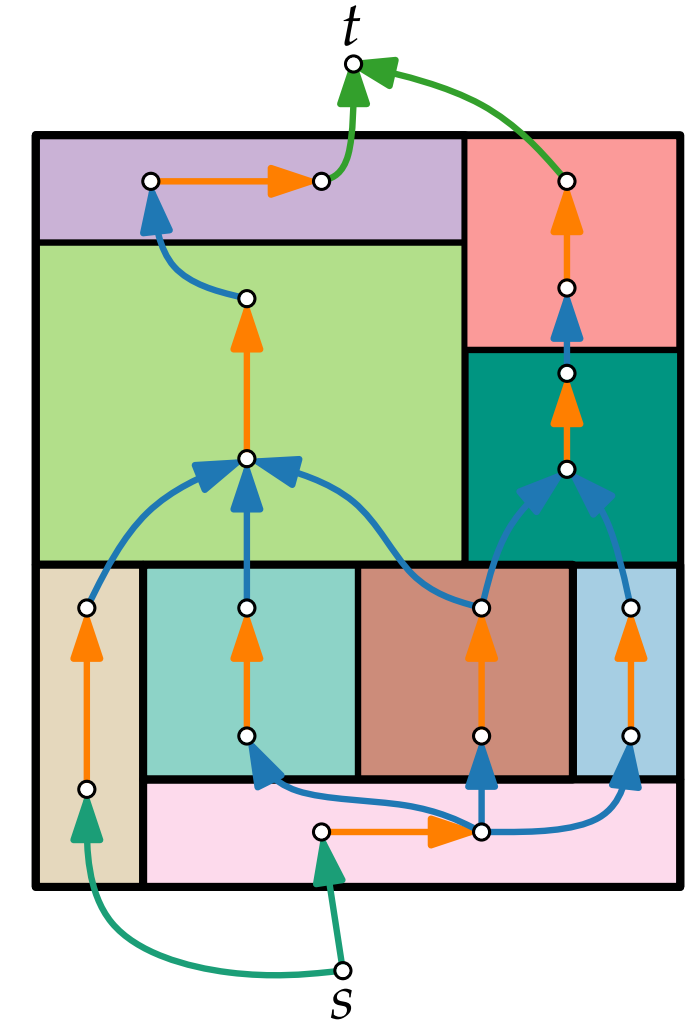


Lösung



Idee. Flussnetzwerk N_{hor} für horizontale Kanten

1. Für jedes R_i zwei Knoten u_i, v_i
2. Knoten s und t
3. Kante $e_i = (u_i, v_i)$ mit $l(e_i) = w_i$, $u(e_i) = \infty$, $cost(e_i) = 1$
4. Kante $e = (u_i, v_j)$ zwischen je zwei Knoten u_i und v_j getrennt durch horz. Kante (aufwärts).
 $l(e) = 0$, $u(e) = \infty$ und $cost(e) = 0$
5. Kanten $e = (u_i, t)$ zwischen Knoten der obersten Reihe und t .
 $l(e) = 0$, $u(e) = \infty$ und $cost(e) = 0$
6. Kanten $e = (s, v_j)$ zwischen s und Knoten der untersten Reihe
 $l(e) = 0$, $u(e) = \infty$, $cost(e) = 0$
7. $b(s) = \text{gewünschte Breite}$

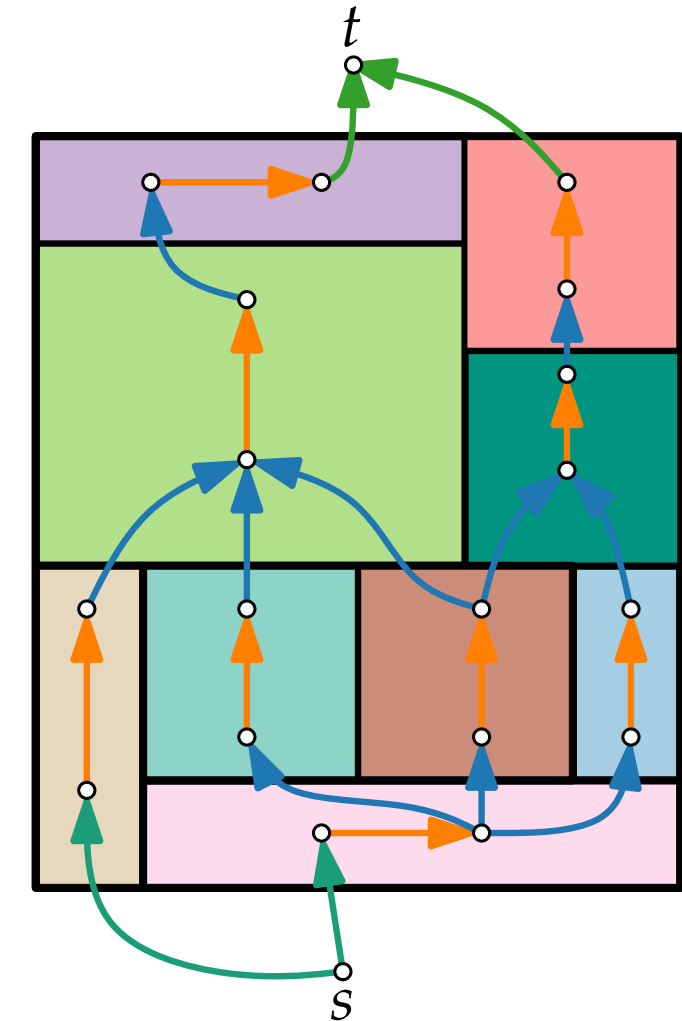


Lösung



Idee. Flussnetzwerk N_{hor} für horizontale Kanten

1. Für jedes R_i zwei Knoten u_i, v_i
2. Knoten s und t
3. Kante $e_i = (u_i, v_i)$ mit $l(e_i) = w_i$, $u(e_i) = \infty$, $cost(e_i) = 1$
4. Kante $e = (u_i, v_j)$ zwischen je zwei Knoten u_i und v_j getrennt durch horz. Kante (aufwärts).
 $l(e) = 0$, $u(e) = \infty$ und $cost(e) = 0$
5. Kanten $e = (u_i, t)$ zwischen Knoten der obersten Reihe und t .
 $l(e) = 0$, $u(e) = \infty$ und $cost(e) = 0$
6. Kanten $e = (s, v_j)$ zwischen s und Knoten der untersten Reihe
 $l(e) = 0$, $u(e) = \infty$, $cost(e) = 0$
7. $b(s) = \text{gewünschte Breite}$ $b(t) = -b(s)$

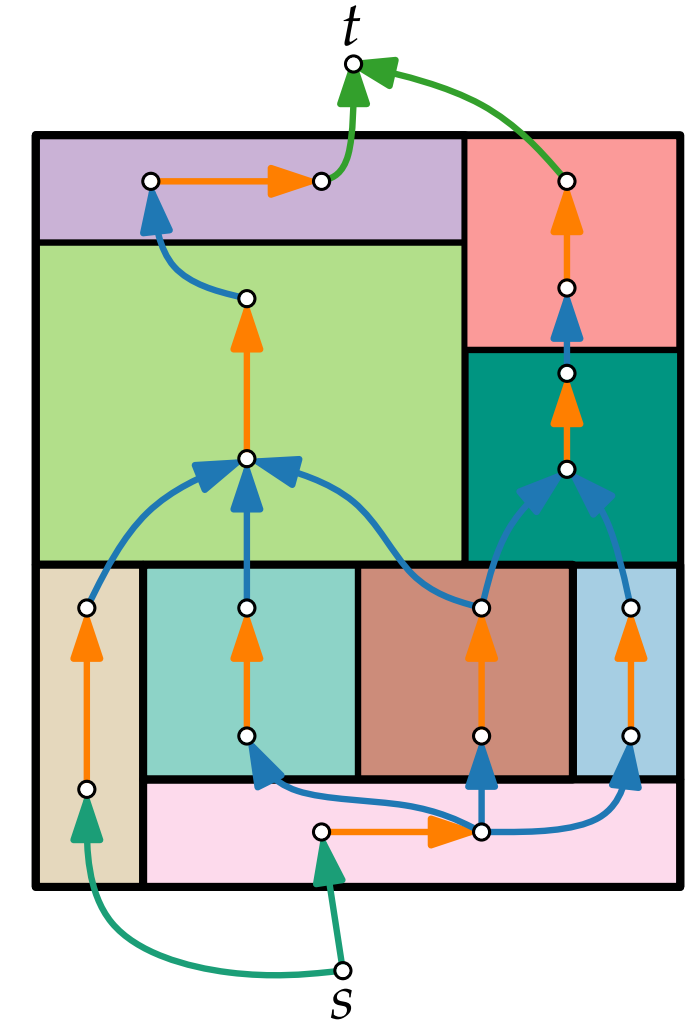


Lösung



Idee. Flussnetzwerk N_{hor} für horizontale Kanten

1. Für jedes R_i zwei Knoten u_i, v_i
2. Knoten s und t
3. Kante $e_i = (u_i, v_i)$ mit $l(e_i) = w_i$, $u(e_i) = \infty$, $cost(e_i) = 1$
4. Kante $e = (u_i, v_j)$ zwischen je zwei Knoten u_i und v_j getrennt durch horz. Kante (aufwärts).
 $l(e) = 0$, $u(e) = \infty$ und $cost(e) = 0$
5. Kanten $e = (u_i, t)$ zwischen Knoten der obersten Reihe und t .
 $l(e) = 0$, $u(e) = \infty$ und $cost(e) = 0$
6. Kanten $e = (s, v_j)$ zwischen s und Knoten der untersten Reihe
 $l(e) = 0$, $u(e) = \infty$, $cost(e) = 0$
7. $b(s) = \text{gewünschte Breite}$ $b(t) = -b(s)$
 $b(v) = 0$ für restl. Knoten v

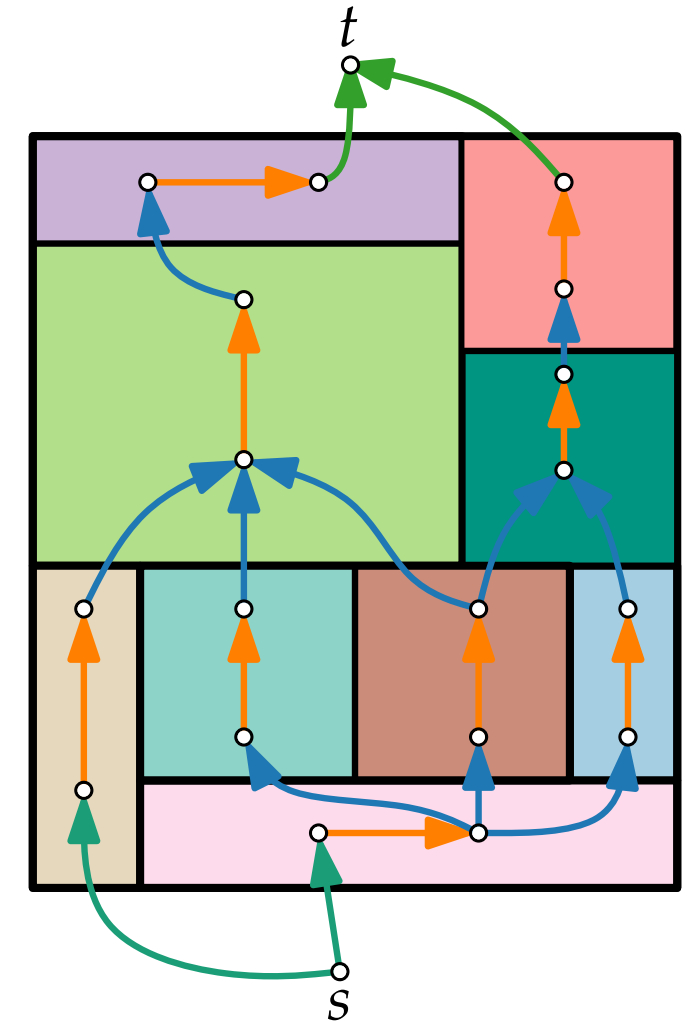


Lösung

analog: Flussnetzwerk N_{ver} für vertikale Kanten.

Idee. Flussnetzwerk N_{hor} für horizontale Kanten

1. Für jedes R_i zwei Knoten u_i, v_i
2. Knoten s und t
3. Kante $e_i = (u_i, v_i)$ mit $l(e_i) = w_i$, $u(e_i) = \infty$, $cost(e_i) = 1$
4. Kante $e = (u_i, v_j)$ zwischen je zwei Knoten u_i und v_j getrennt durch horz. Kante (aufwärts).
 $l(e) = 0$, $u(e) = \infty$ und $cost(e) = 0$
5. Kanten $e = (u_i, t)$ zwischen Knoten der obersten Reihe und t .
 $l(e) = 0$, $u(e) = \infty$ und $cost(e) = 0$
6. Kanten $e = (s, v_j)$ zwischen s und Knoten der untersten Reihe
 $l(e) = 0$, $u(e) = \infty$, $cost(e) = 0$
7. $b(s) = \text{gewünschte Breite}$ $b(t) = -b(s)$
 $b(v) = 0$ für restl. Knoten v

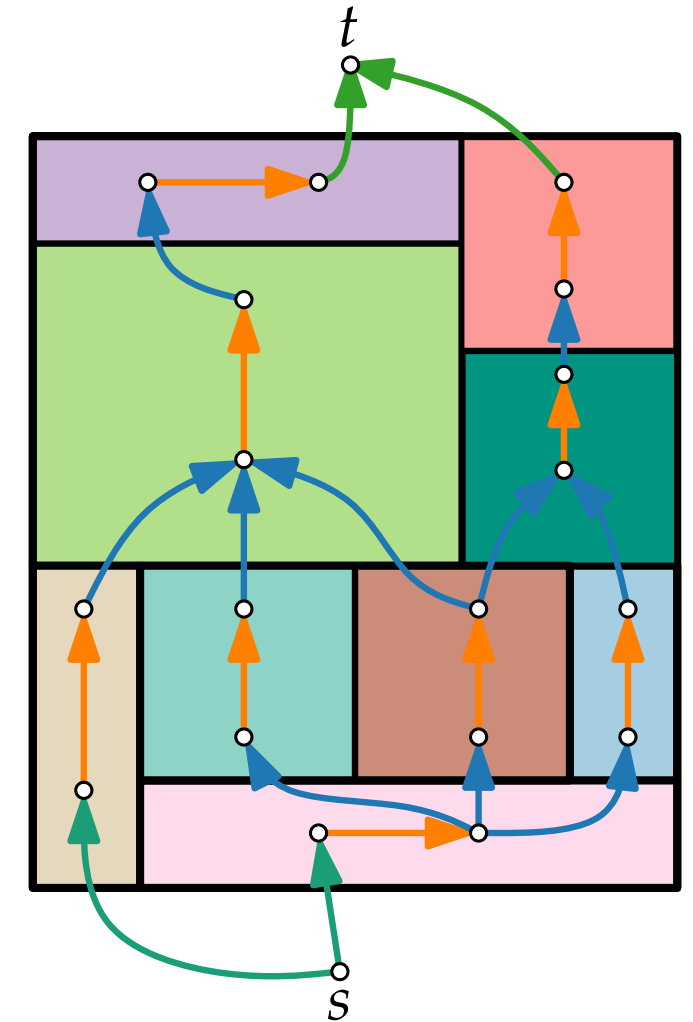


Lösung

analog: Flussnetzwerk N_{ver} für vertikale Kanten.

Idee. Flussnetzwerk N_{hor} für horizontale Kanten

1. Für jedes R_i zwei Knoten u_i, v_i
2. Knoten s und t
3. Kante $e_i = (u_i, v_i)$ mit $l(e_i) = w_i$, $u(e_i) = \infty$, $cost(e_i) = 1$
4. Kante $e = (u_i, v_j)$ zwischen je zwei Knoten u_i und v_j getrennt durch horz. Kante (aufwärts).
 $l(e) = 0$, $u(e) = \infty$ und $cost(e) = 0$
5. Kanten $e = (u_i, t)$ zwischen Knoten der obersten Reihe und t .
 $l(e) = 0$, $u(e) = \infty$ und $cost(e) = 0$
6. Kanten $e = (s, v_j)$ zwischen s und Knoten der untersten Reihe
 $l(e) = 0$, $u(e) = \infty$, $cost(e) = 0$
7. $b(s) = \text{gewünschte Breite}$ $b(t) = -b(s)$
 $b(v) = 0$ für restl. Knoten v



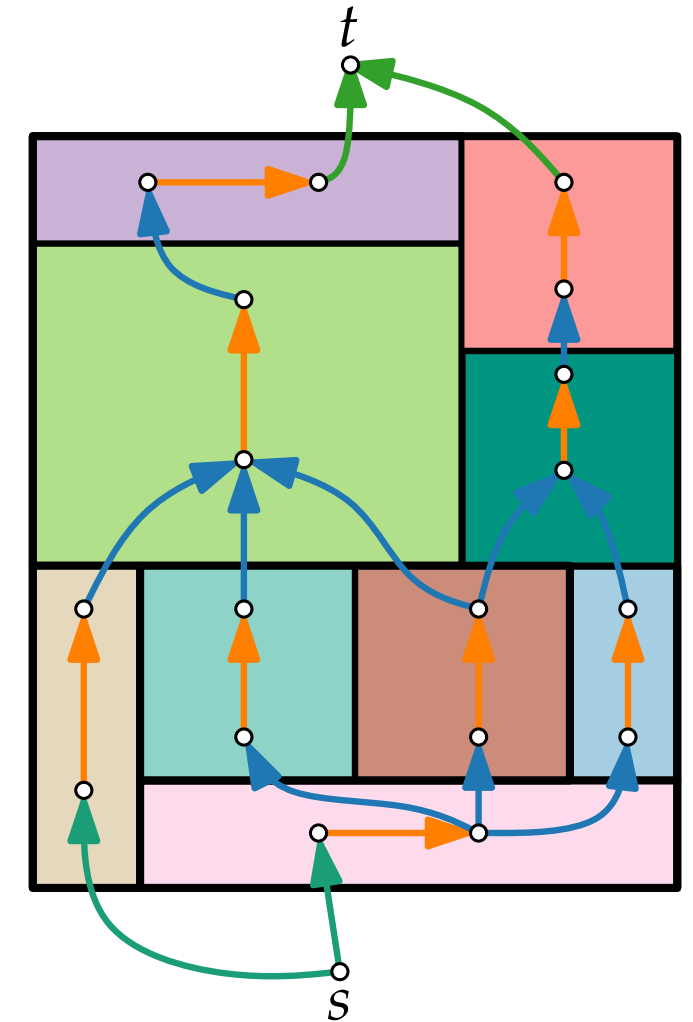
Frage. Kann ähnliches Netzwerk auch für Flächen konstruiert werden?

Lösung

analog: Flussnetzwerk N_{ver} für vertikale Kanten.

Idee. Flussnetzwerk N_{hor} für horizontale Kanten

1. Für jedes R_i zwei Knoten u_i, v_i
2. Knoten s und t
3. Kante $e_i = (u_i, v_i)$ mit $l(e_i) = w_i$, $u(e_i) = \infty$, $cost(e_i) = 1$
4. Kante $e = (u_i, v_j)$ zwischen je zwei Knoten u_i und v_j getrennt durch horz. Kante (aufwärts).
 $l(e) = 0$, $u(e) = \infty$ und $cost(e) = 0$
5. Kanten $e = (u_i, t)$ zwischen Knoten der obersten Reihe und t .
 $l(e) = 0$, $u(e) = \infty$ und $cost(e) = 0$
6. Kanten $e = (s, v_j)$ zwischen s und Knoten der untersten Reihe
 $l(e) = 0$, $u(e) = \infty$, $cost(e) = 0$
7. $b(s) = \text{gewünschte Breite}$ $b(t) = -b(s)$
 $b(v) = 0$ für restl. Knoten v



Frage. Kann ähnliches Netzwerk auch für Flächen konstruiert werden?

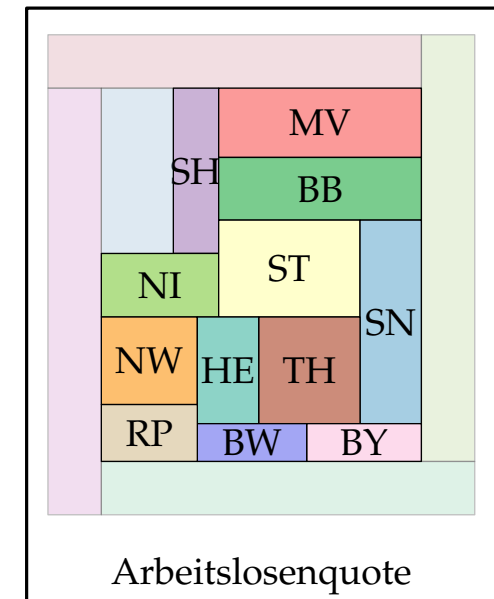
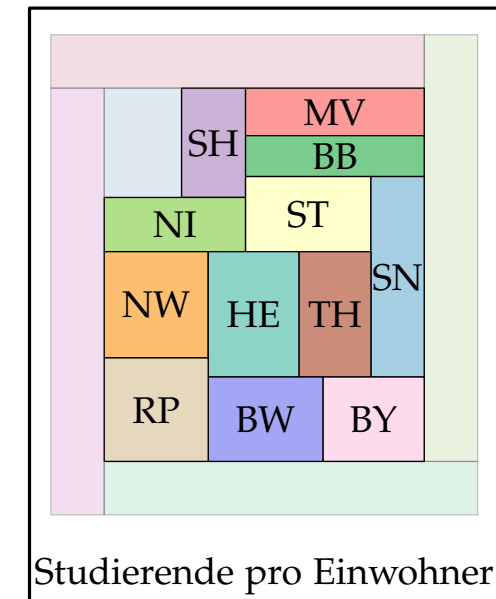
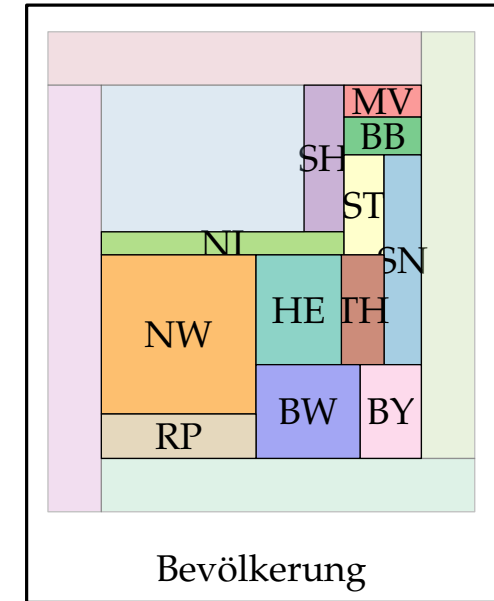
Nein, denn eine reine Flächenzuweisung zu Rechtecken bestimmt die Form der Rechtecke nicht.

Zusammenfassg. Rechteckskartogramme



Diskussion.

- Wiedererkennbarkeit der Form
- Vergleichbarkeit
- Lage der Regionen
- korrekte Adjazenzen
- kleiner Flächenfehler
- geringe Komplexität
- Ablesen der Fläche

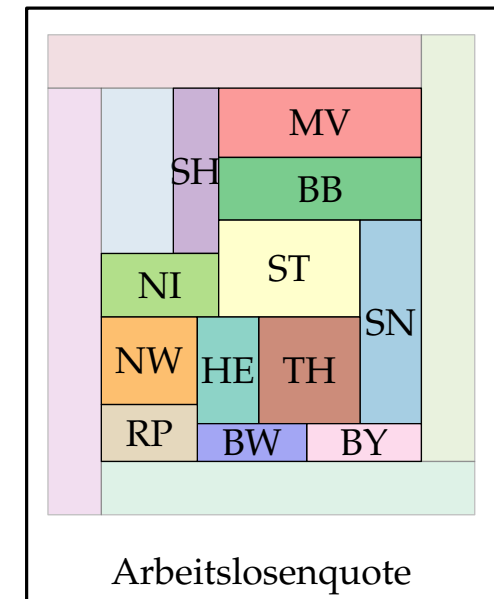
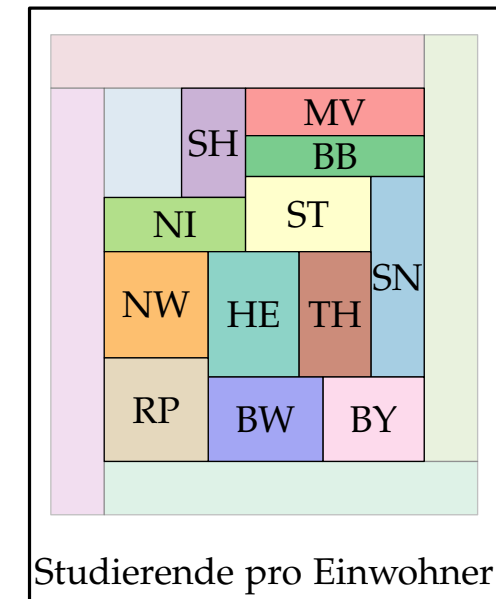
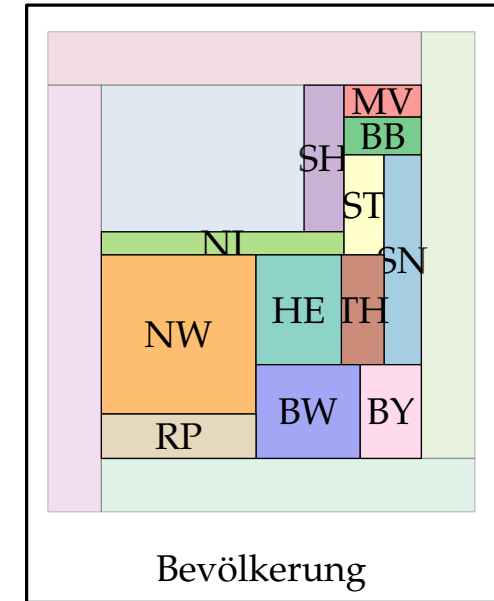


Zusammenfassg. Rechteckskartogramme



Diskussion.

- Wiedererkennbarkeit der Form ⊖
- Vergleichbarkeit
- Lage der Regionen
- korrekte Adjazenzen
- kleiner Flächenfehler
- geringe Komplexität
- Ablesen der Fläche

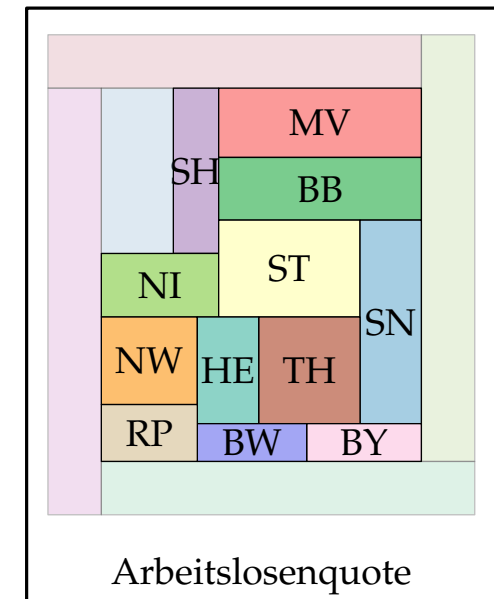
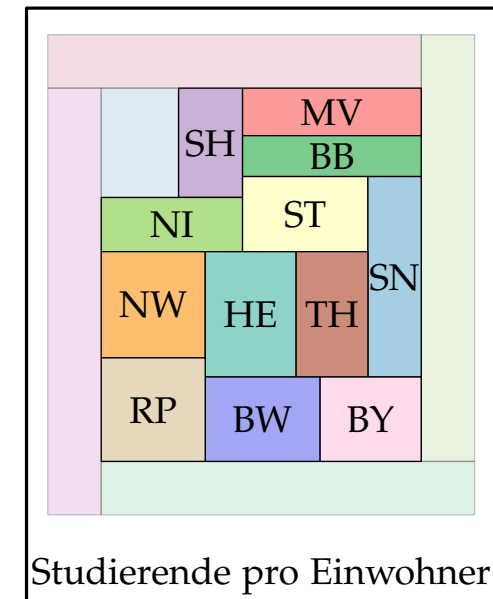
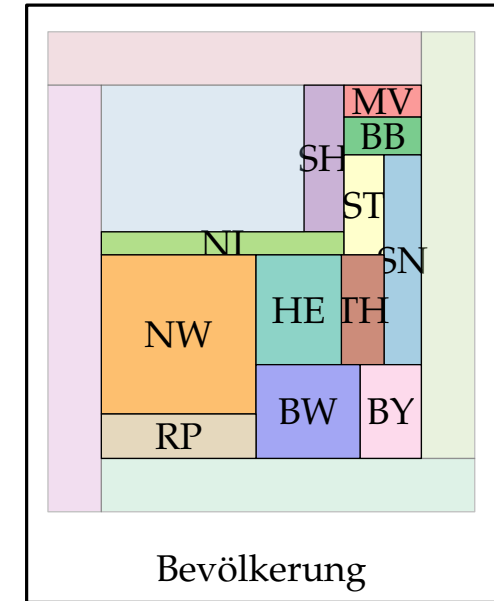




Zusammenfassg. Rechteckskartogramme

Diskussion.

- Wiedererkennbarkeit der Form
- Vergleichbarkeit
- Lage der Regionen
- korrekte Adjazenzen
- kleiner Flächenfehler
- geringe Komplexität
- Ablesen der Fläche

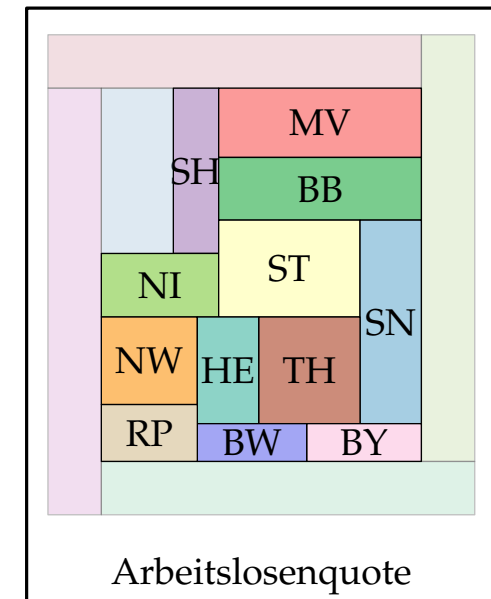
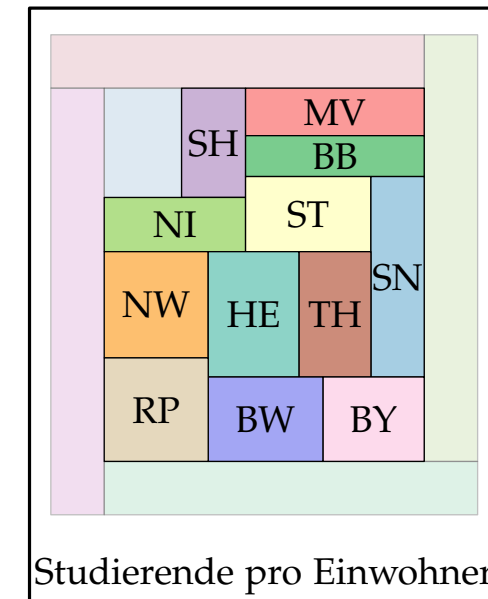
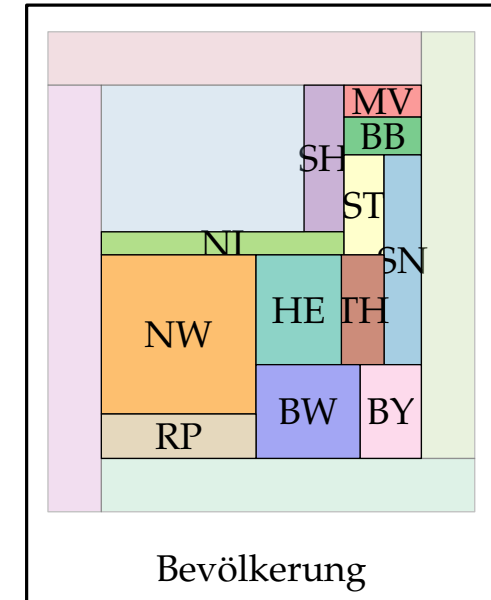


Zusammenfassg. Rechteckskartogramme



Diskussion.

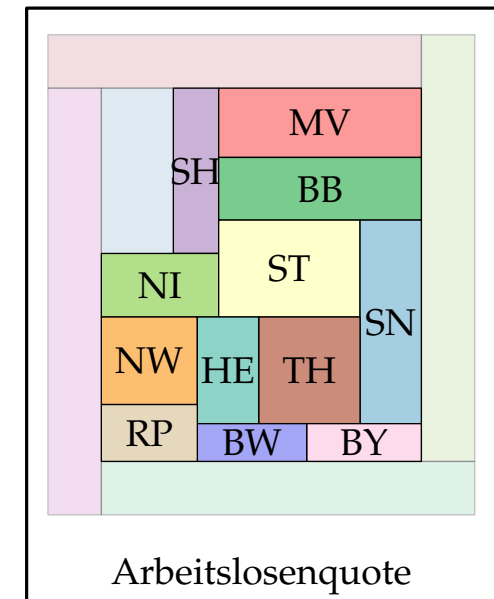
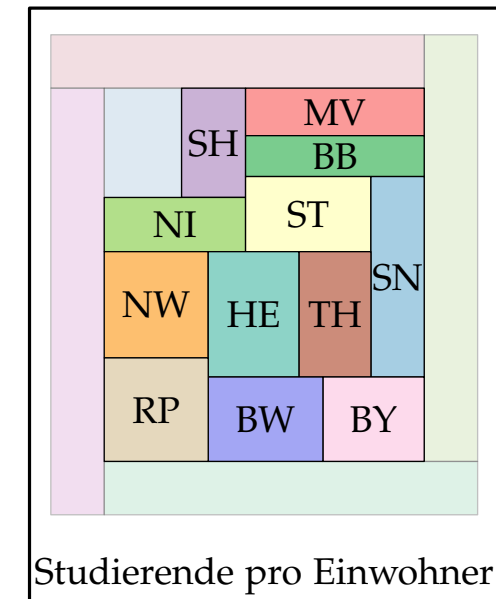
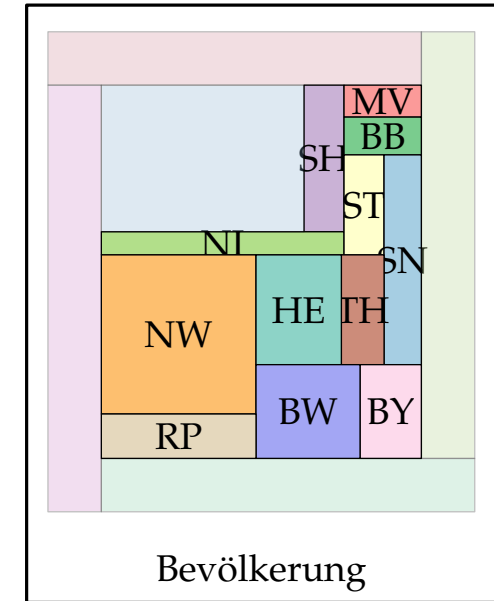
- Wiedererkennbarkeit der Form
- Vergleichbarkeit
- Lage der Regionen
- korrekte Adjazenzen
- kleiner Flächenfehler
- geringe Komplexität
- Ablesen der Fläche



Zusammenfassg. Rechteckskartogramme

Diskussion.

- Wiedererkennbarkeit der Form
- Vergleichbarkeit
- Lage der Regionen
- korrekte Adjazenzen
- kleiner Flächenfehler
- geringe Komplexität
- Ablesen der Fläche

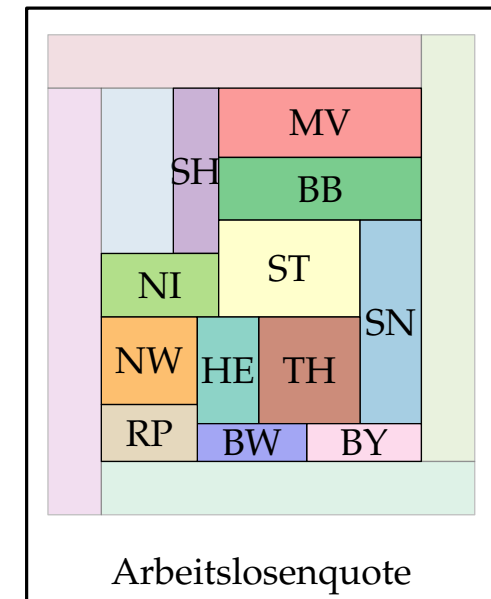
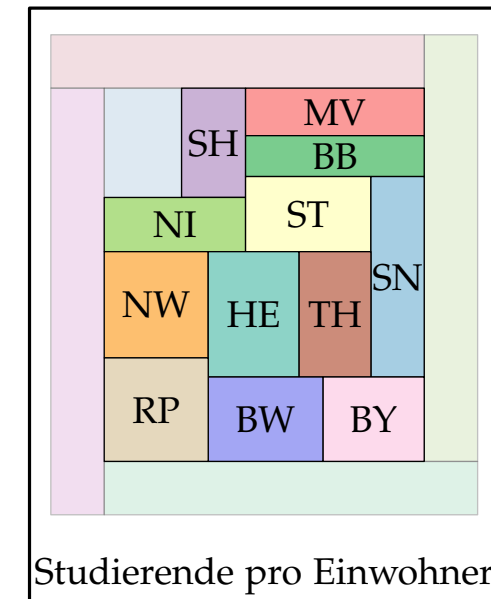
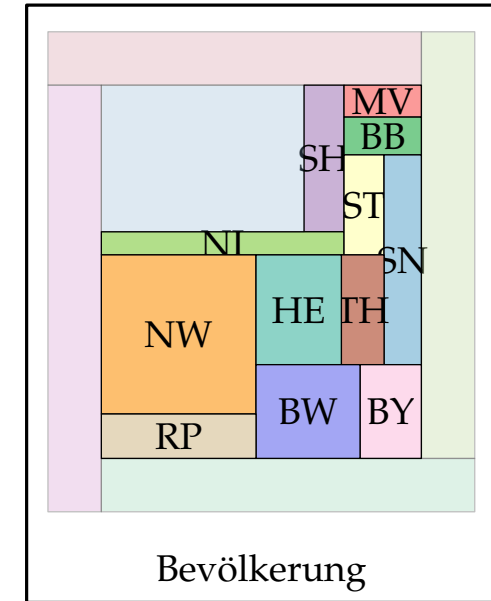


Zusammenfassg. Rechteckskartogramme



Diskussion.

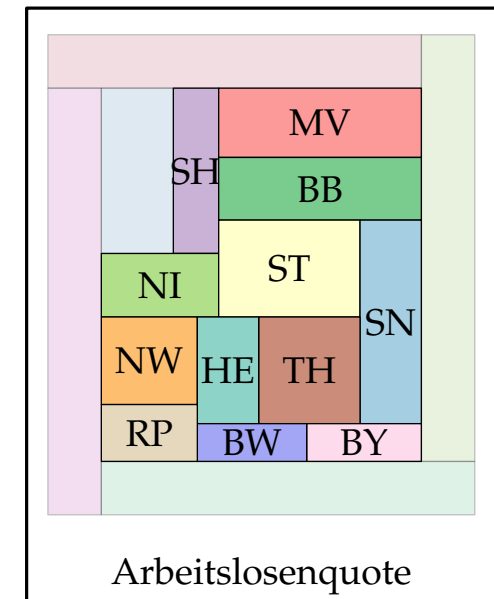
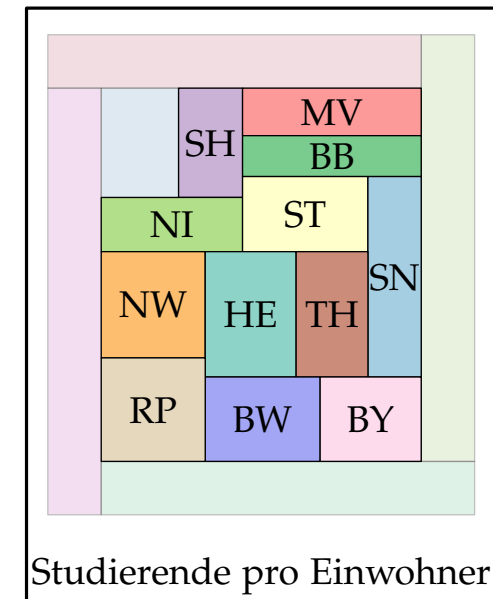
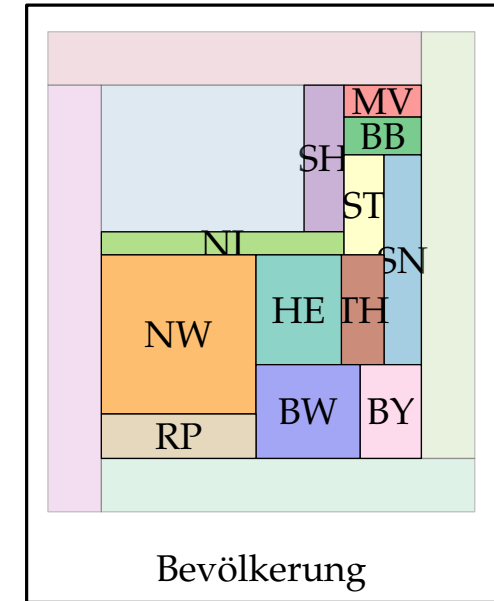
- Wiedererkennbarkeit der Form
- Vergleichbarkeit
- Lage der Regionen
- korrekte Adjazenzen
- kleiner Flächenfehler
- geringe Komplexität
- Ablesen der Fläche



Zusammenfassg. Rechteckskartogramme

Diskussion.

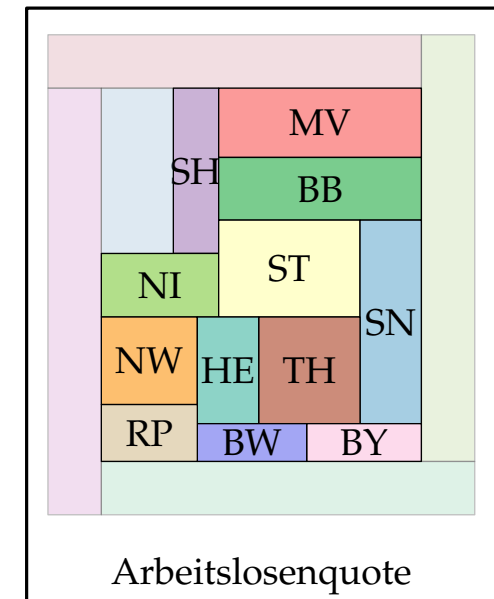
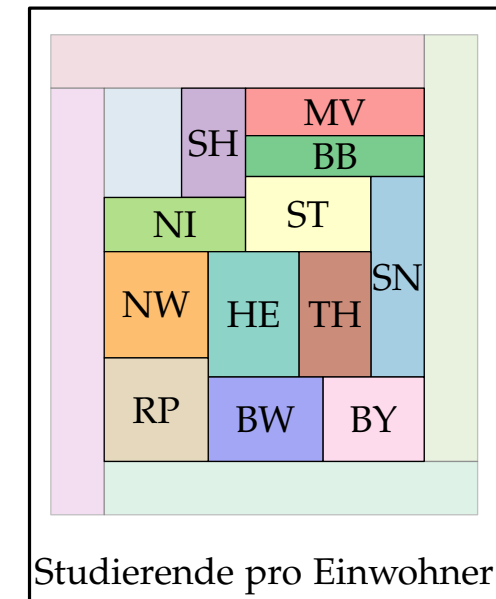
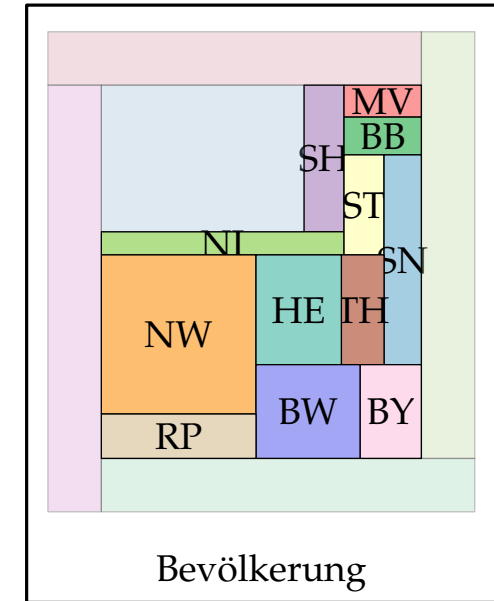
- Wiedererkennbarkeit der Form
- Vergleichbarkeit
- Lage der Regionen
- korrekte Adjazenzen
- kleiner Flächenfehler
- geringe Komplexität
- Ablesen der Fläche



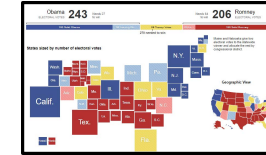
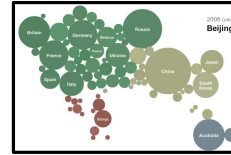
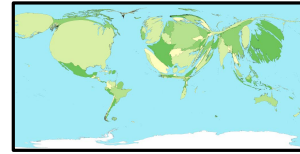
Zusammenfassg. Rechteckskartogramme

Diskussion.

- Wiedererkennbarkeit der Form
- Vergleichbarkeit
- Lage der Regionen
- korrekte Adjazenzen
- kleiner Flächenfehler
- geringe Komplexität
- Ablesen der Fläche

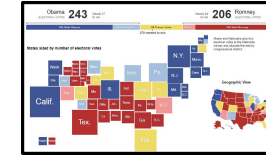
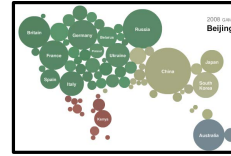
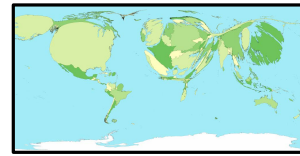


Zusammenfassung Kartogramme



- Wiedererkennbarkeit
- Vergleichbarkeit
- Lage der Regionen
- korrekte Adjazenzen
- kleiner Flächenfehler
- geringe Komplexität
- Ablesen der Fläche

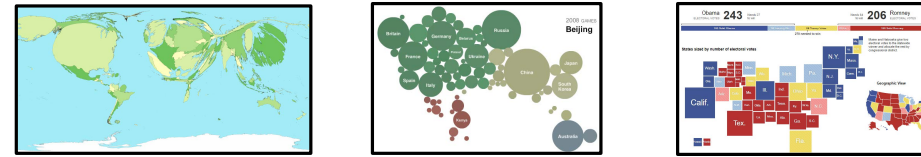
Zusammenfassung Kartogramme



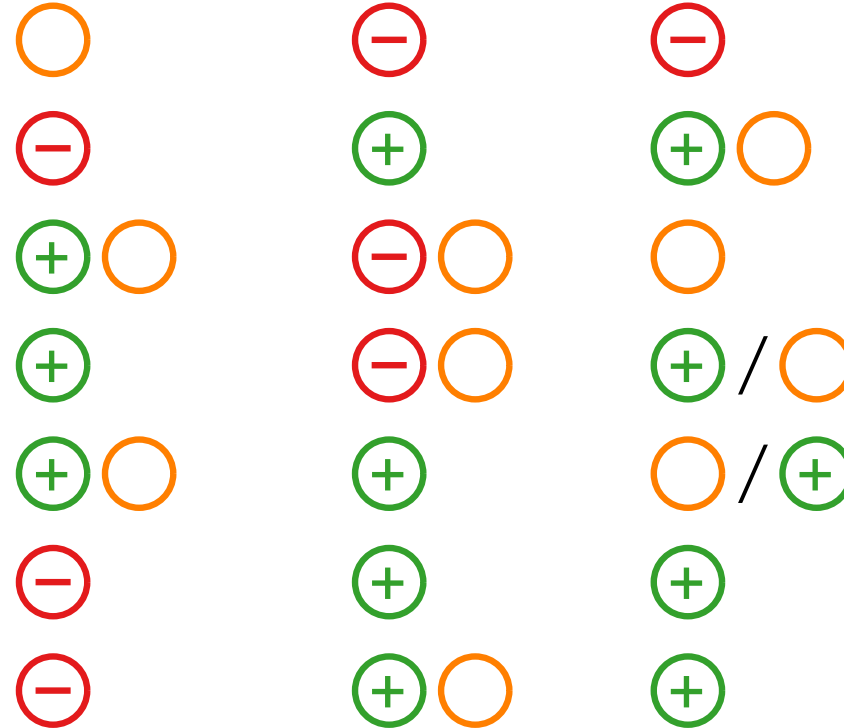
- Wiedererkennbarkeit
- Vergleichbarkeit
- Lage der Regionen
- korrekte Adjazenzen
- kleiner Flächenfehler
- geringe Komplexität
- Ablesen der Fläche



Zusammenfassung Kartogramme



- Wiedererkennbarkeit
- Vergleichbarkeit
- Lage der Regionen
- korrekte Adjazenzen
- kleiner Flächenfehler
- geringe Komplexität
- Ablesen der Fläche



Kein Kartogrammtyp ist perfekt, alle haben ihre Vor- und Nachteile. Auswahl sollte je nach Anwendungszweck erfolgen.

Was noch?



Type	Statistics	Contiguity	Geography	Topology	Example
Rubber map method [Tob73]	Not accurate	Contiguous	Distorted	Topology-preserving	
Pseudo-cartogram method [Tob86]	Not accurate	Contiguous	Distorted	Topology-preserving	
Constraint based approach [Koc97]	Not accurate	Contiguous	Distorted	Topology-preserving	
Cartodraw [KNP04]	Not accurate	Contiguous	Distorted	Topology-preserving	
Medial-axis-based cartograms [KPN05]	Not Accurate	Contiguous	Distorted	Topology-preserving	
Cellular automata method [Dor96]	Accurate	Contiguous	Distorted	Topology-preserving	
Dorling cartograms [Dor96]	Accurate	Not contiguous	Shape not preserved (circles)	Topology not preserved	
Rectangular cartograms [BSV12]	Depends on the variant	Contiguous	Shape not preserved (rectangles)	Depends on the variant	

Type	Statistics	Contiguity	Geography	Topology	Example
Diffusion-based cartograms [GN04]	Almost accurate	Contiguous	Distorted	Topology-preserving	
Circular-arc cartograms [KKN13]	Not Accurate	Contiguous	Shape mostly preserved	Topology-preserving	
Optimal rubber sheet method [Sun13b]	Almost accurate	Contiguous	Distorted	Topology-preserving	
Fast, free-form rubber-sheet method [Sun13a]	Almost accurate	Contiguous	Distorted	Topology-preserving	
T-shape cartograms [ABF*13]	Accurate	Contiguous	Shape not preserved	Topology-preserving	
Non-contiguous cartograms [Ols76]	Accurate	Not contiguous	Shape preserved	Topology not preserved	
Demers cartograms [BDC02] (figure from [NYT12])	Accurate	Not contiguous	Shape not preserved (squares)	Topology not preserved	
Mosaic cartograms [CBC*15]	Not accurate	Contiguous	Shape mostly preserved	Topology-preserving	
Table cartograms [EFK*13]	Accurate	Contiguous	Shape not preserved	Topology not preserved	

The State of the Art in Cartograms [Nusrat & Kobourov 2016]