Katja Gutmair, Stella Akouete, Noah Hurmer und Anne Gritto

Weather Frog

- Zwischenpräsentation am 21.12.2020
- Institut: Statistik
- Veranstaltung: Statistisches Praktikum
- Projektpartner: Maximilian Weigert und Magdalena Mittermeier
- Betreuer: Helmut Küchenhoff

Gliederung

1. Vorstellen des Projekts
2. Einführung in Clustern
3. Ziele
4. Probleme und Ansätze
5. Konzept der Methodik

Vorstellen des Projekts I

- Übergeordnete Fragestellung:
  - Wie verändert sich das Auftreten verschiedener Großwetterlagen (GWL) unter dem Einfluss des Klimawandels?
- Unsere Fragestellung:
  - Wie lassen sich Tage anhand von ihren Wettermesswerten clustern, um diese GWL-übergreifend in Gruppen einzuteilen?
  - Wie unterscheiden sich die Gruppen voneinander?

Vorstellen des Projekts II

Definition Großwetterlage

- Atmosphärischer Zustand, definiert durch Strömungsanordnungen
- Definiert über ganz Europa
- Dauer: > = 3 Tage
- Kategorisierung nach dem Katalog von Hess & Brezowsky
- 29 GWL nach Hess & Brezowsky

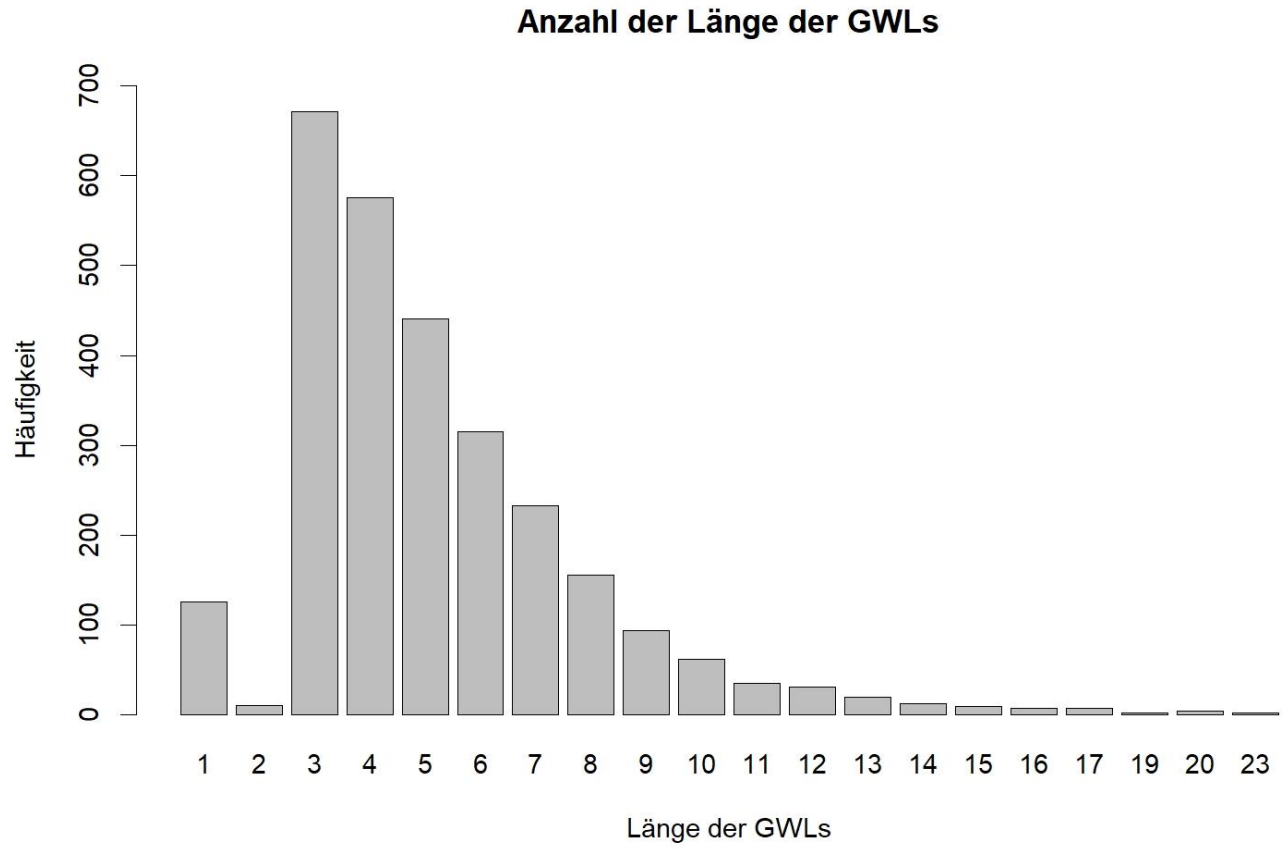
Großwetterlagen Beispiele

1	**Wa**	Westlage, Mitteleuropa überwiegend antizyklonal
2	**Wz**	Westlage, Mitteleuropa überwiegend zyklonal
3	**WS**	Südliche Westlage
4	**WW**	Winkelförmige Westlage
5	**SWa**	Südwestlage, Mitteleuropa überwiegend antizyklonal
6	**SWz**	Südwestlage, Mitteleuropa überwiegend zyklonal
7	**NWa**	Nordwestlage, Mitteleuropa überwiegend antizyklonal
8	**NWz**	Nordwestlage, Mitteleuropa überwiegend zyklonal

...

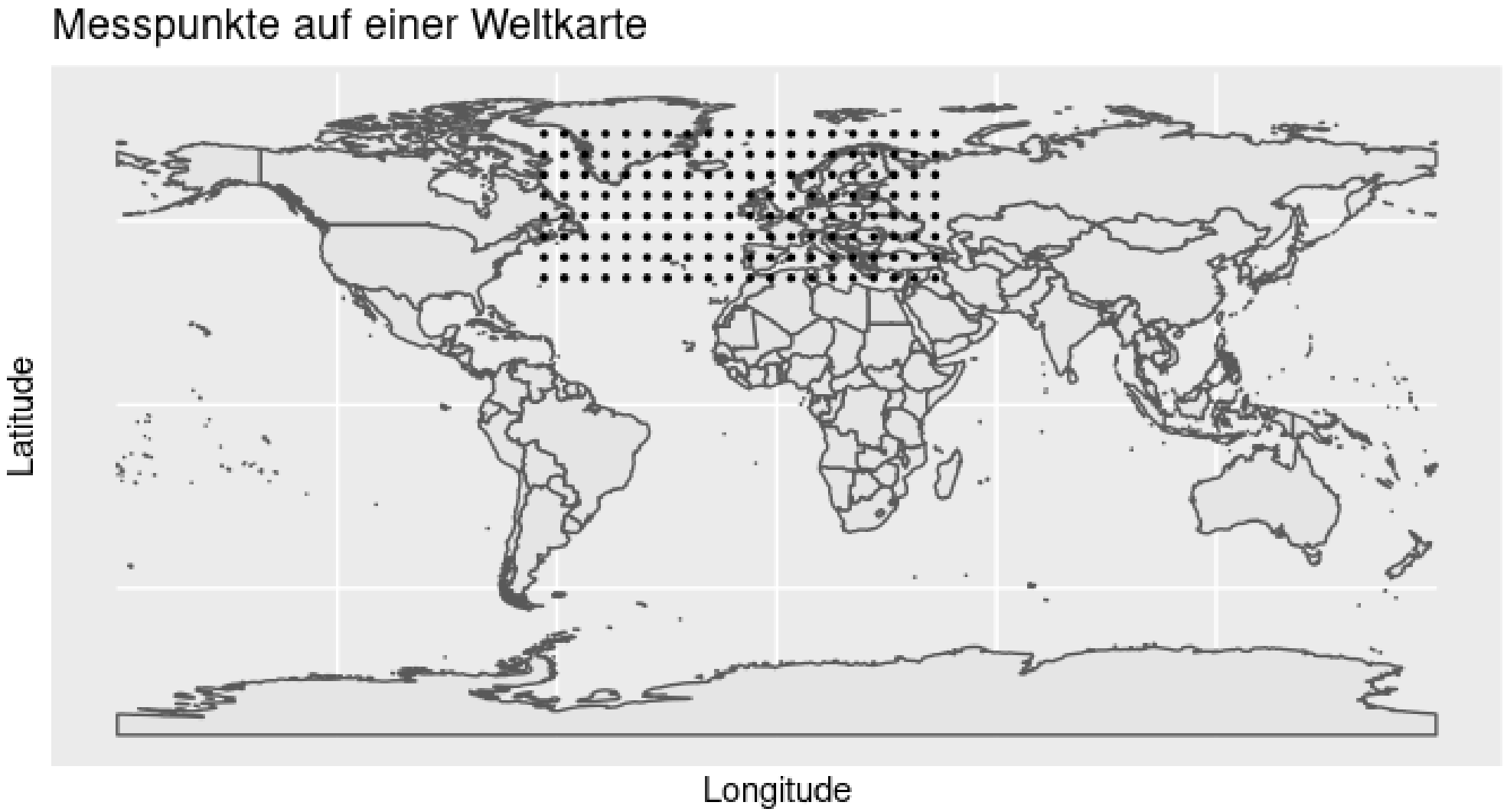
29	**TrW**	Trog Westeuropa
30	**Ü**	Übergangslage / Unbestimmt

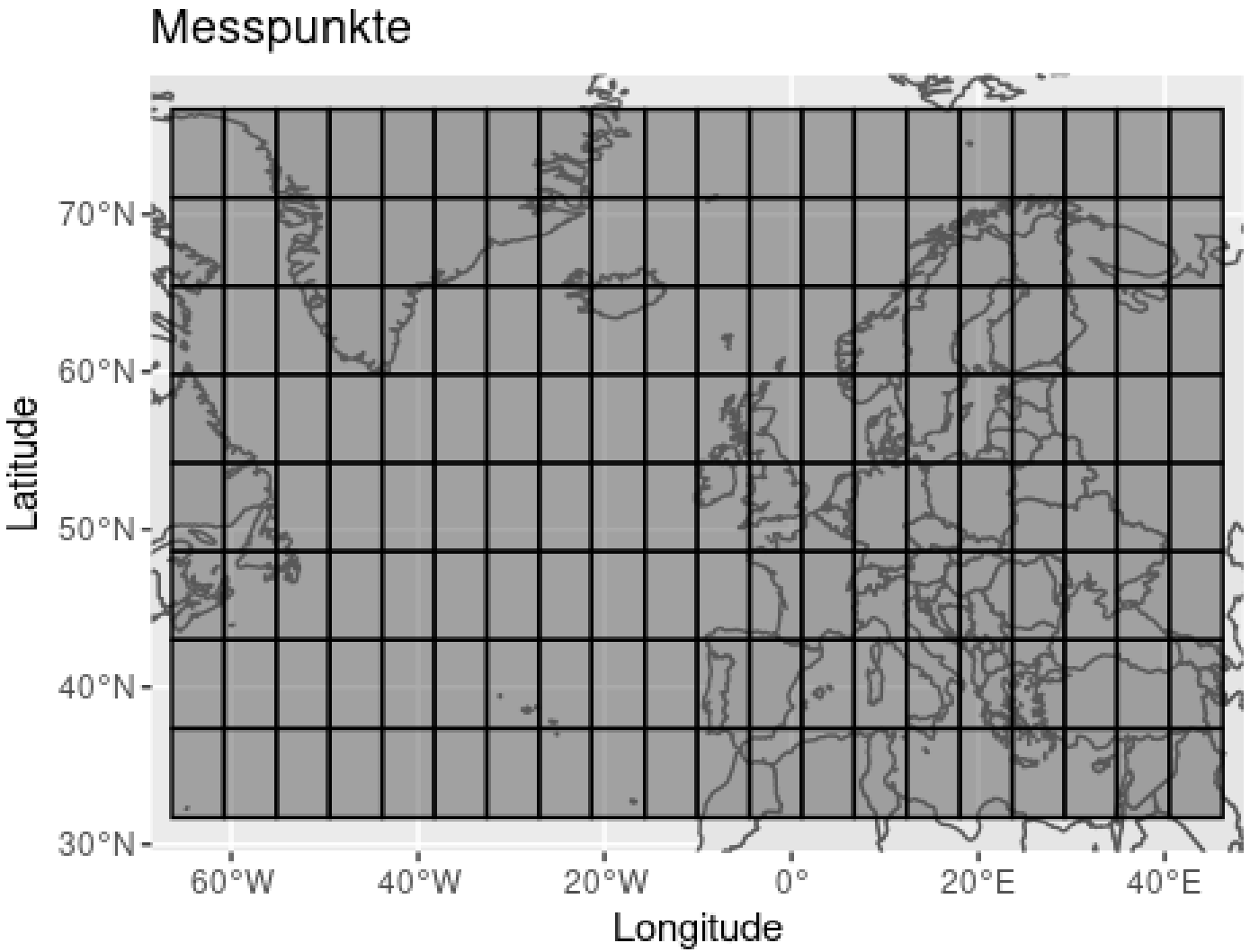
Vorstellen des Projekts II



Vorstellen des Projekts III

- Reanalyse Datensatz
  - Pro Tag Messungen an 160 Standorten zu 4 Zeitpunkten
    - Luftdruck in Pa auf Meeresspiegelhöhe (mslp)
    - Geopotential auf 500 hPa in $\frac{m^2}{s^2}$ (geopot)
  - Für die Jahre 1900 bis 2010
  - Ohne Information zur herrschenden GWL am Tag
  - Standorte im 8x20 Grid über Europa und dem Nordatlantik


Messpunkte auf einer Weltkarte
Latitude
Longitude


Messpunkte
70°N
60°N
50°N
40°N
30°N
Latitude
60°W
40°W
20°W
0°
20°E
40°E
Longitude

Auszug aus dem Reanalyse Datensatz

	time	longitude	latitude	mslp	geopotential
1	1900-01-01 00:00:00	-63.562874	73.85311	100428.99	48268.86
2	1900-01-01 00:00:00	-63.562874	68.23695	100553.77	48770.82
3	1900-01-01 00:00:00	-63.562874	62.62077	99920.18	49171.14
4	1900-01-01 00:00:00	-63.562874	57.00457	100049.80	49487.83
. . .					
640	1900-01-01 18:00:00	43.312801	34.53973	102281.97	55097.32
641	1900-01-02 00:00:00	-63.562874	73.85311	99886.71	47843.04
. . .					
25946239	2010-12-31 18:00:00	43.312801	40.15595	101758.62	54154.39
25946240	2010-12-31 18:00:00	43.312801	34.53973	101400.51	54491.94

Einführung in Clusteranalyse

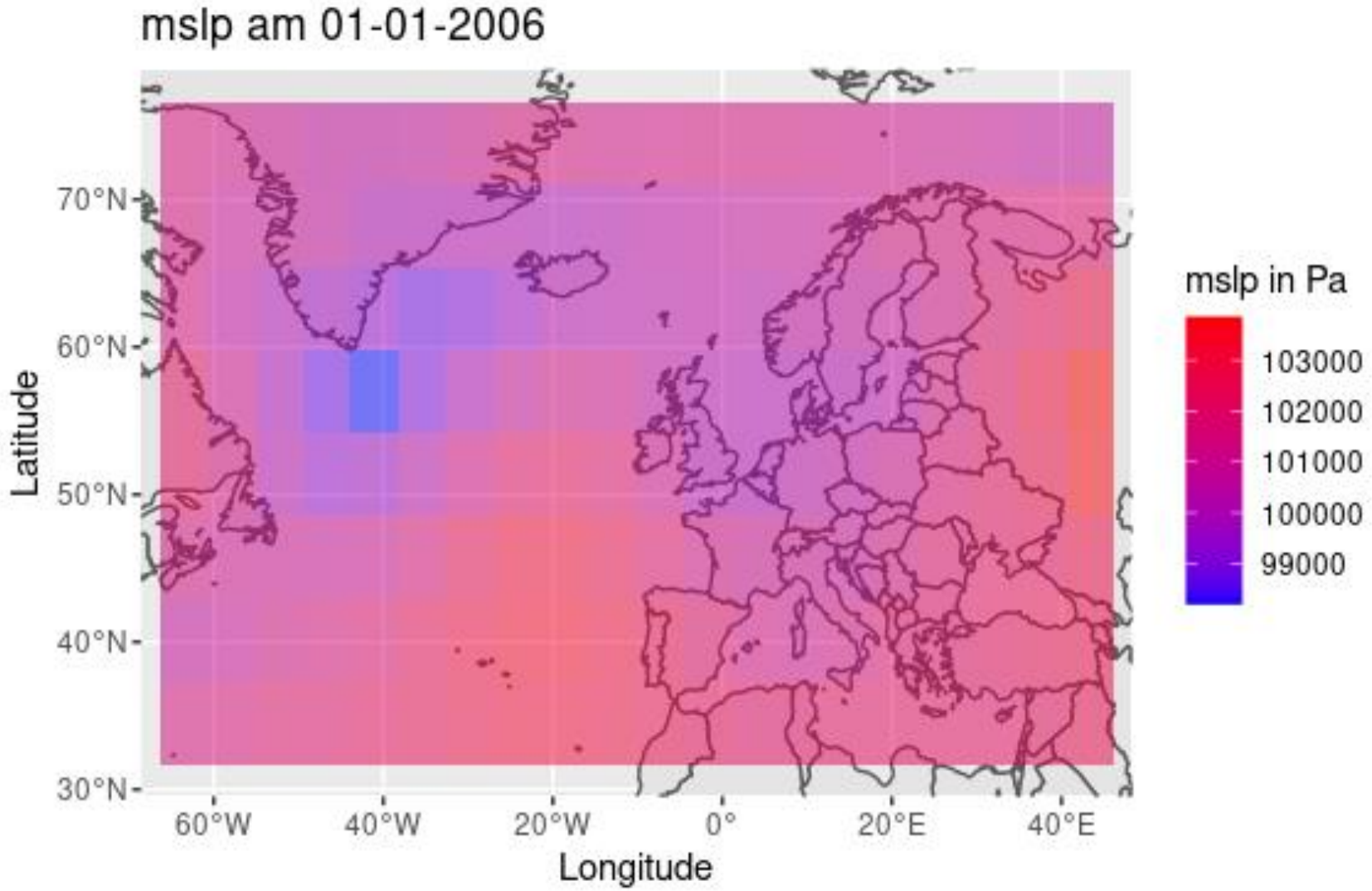
- Grundidee: Bildung von möglichst homogenen Gruppen, Cluster untereinander möglichst heterogen
- Clusteranalyse ist Verfahren des ”unsupervised learning”
- Verschiedene Distanzmetriken
- Verschiedene Ansätze für Cluster
  - Optimale Partitionen
  - Dichtebasierte Verfahren
  - Und andere

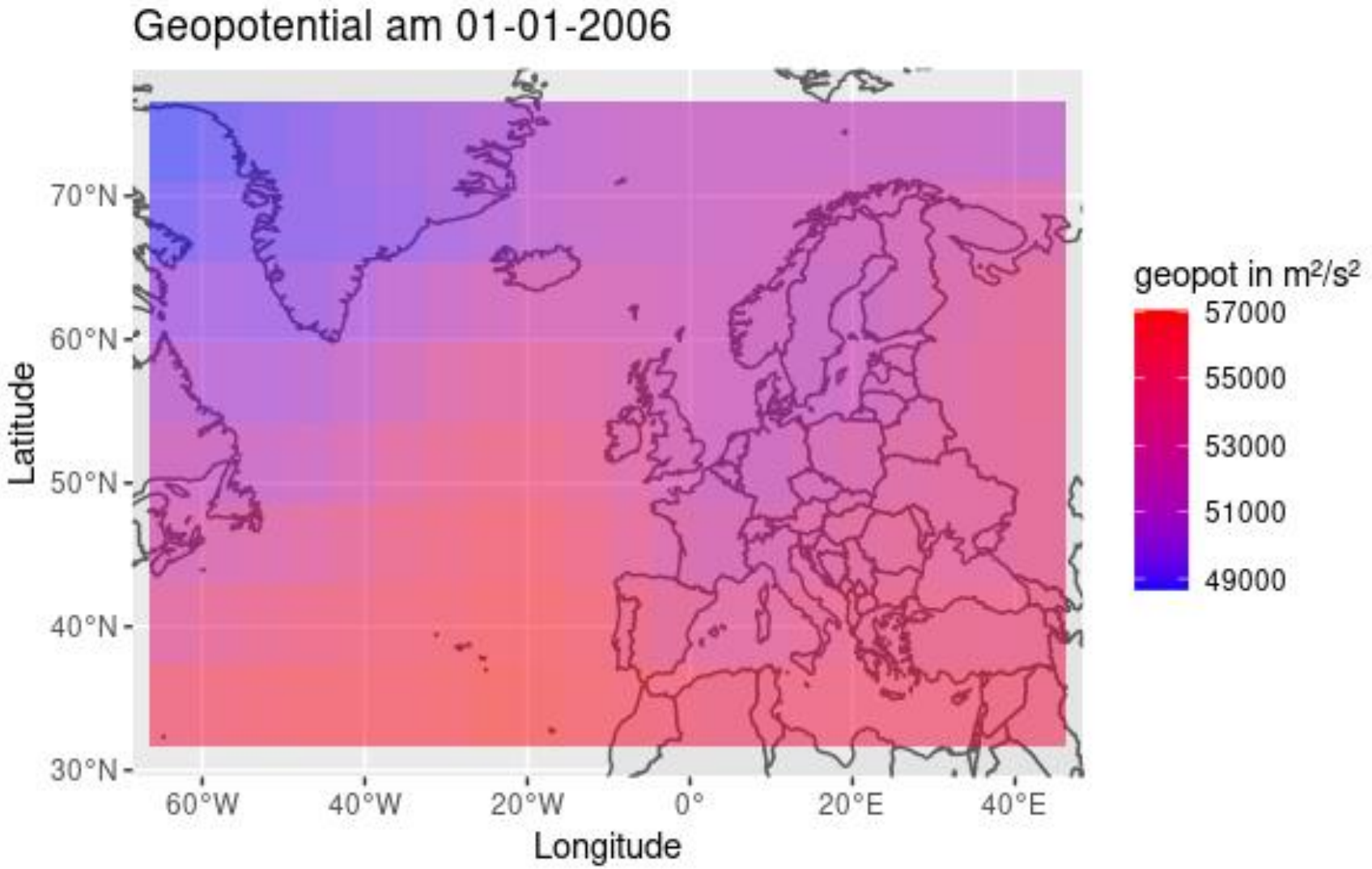
Ziele des Projekts

- Clustereinteilung der beobachteten Wetterdaten
  - Ein GWL soll sich in einem Cluster befinden
  - Anzahl Cluster < Anzahl GWLs
  - Berücksichtigung der räumlichen und zeitlichen Datenstruktur
- Vergleich der Cluster
  - Verteilung der GWLs in den Clustern
  - Vergleich der Zusammensetzung der einzelnen Cluster: max./min Luftdruck/Geopotential, Quantile, Ermittlung von Ausreißern, Stabilitätsprüfung?

Probleme und Ansätze I

- Größe des Datensatzes
  - Erstmal Reduzierung auf 5 Jahre (2006-2010)
  - Grundsätzlich auf „Klimaperiode“ 1981-2010
- Anzahl der Dimensionen
  - Tagesdurchschnitt der 4 Messungen


mslp am 01-01-2006
70°N
60°N
50°N
40°N
30°N
Latitude
60°W
40°W
20°W
0°
20°E
40°E
Longitude
mslp in Pa
103000
102000
101000
100000
99000


Geopotential am 01-01-2006
70°N
60°N
50°N
40°N
30°N
Latitude
60°W
40°W
20°W
0°
20°E
40°E
Longitude
geopot in m²/s²
57000
55000
53000
51000
49000

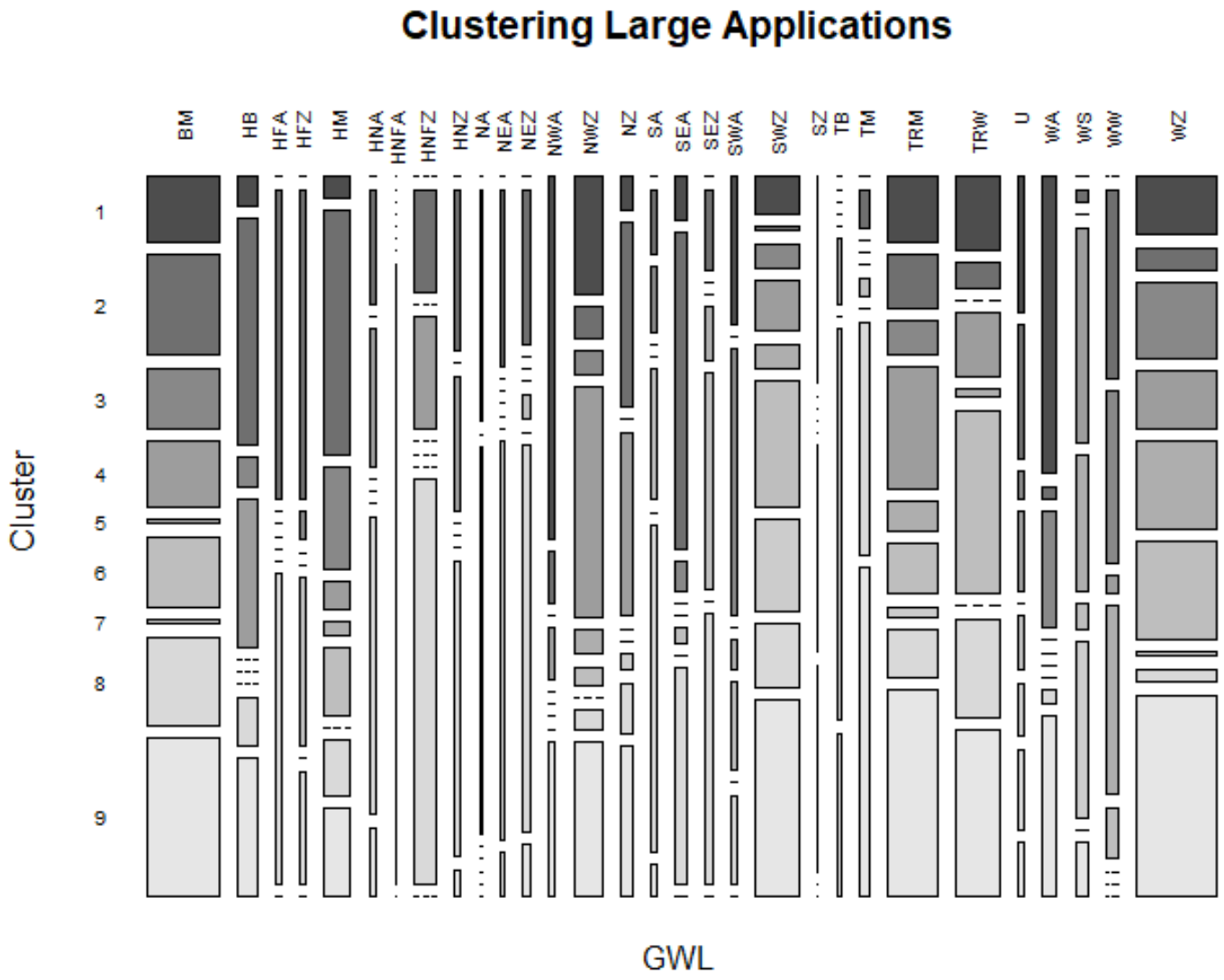
Cluster I

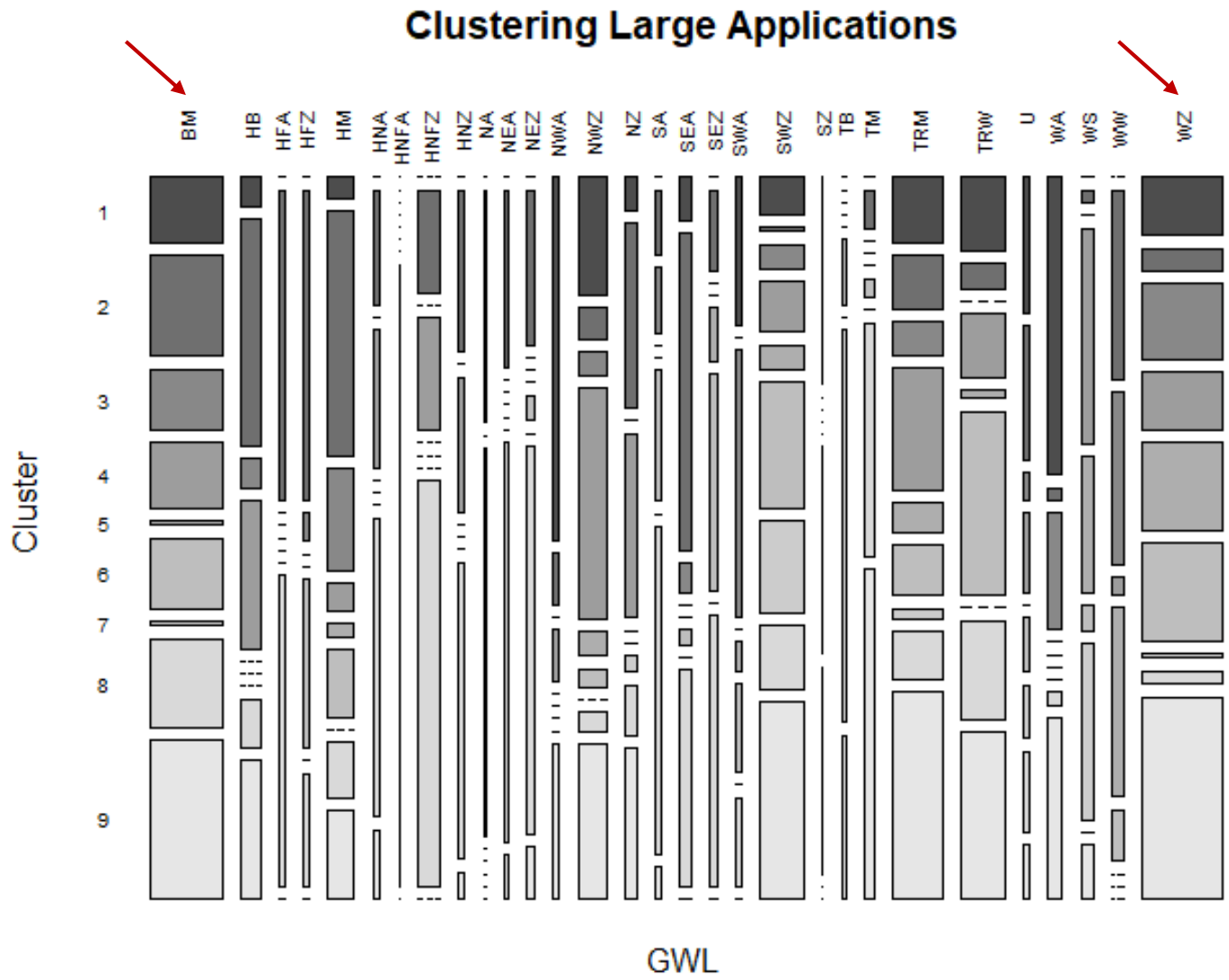
- Viele Beobachtungen und clustern mit hohen (320) Dimensionen

  → Algorithmus Clustering Large Applications (CLARA)

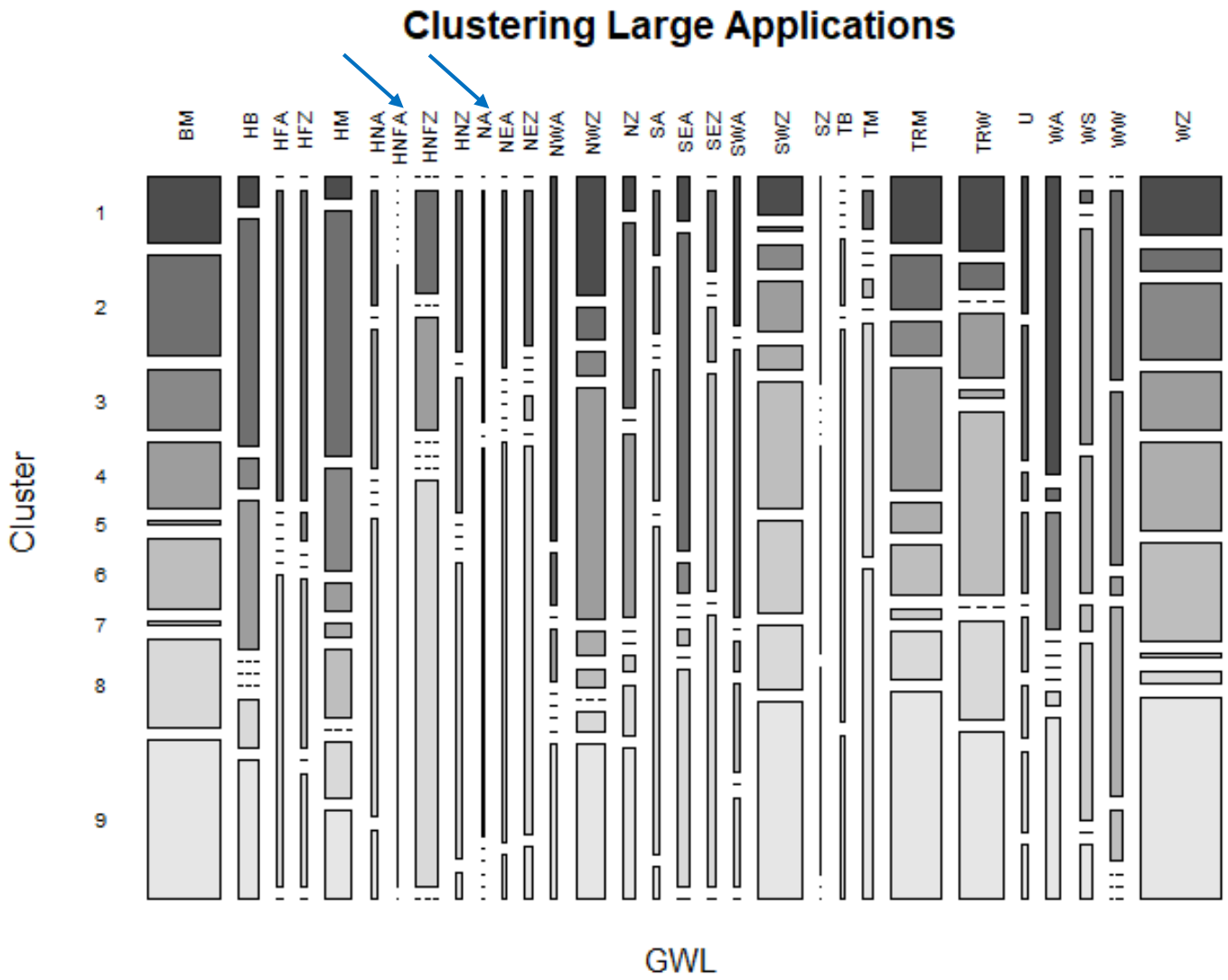
  → Euklidische Distanzmetrik

- Methodik
  - Stichprobe aus Datensatz ziehen und in k Cluster einteilen
  - Die restlichen Objekte den Clustern zuteilen, die am nächsten liegen
  - N Wiederholungen und beste Variante auswählen


Clustering Large Applications
BM
HB
HFA
HFZ
HM
HNA
HNFA
HNFZ
HNZ
NA
NEA
NEZ
NWA
NWZ
NZ
SA
SEA
SEZ
SWA
SWZ
SZ
TB
TM
TRM
TRW
U
WA
WS
WW
WZ
Cluster
1
2
3
4
5
6
7
8
9
GWL



- GWL, die häufig auftreten wie z.B. BM oder WZ sind in allen Clustern vertreten



- GWL, die häufig auftreten wie z.B. BM oder WZ sind in allen Clustern vertreten
- GWL, die seltener auftreten wie z.B. NA oder HNFA lassen sich in ein bzw. zwei Cluster zuordnen

Probleme und Ansätze II

- Korrelation zwischen Variablen
  - Luftdruck und Geopotential
  - Standort

➡ Mahalanobisdistanz

Mahalanobisdistanz

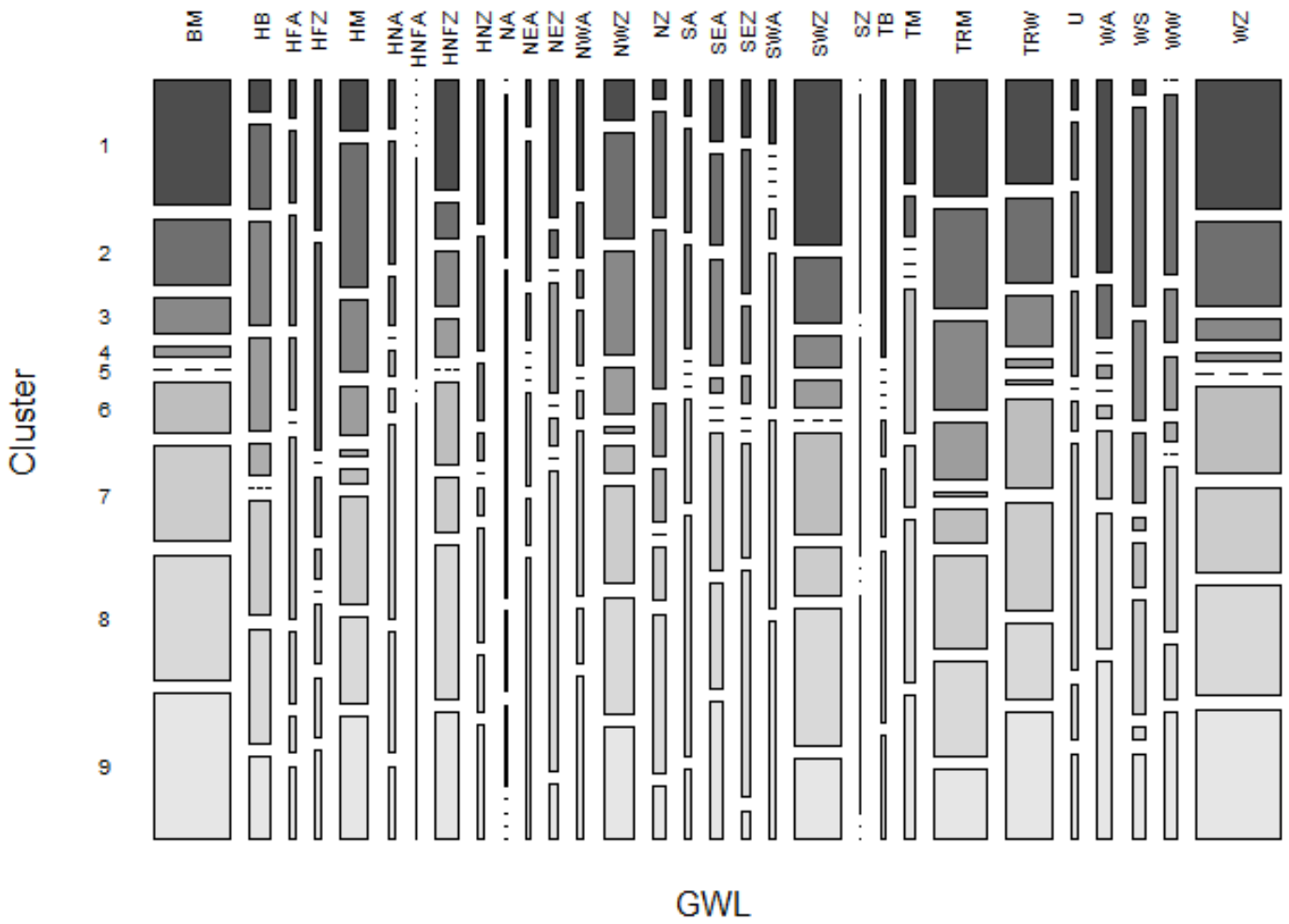
- Distanz zwischen zwei Punkten im multivariaten Raum
- Geeignet für korrelierte Daten
- $MD(x, y) = \sqrt{(y - x)^T \cdot C^{-1} \cdot (y - x)}$

  mit C als Kovarianzmatrix

Cluster II - K-Means-Algorithmus

- Gehört zu den Partitionierenden Verfahren
- Varianzkriterium: Minimieren der Gesamtsumme der quadrierten Abweichungen
- Vorgehen: 1. Vorgeben einer Anfangspartition
  2. Berechnen der jeweiligen Gruppenschwerpunkte
  3. Verschieben der Elemente in die nächstgelegene Gruppe
  4. Wiederholen der Schritte 2 und 3 bis kein Element mehr die Gruppe wechseln muss

Cluster mit k-Means und Mahalanobis



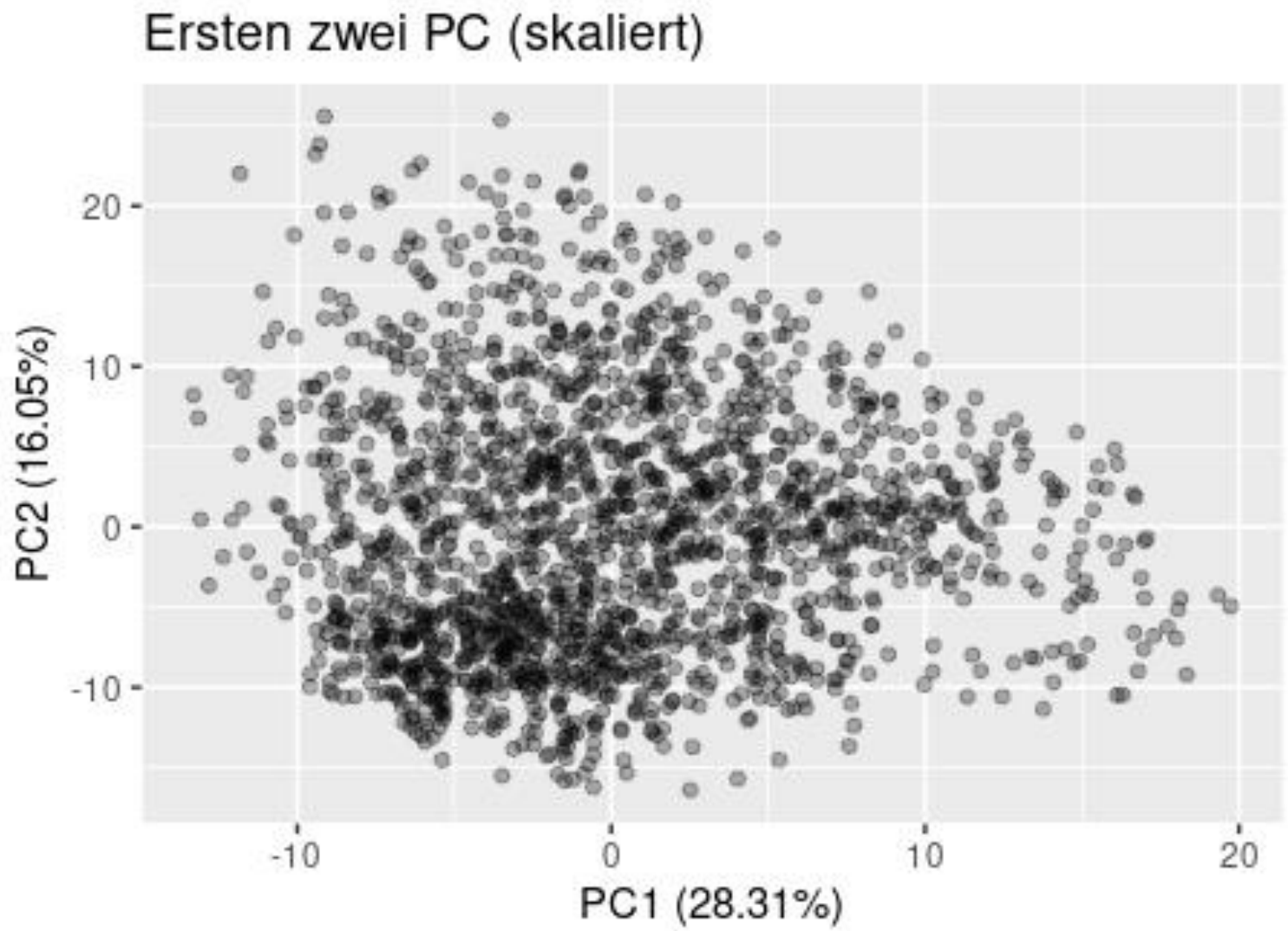
➡ Ähnliche Aufteilung wie bei CLARA

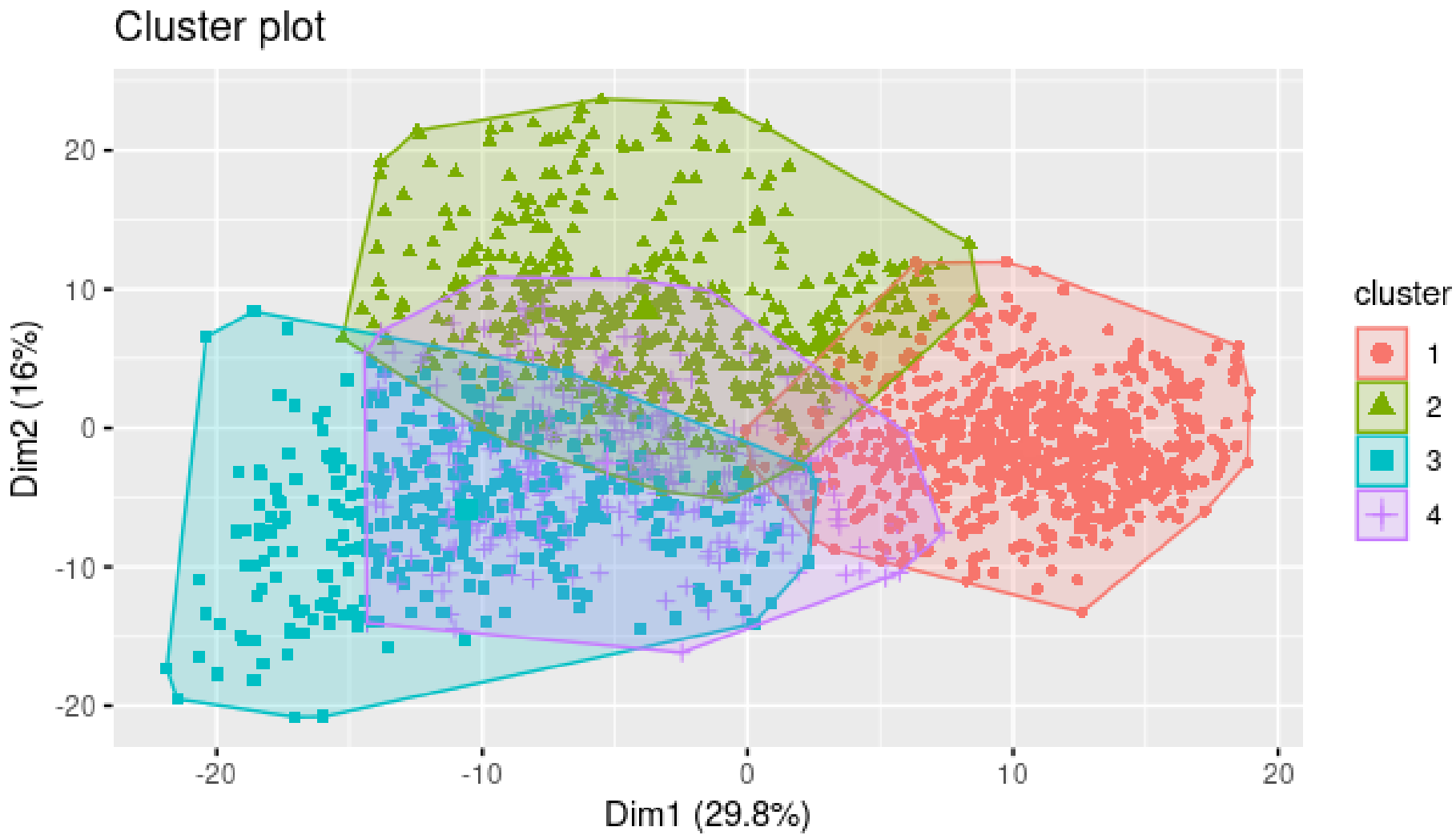
Probleme und Ansätze III

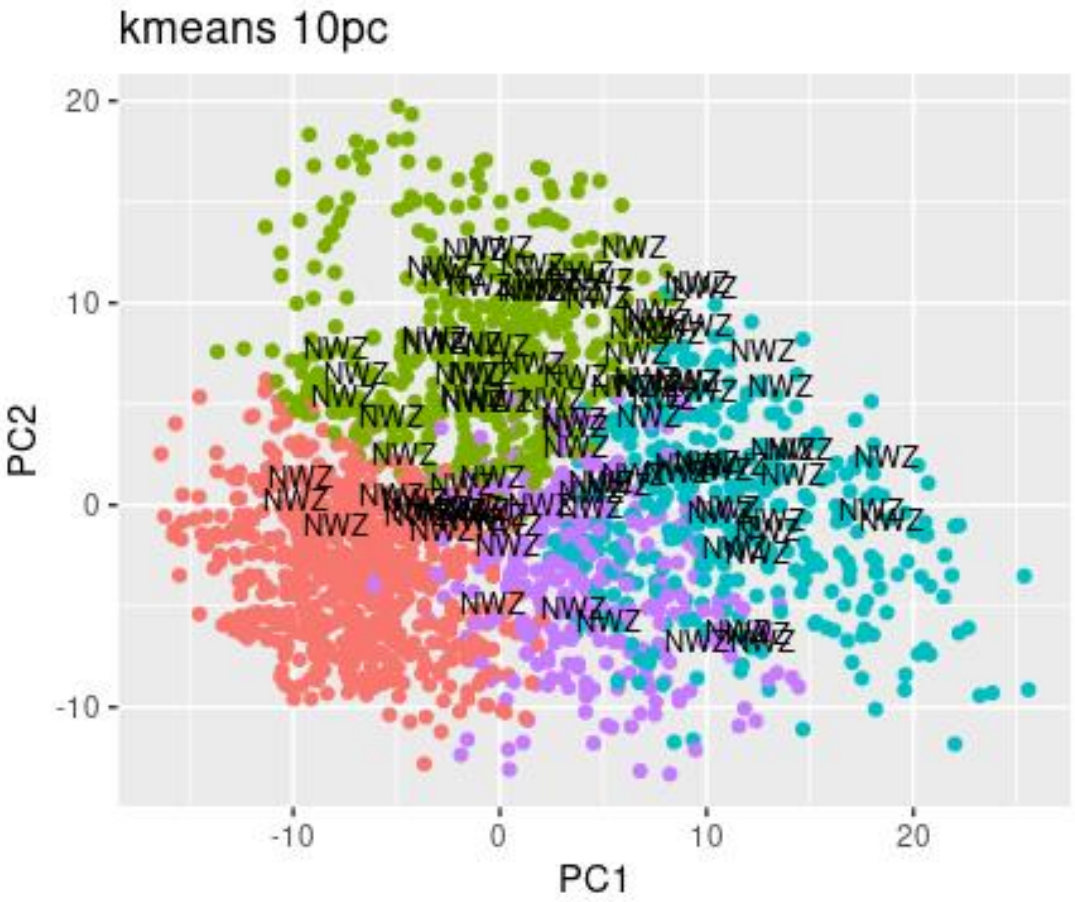
- Anzahl Dimensionen

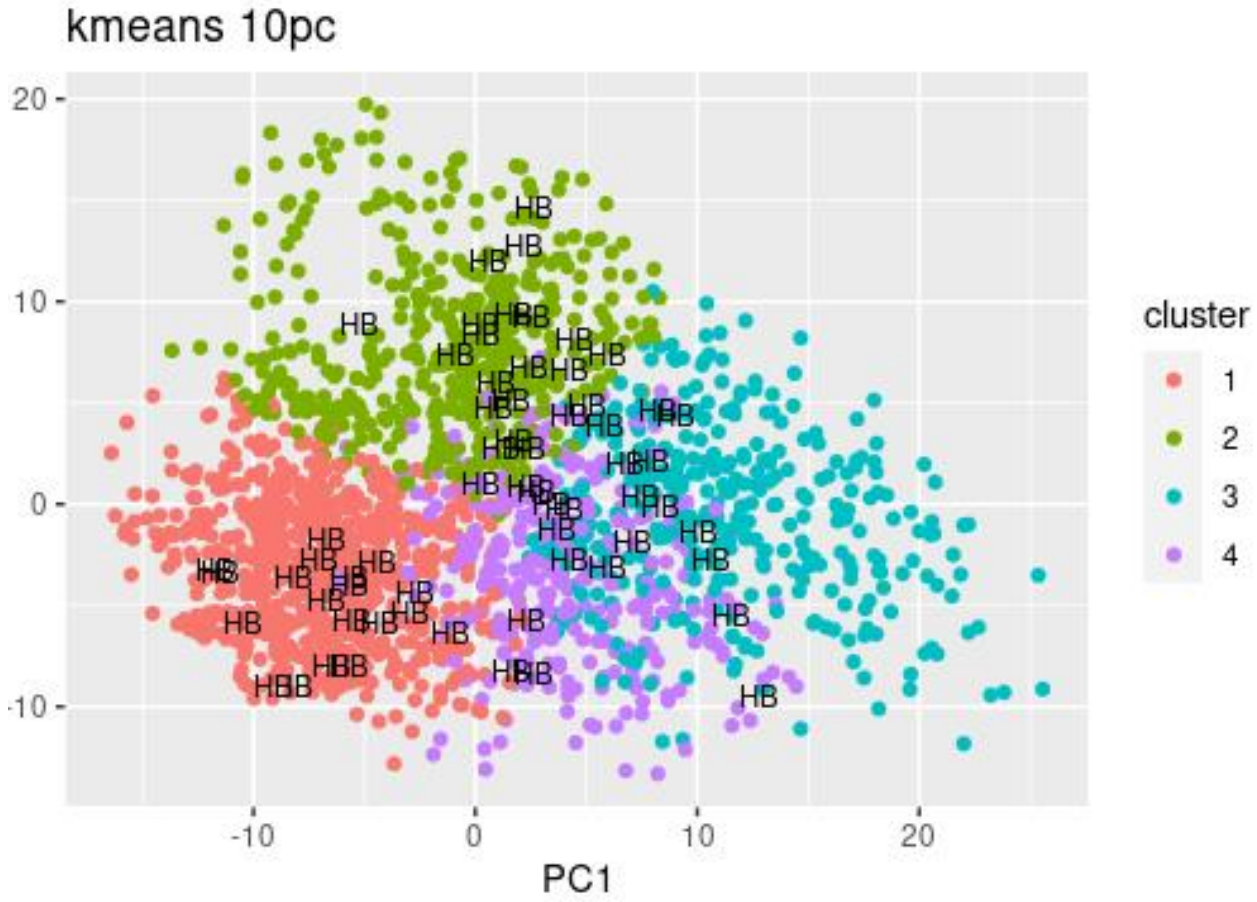
→ Principle Component Analysis

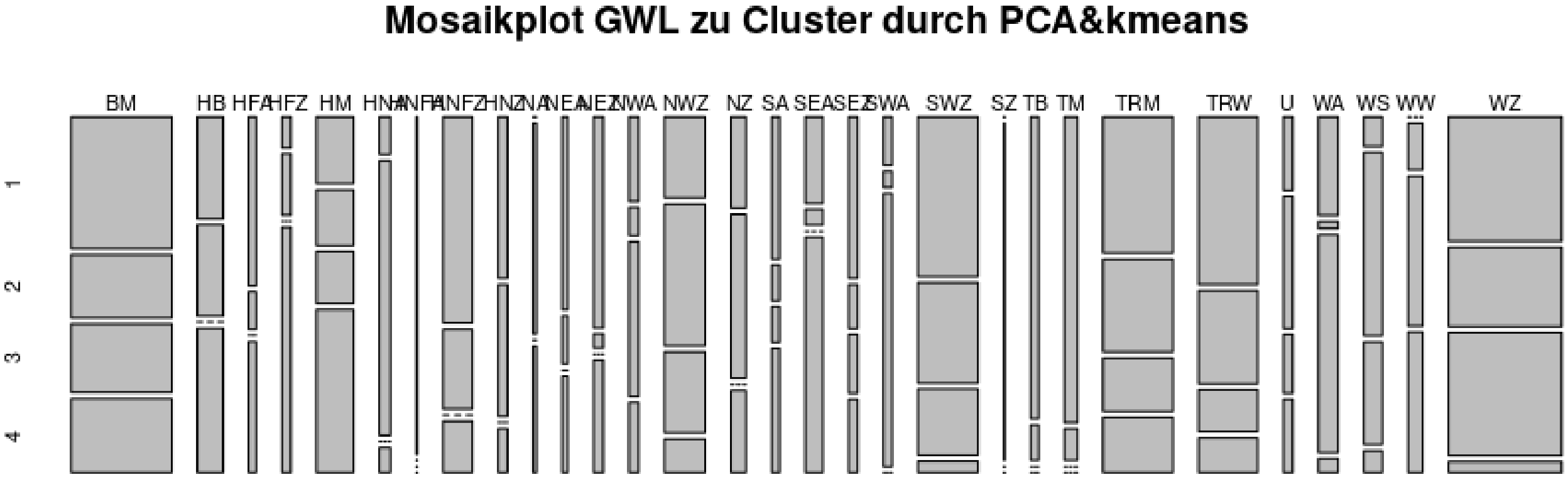
  - Aus Eigenvektoren der Kovarianzmatrix
  - Erklären der meisten Varianz mit weniger Dimensionen
  - Hier 85% der Varianz mit 10 Dimensionen erklärt


Ersten zwei PC (skaliert)
PC2 (16.05%)
20
10
0
-10
-10
0
10
20
PC1 (28.31%)


Cluster plot
Dim2 (16%)
20
10
0
-10
-20
-20
-10
0
10
20
Dim1 (29.8%)
cluster
1
2
3
4


kmeans 10pc
PC2
PC1
20
10
0
-10
-10
0
10
20
NWZ
cluster
1
2
3
4

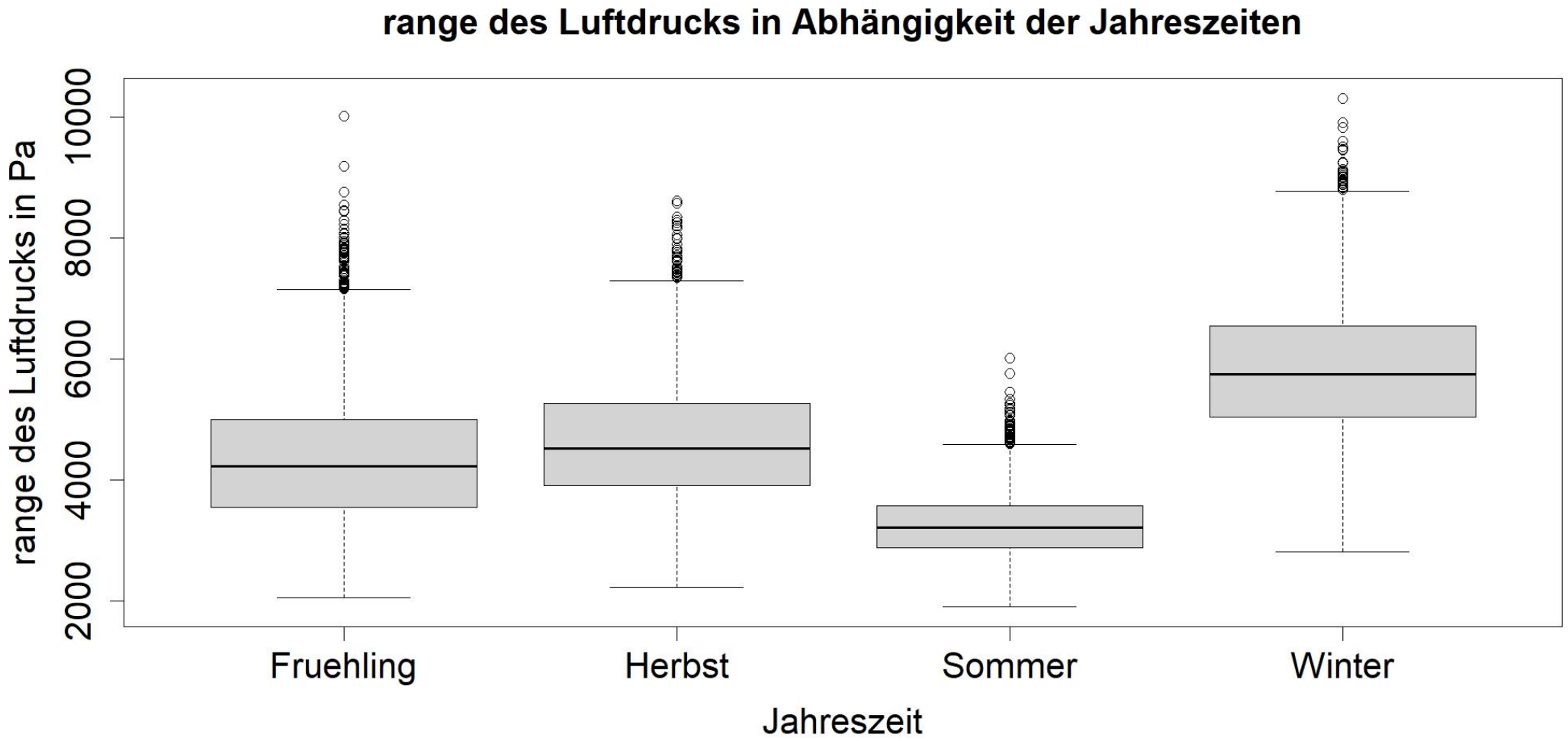

kmeans 10pc
PC1
20
10
0
-10
-10
0
10
20
HB
cluster
1
2
3
4

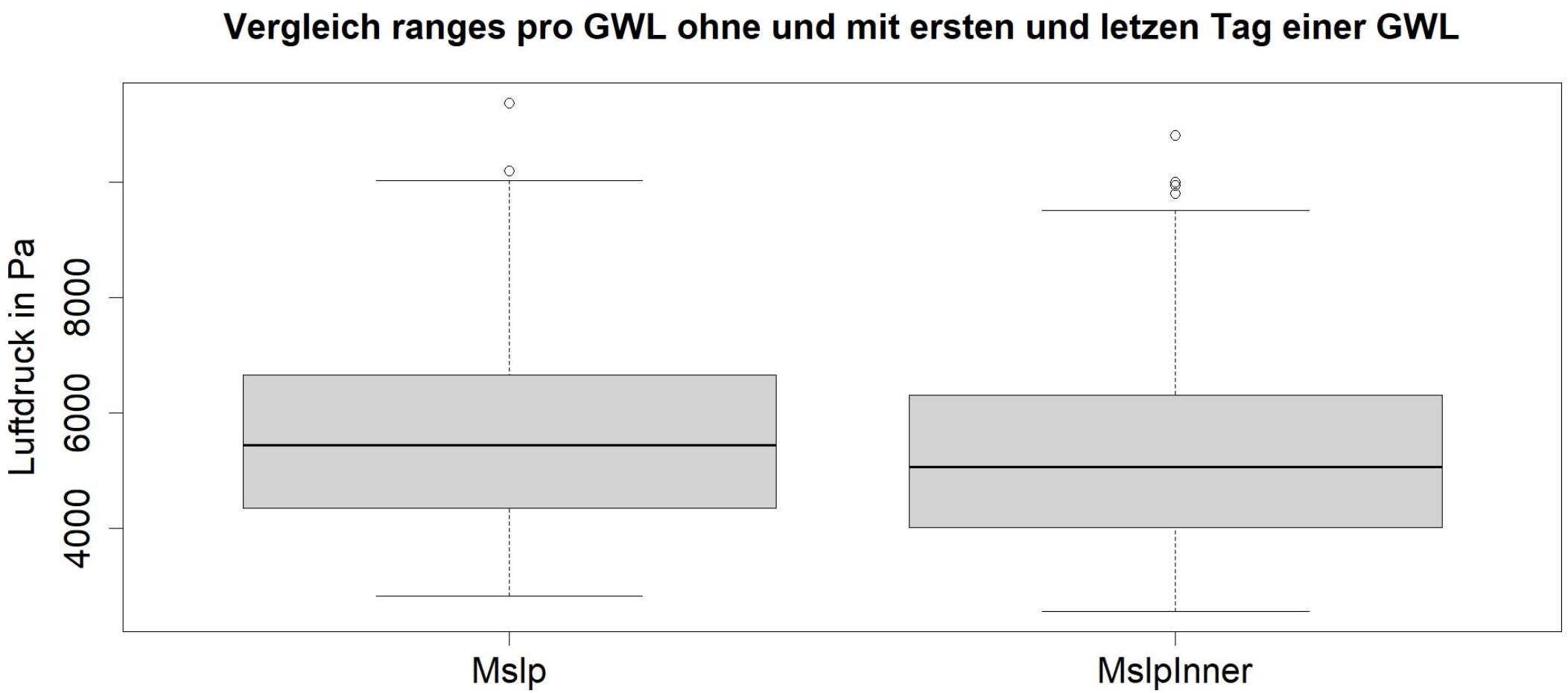

Mosaikplot GWL zu Cluster durch PCA&kmeans
BM
HB
HF
HFA
HFZ
HM
HN
HNA
HNF
HNFA
HNFZ
HNZ
HNZA
HNE
HNEA
HNEZ
HNZ
HNWA
NWZ
NZ
SA
SEA
SEA
SEZ
SWA
SWZ
SZ
TB
TM
TRM
TRW
U
WA
WS
WW
WZ
1
2
3
4

Probleme und Ansätze IV

- Örtliche Komponente sehr wichtig
  - Art von Pattern Recognition?
- Definieren einer GWL normalerweise anhand eines kleineren geographischen Ausschnittes
  - Gewichtung von Europa?
- Unterschiede der ersten und letzten Tage einer GWL
- Saisonale Unterschiede in GWL
  - Saisonbereinigung?

→ *Datensatz herunterbrechen auf diskrete Variablen*


range des Luftdrucks in Abhängigkeit der Jahreszeiten
range des Luftdrucks in Pa
2000
4000
6000
8000
10000
Fruehling
Herbst
Sommer
Winter
Jahreszeit


Vergleich ranges pro GWL ohne und mit ersten und letzen Tag einer GWL
Luftdruck in Pa
4000
6000
8000
Mslp
MslpInner

Methodik - Konzept

- Erstellen eines neuen Datensatzes
  - Extrahieren von neuen Variablen, zum Teil auf diskreter Ebene
- Vorteile dieses Vorgehens
  - Reduzierung der Dimensionen
  - Besseres Einbeziehen der örtlichen Komponente
  - Einbringen von anderen möglichen Variablen

Extrahierte Variablen

Variable	Erklärung	Metrik
Zeitpunkt	Evtl. für Saisonbereinigung	Kategorial
Minimum/Maximum	Minimaler/Maximaler Wert am Tag	Numerisch (evtl kategorial)
Quadrant vom Minimum/Maximum	In welchem Bereich befindet sich das Tief/Hoch? Karte aufgeteilt in X Felder • Europa feiner Unterteilt?	Kategorial oder geographischer Abstand der Mittelpunkte der Quadranten
Range der Parameter		Numerisch oder kategorial
Abstand Hoch-tief	Geographischer abstand zwischen Maximalem und Minimalem Wert	Numerisch oder Kategorial

Cluster III - Filtern pro Tag

- Tagesmesswerte besser in “Gebiete” unterteilen
  - Örtliche Komponente besser einbringen
  - Typische Merkmale der GWLs extrapolieren

→ Tage filtern durch Spatial Clustering

DBSCAN

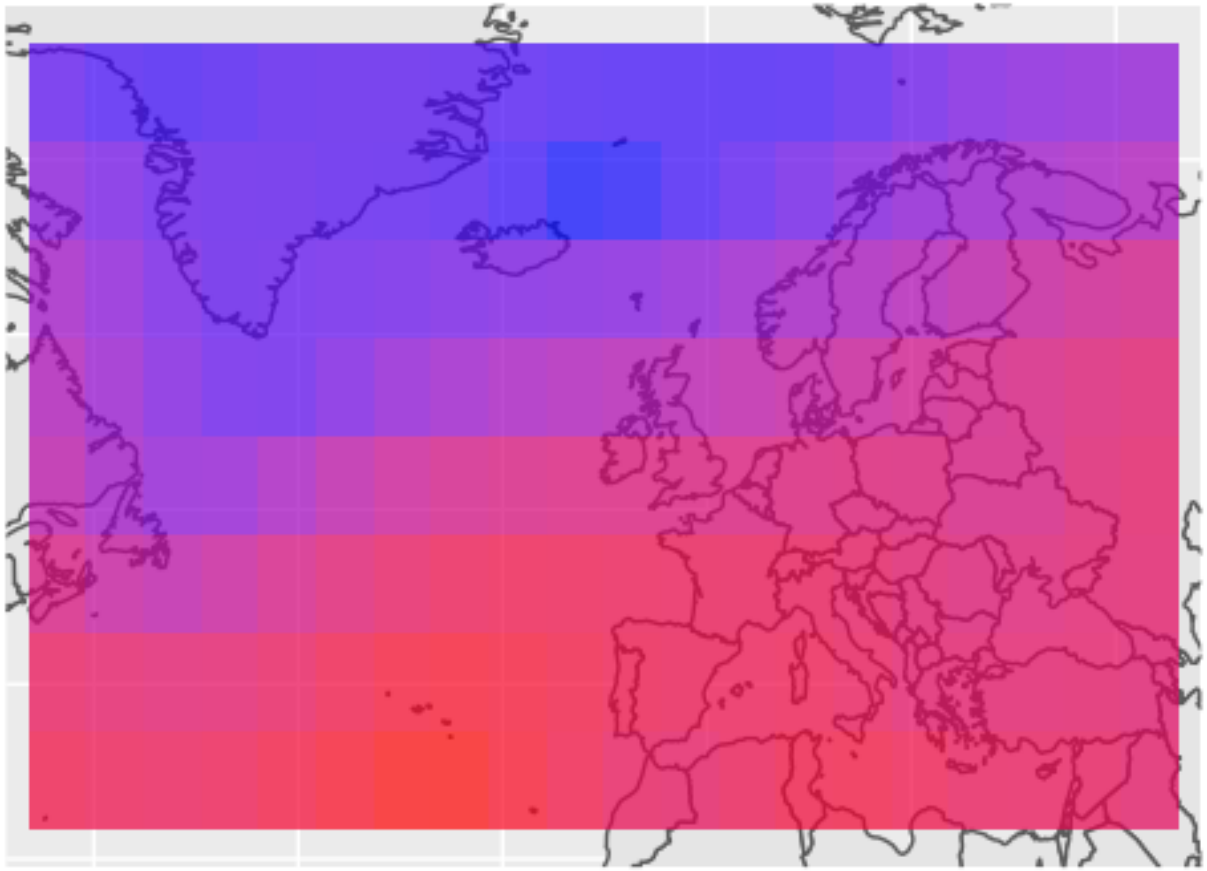
- Dichtebasierte räumliche Clusteranalyse mit Rauschen

- Zusammenhängende Gebiete ähnlicher Messwerte
  - z.B. „Hoch“- und „Tiefdruckgebiet“
  - Diskrete Clusterzugehörigkeit statt stetigen Messwerten

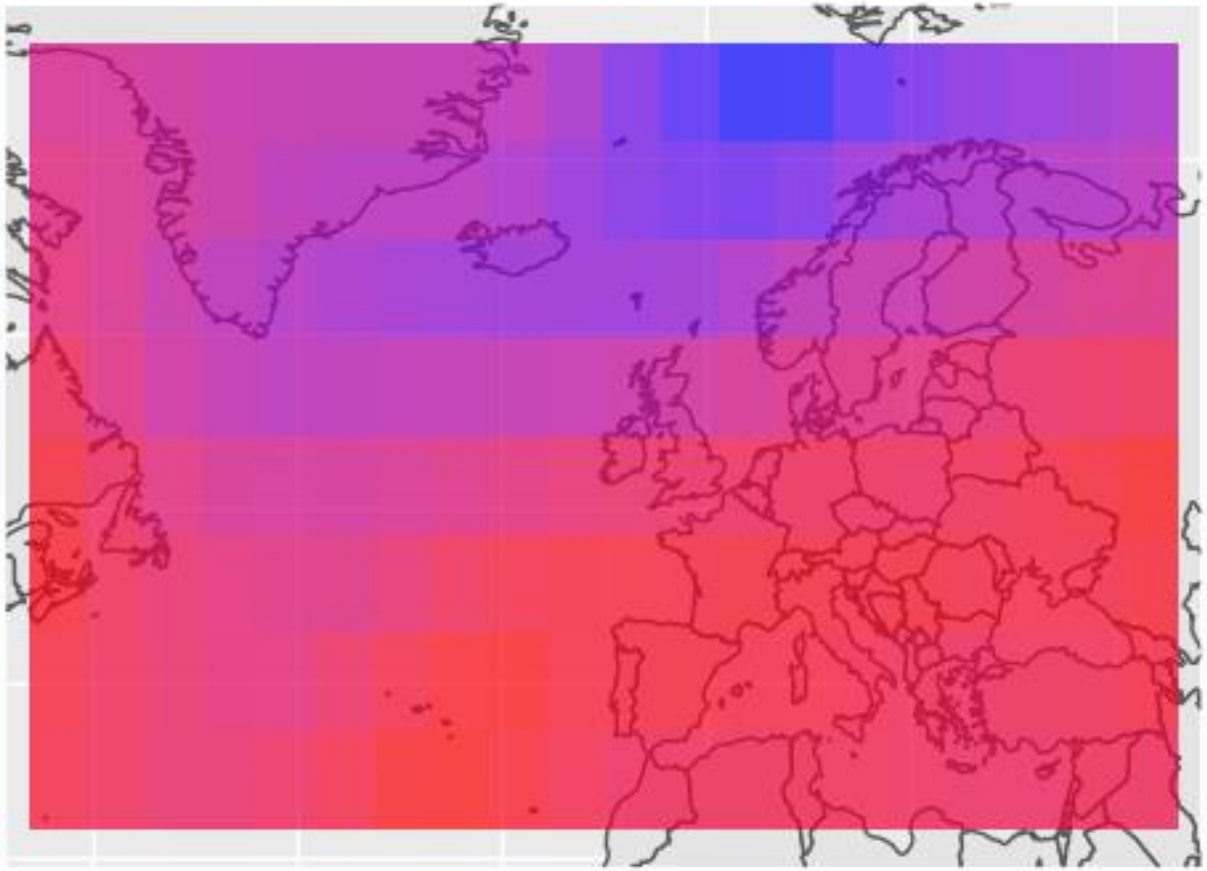
Cluster III - Filtern pro Tag

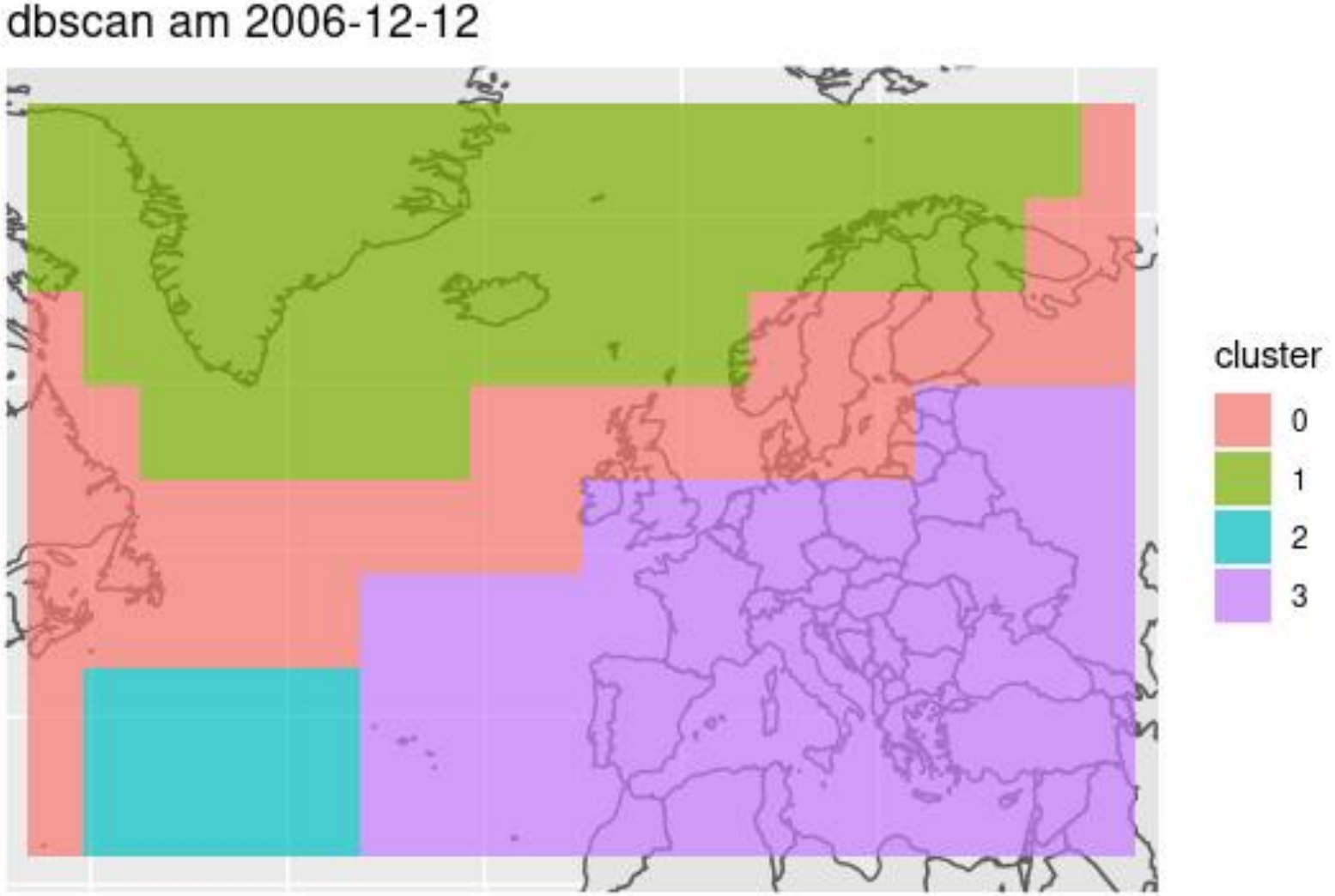
- Folgendes als Beispiel anhand von dem 12.12.2006

geopot am 2006-12-12

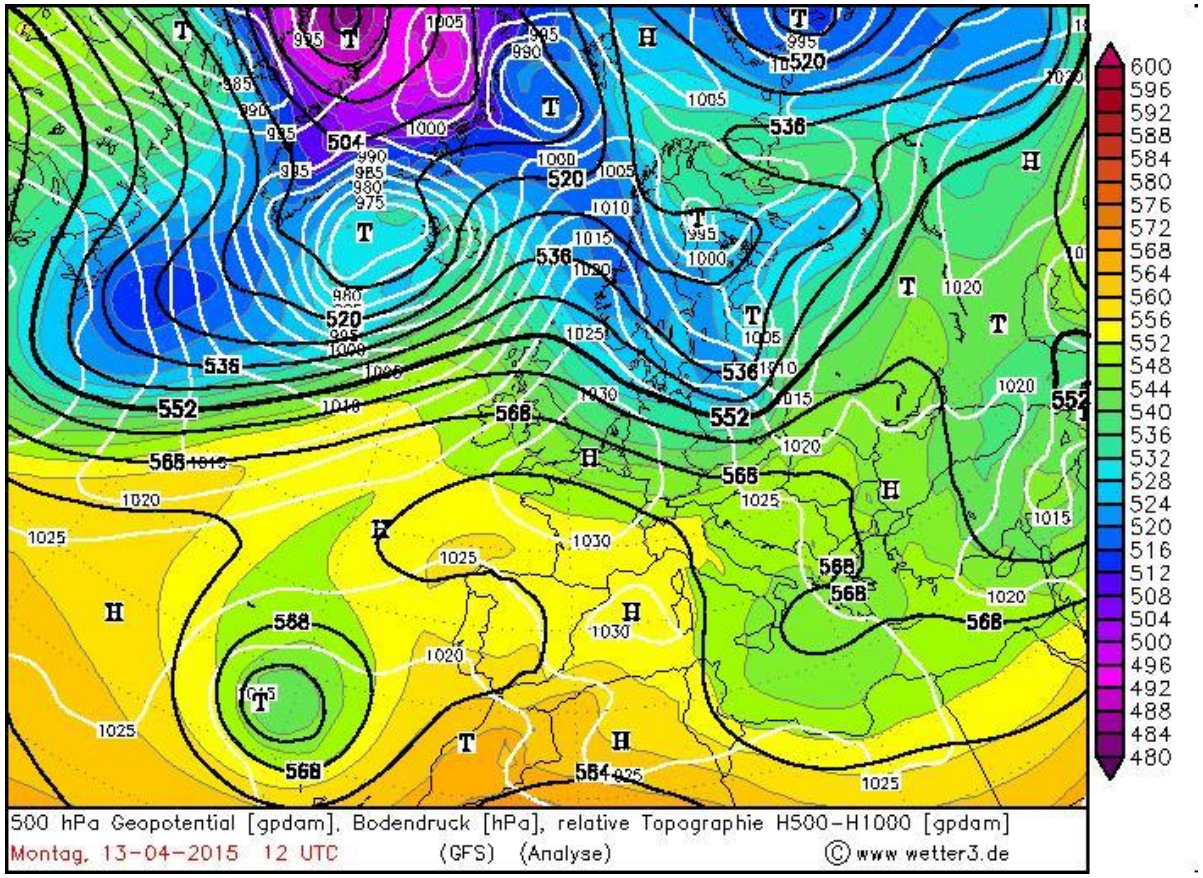


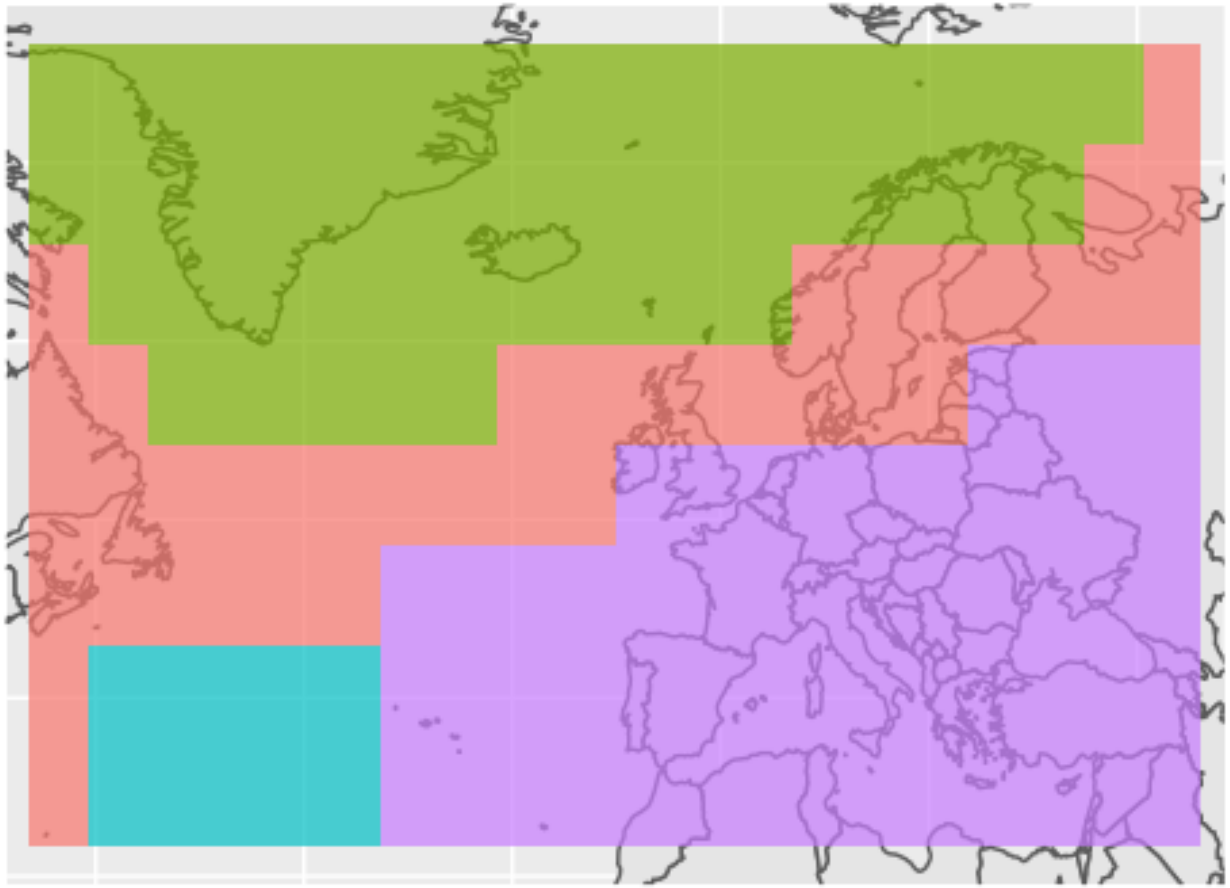
mslp am 2006-12-12




dbscan am 2006-12-12
cluster
0
1
2
3

GWL ist WA (Westeuropa antizyklonal)





http://www.schulbiologiezentrum.info/Wetter%20Materialien/Gro%DFwetterlagen%20Material.pdf - 20.12.2020 2:20Uhr

Cluster III - Filtern pro Tag

- Variablen extrahieren
  - Definieren eines „max“ und eines „min“ Gebietes

Parameter	**Variable**	**Erklärung**	**Metrik**
Gesamtcluster	Anzahl Cluster		kategorial
Für Max und Min Cluster	Größe des Clusters	Anzahl Punkte im Cluster	numerisch
Für Max und Min Cluster	Räumliche Lage	x Punkte des Clusters liegen in Quadrant y	numerisch

Probleme

1. Viele Dimensionen (1280 Dimensionen über ca 40.000 Beobachtungen)
2. Große Auswahl an Clusteralgorithmen und Distanzmetriken
3. Wichtigkeit der örtlichen Komponente
4. GWL werden auch anhand von Variablen definiert, die uns nicht zur Verfügung stehen (z.B. Strömungsrichtung)
5. Variablen außerhalb der erhobenen Daten sind auch von Interesse (z.B. Saison, Gewichtung von Europa)