Katja Gutmair, Stella Akouete, Noah Hurmer und Anne Gritto

Weather Frog

- Abschlusspräsentation am 01. März 2021
- Institut: Statistik
- Veranstaltung: Statistisches Praktikum
- Projektpartner: M.Sc. Maximilian Weigert und
  M.Sc. Magdalena Mittermeier
- Betreuer: Prof. Dr. Helmut Küchenhoff

Gliederung

1. Einführung
    - i. Vorstellen des Projekts
    - ii. Datensätze
    - iii. Einführung in Clusteranalyse
2. Analyse
    - i. Methodik
    - ii. Ergebnisse
    - iii. Deskriptive Analyse
3. Ausblick
4. Fazit

1. Einführung

i. Vorstellen des Projekts

Vorstellen des Projekts

- Übergeordnete Fragestellung:

  Wie verändert sich das Auftreten verschiedener Großwetterlagen (GWL) unter dem Einfluss des Klimawandels?

- Unsere Fragestellung:

  Lassen sich Tage anhand von ihren Wettermesswerten sinnvoll clustern?

  Wie unterscheiden sich die entstandenen Cluster voneinander?

Vorstellen des Projekts

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

	Abkürzung	Großwetterlage
1	WA	Westlage, antizyklonal
2	WZ	Westlage, zyklonal
3	WS	Südliche Westlage
4	WW	Winkelförmige Westlage
5	SWA	Südwestlage, antizyklonal
6	SWZ	Südwestlage, zyklonal
…		
29	TRW	Trog Westeuropa
	U	Übergang/Unbestimmt

Quelle: http://www.sklima.de/wetterlagen_uebersicht.php

Vorstellen des Projekts

TODO

Motivation

-untersuchen der Veränderung
-lang anhaltende/gefährliche Wetterlagen herausfinden

- begründung

Ziele des Projekts

Clustereinteilung der beobachteten Wetterdaten

- Anzahl Cluster < Anzahl GWLs
- Berücksichtigung der räumlichen Datenstruktur
- Tage als Beobachtungseinheit
- Ohne Vorinformation der herrschenden GWL

⇨ Mit welchem Modell ist dies sinnvoll möglich?

Ziele des Projekts

Vergleich der Cluster

- Verteilung von GWL in den Clustern
- Vergleich der Zusammensetzung der einzelnen Cluster:
  Wie scheinen sie sich auffällig zu unterscheiden?

1. Einführung

i. Vorstellen des Projekts

ii. Datensätze

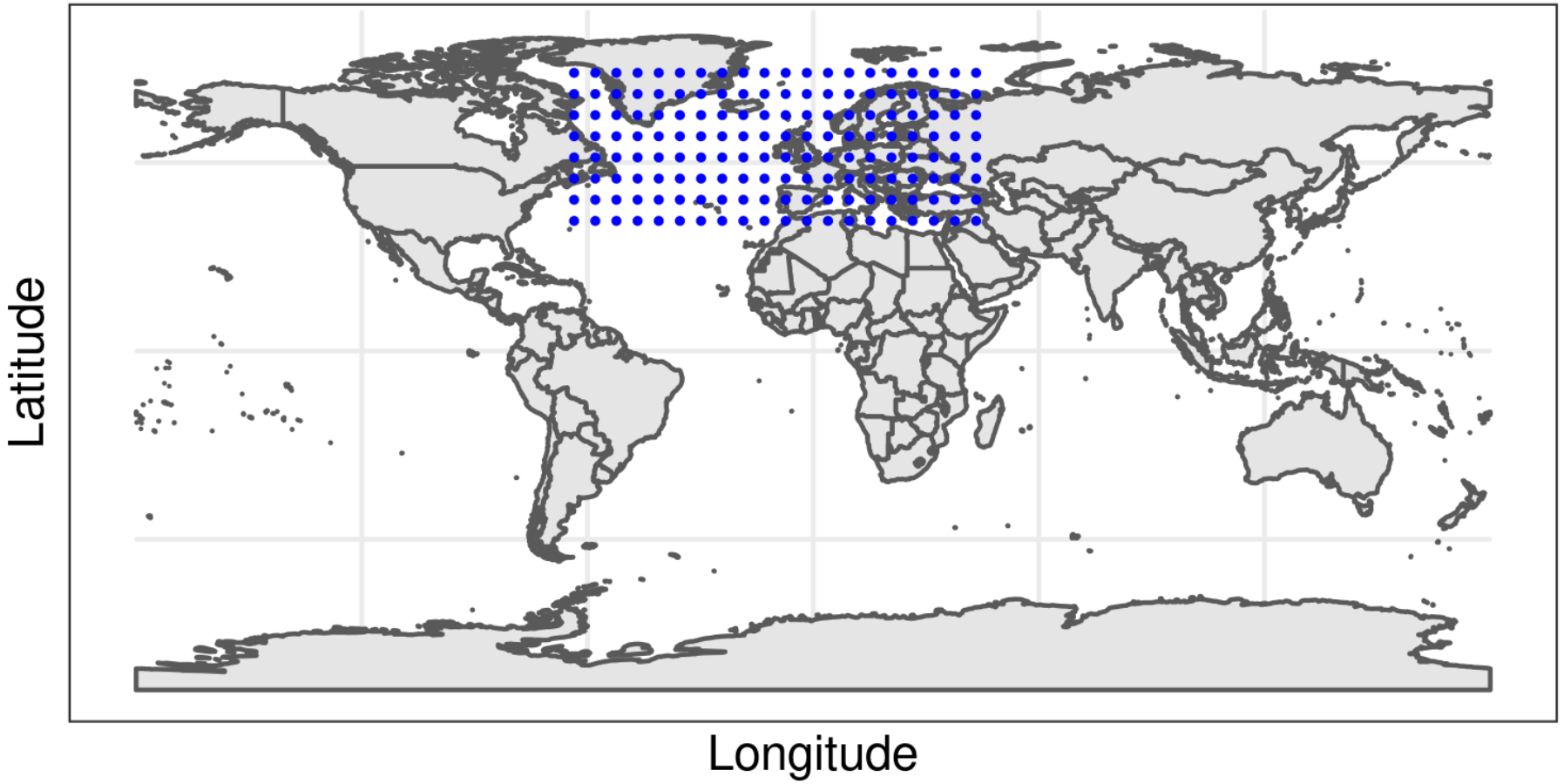
Historischer GWL Datensatz

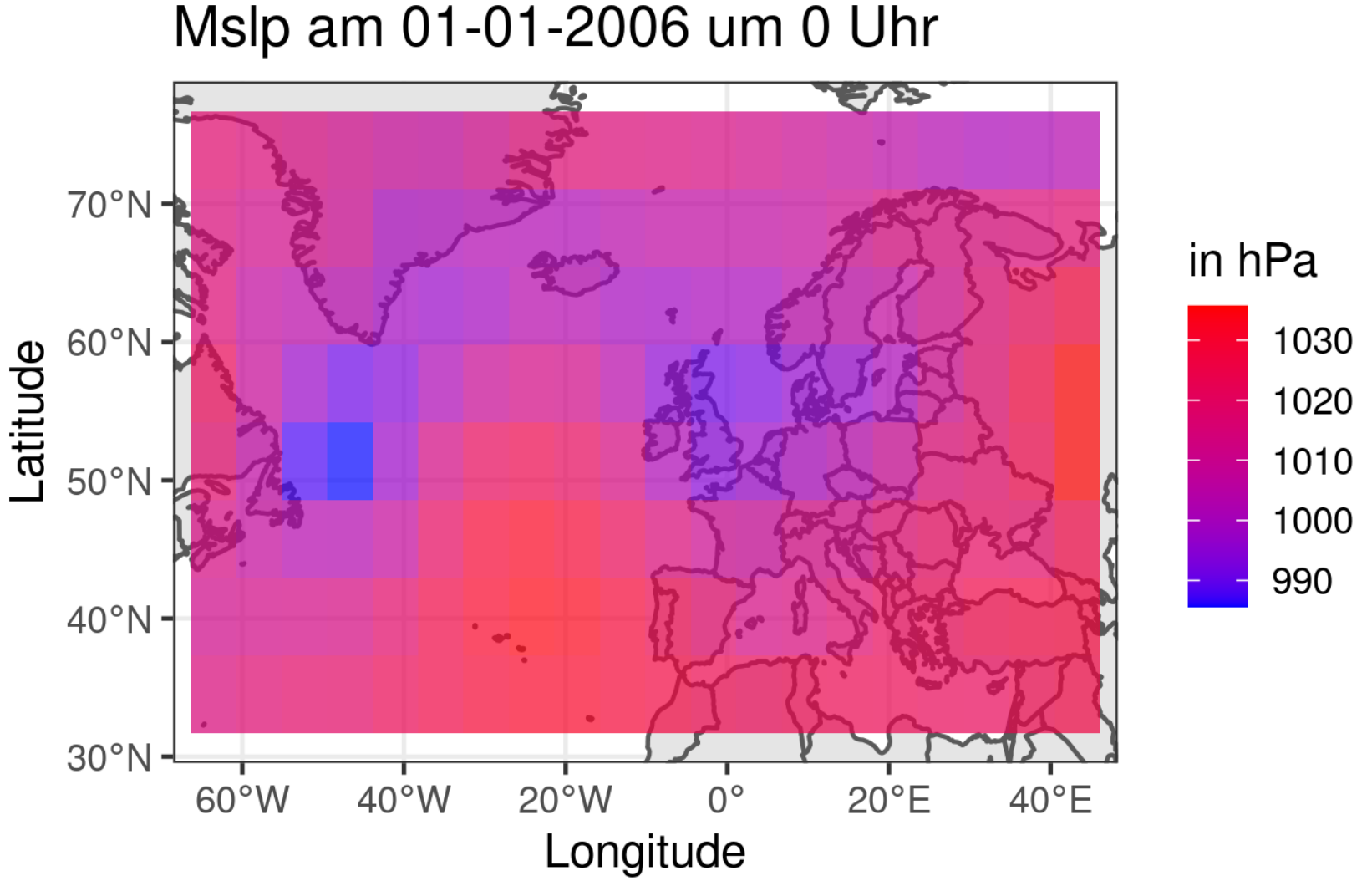
- Zuteilung einer GWL für jeden Tag
- Für die Jahre 1900 bis 2010

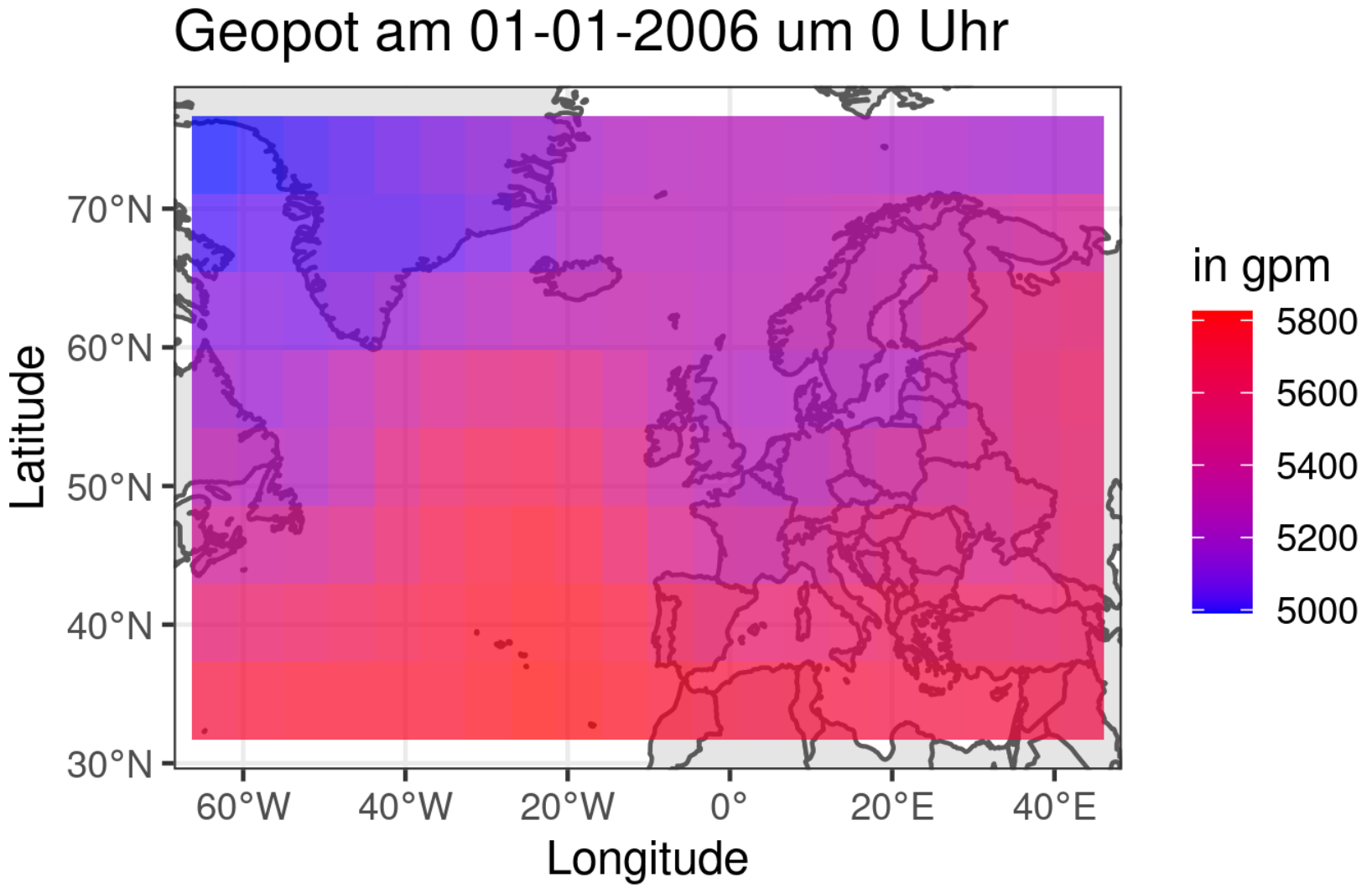
Reanalyse Datensatz

- Pro Tag Messungen an 160 Standorten zu 4 Zeitpunkten
  - Luftdruck in Pa auf Meeresspiegelhöhe (mslp)
  - Geopotential auf 500 hPa in $\frac{m^2}{s^2} = \frac{1}{9.80665}\ gpm$ (geopot)
- Für die Jahre 1900 bis 2010
  - Beschränkung auf eine Klimaperiode: Jahre 1971 bis 2000
- Ohne Information zur herrschenden GWL am Tag
- Standorte im 8x20 Grid über Europa und dem Nordatlantik

Messpunkte auf einer Weltkarte




Mslp am 01-01-2006 um 0 Uhr
Latitude
70°N
60°N
50°N
40°N
30°N
60°W
40°W
20°W
0°
20°E
40°E
Longitude
in hPa
1030
1020
1010
1000
990


Geopot am 01-01-2006 um 0 Uhr
Latitude
70°N
60°N
50°N
40°N
30°N
60°W
40°W
20°W
0°
20°E
40°E
Longitude
in gpm
5800
5600
5400
5200
5000

Auszug aus dem Reanalyse Datensatz

	time	longitude	latitude	mslp	geopotential
1	1900-01-01 00:00:00	-63.56287	73.85311	100428.99	48268.86
2	1900-01-01 00:00:00	-63.56287	68.23695	100553.77	48770.82
3	1900-01-01 00:00:00	-63.56287	62.62077	99920.18	49171.14
4	1900-01-01 00:00:00	-63.56287	57.00457	100049.80	49487.83
640	1900-01-01 18:00:00	43.31280	34.53973	102281.97	55097.32
641	1900-01-02 00:00:00	-63.56287	73.85311	99886.71	47843.04
25946239	2010-12-31 18:00:00	43.31280	40.15595	101758.62	54154.39
25946240	2010-12-31 18:00:00	43.31280	34.53973	101400.51	54491.94

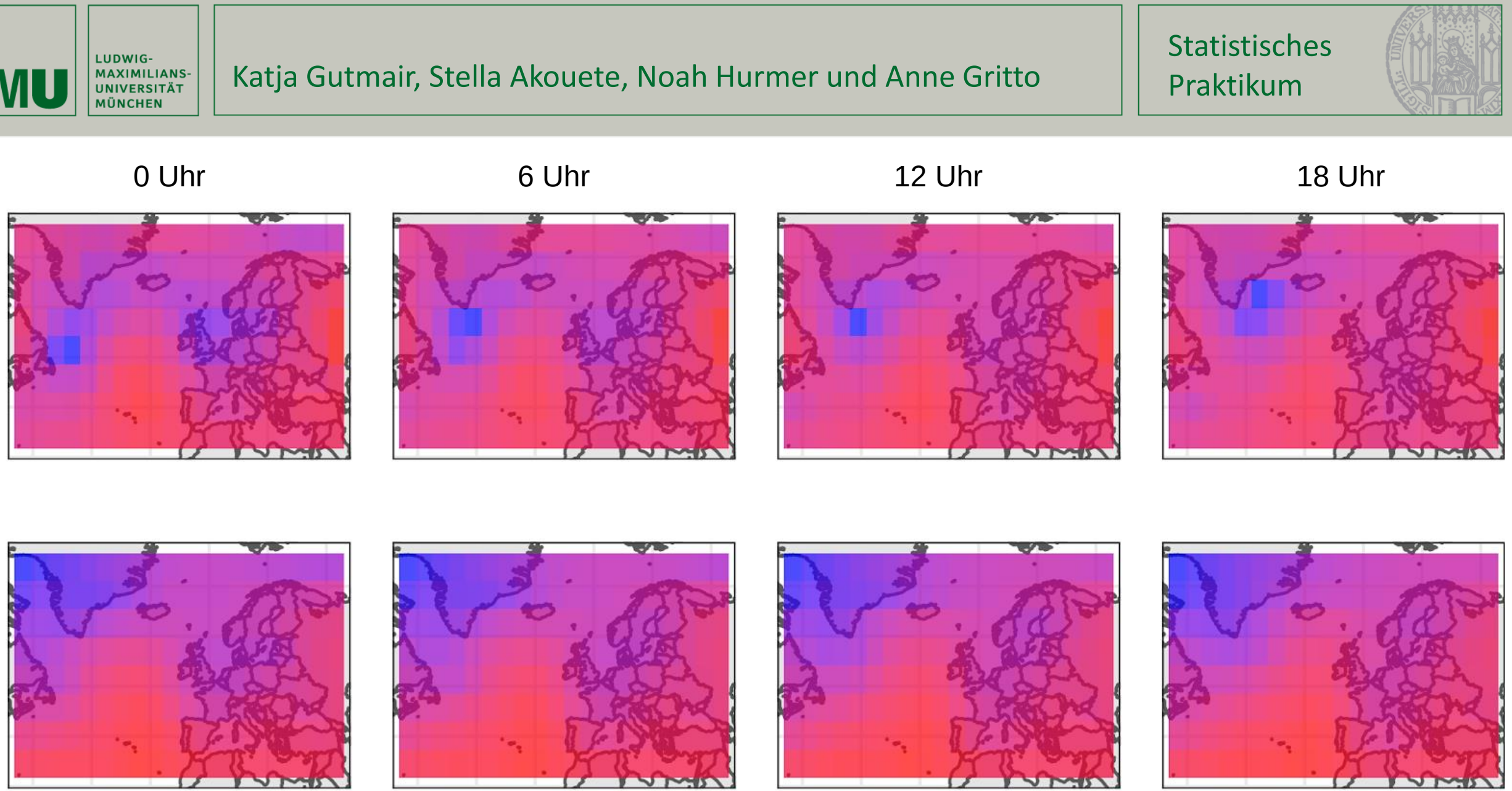
Auszug aus dem Reanalyse Datensatz

	time	longitude	latitude	mslp	geopotential
1	1900-01-01 00:00:00	-63.56287	73.85311	100428.99	48268.86
2	1900-01-01 00:00:00	-63.56287	68.23695	100553.77	48770.82
3	1900-01-01 00:00:00	-63.56287	62.62077	99920.18	49171.14
4	1900-01-01 00:00:00	-63.56287	57.00457	100049.80	49487.83
. . .					
640	1900-01-01 18:00:00	43.31280	34.53973	102281.97	55097.32
641	1900-01-02 00:00:00	-63.56287	73.85311	99886.71	47843.04
. . .					
25946239	2010-12-31 18:00:00	43.31280	40.15595	101758.62	54154.39
25946240	2010-12-31 18:00:00	43.31280	34.53973	101400.51	54491.94

Daten pro Tag

Der Tag ist die Beobachtungseinheit

- 2 Parameter * 4 Zeitpunkte * 160 Messpunkte = 1280 Dimensionen
- 8 Bilder pro Tag


0 Uhr
6 Uhr
12 Uhr
18 Uhr
Mslp
Geopotential

Daten pro Tag

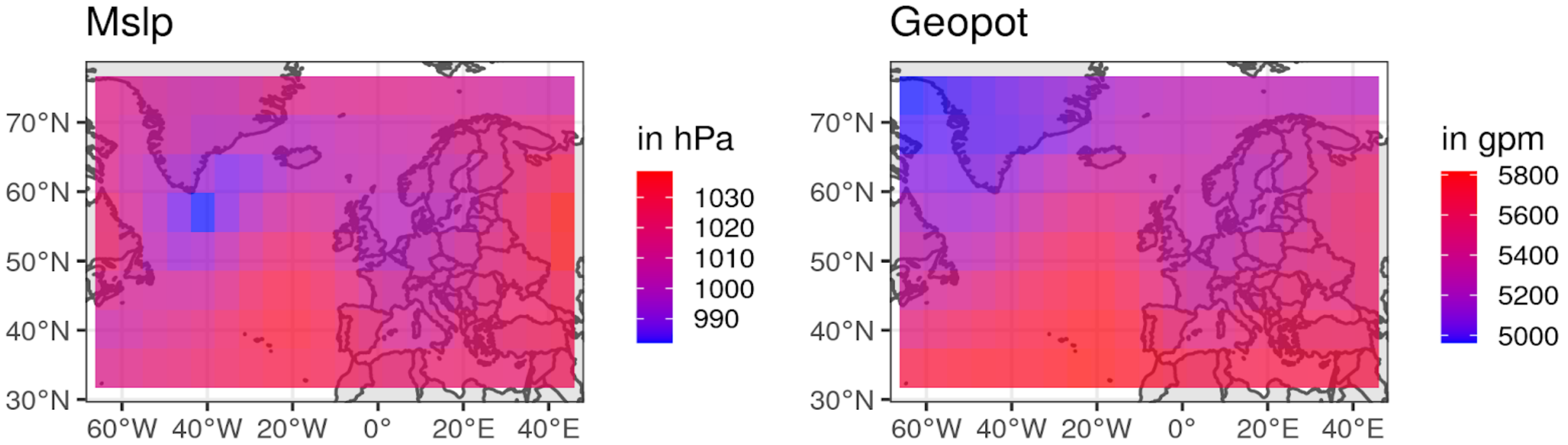
Der Tag ist die Beobachtungseinheit

- 2 Parameter * 4 Zeitpunkte * 160 Messpunkte = 1280 Dimensionen
- 8 Bilder pro Tag

Reduzierung der Dimensionen

- Mittelwert über 4 Messzeiten pro Messpunkt

Mittelwerte am 01.01.2006



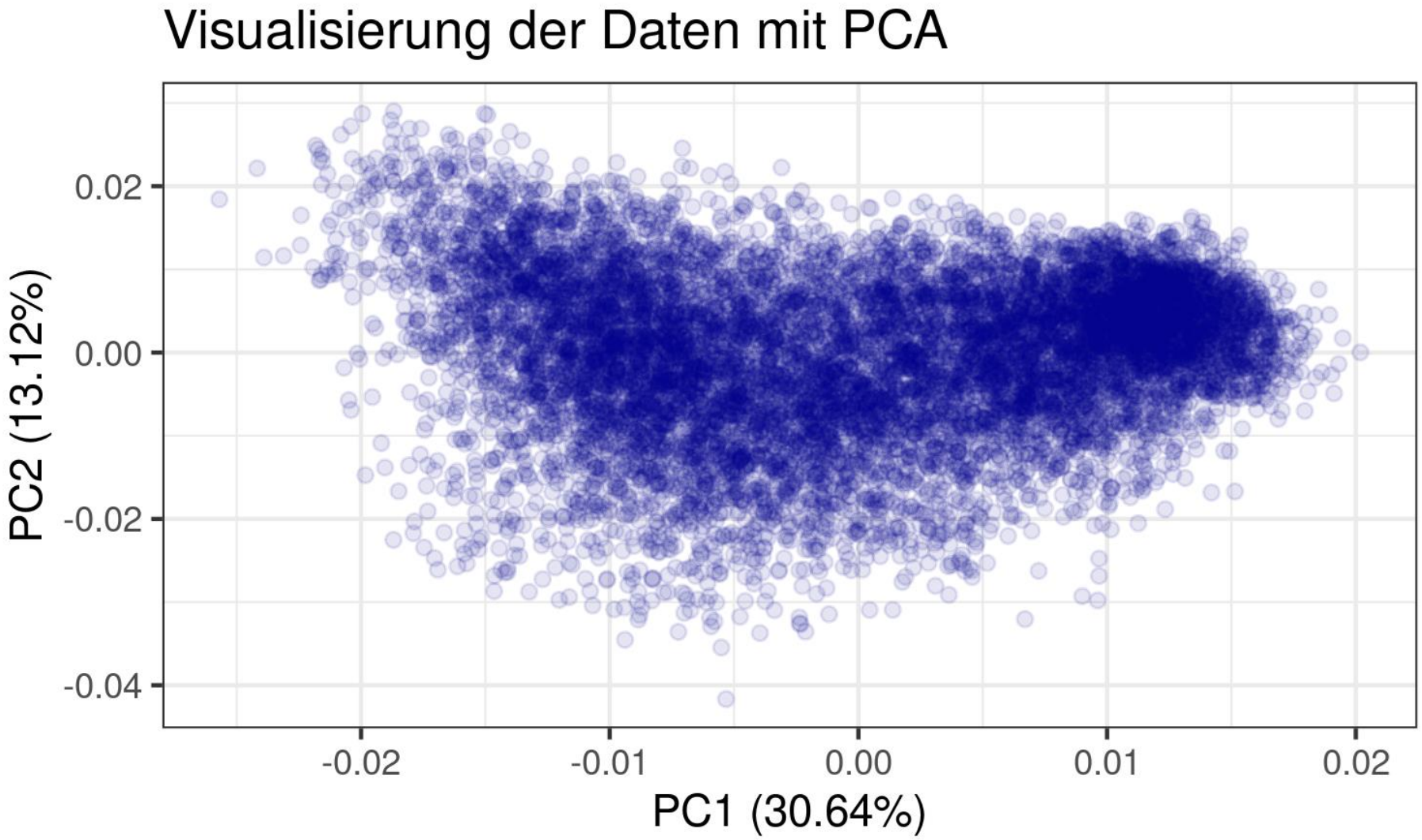
Daten pro Tag

Der Tag ist die Beobachtungseinheit

- 2 Parameter * 4 Zeitpunkte * 160 Messpunkte = 1280 Dimensionen
- 8 Bilder pro Tag

Reduzierung der Dimensionen

- Mittelwert über 4 Messzeiten pro Messpunkt
- 10958 Tage mit jeweils 320 Dimensionen


Visualisierung der Daten mit PCA
PC2 (13.12%)
0.02
0.00
-0.02
-0.04
-0.02
-0.01
0.00
0.01
0.02
PC1 (30.64%)

1. Einführung

i. Vorstellen des Projekts

ii. Datensätze

iii. Einführung in Clusteranalyse

Clusteranalyse

TODO

- 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

Einführung in Clusteranalyse

TODO

Metriken:

2. Analyse

i. Methodik

Bewertungskriterien für Clustering

- Durchschnittliche Silhouettenweite
  - Maßzahl für die Qualität eines Clusterings
  - Unabhängig von der Anzahl der Cluster

Bewertungskriterien für Clustering

- Durchschnittliche Silhouettenweite
  - Gehört das Objekt x zum Cluster A, so ist die Silhouette von x definiert als

$$S(x) = \begin{cases} 0 & \text{Wenn } x \text{ einziges Element von } A, \text{ ist} \\ \dfrac{dist(B,x) - dist(A,x)}{\max\{dist(A,x), dist(B,x)\}} & \text{sonst,} \end{cases}$$

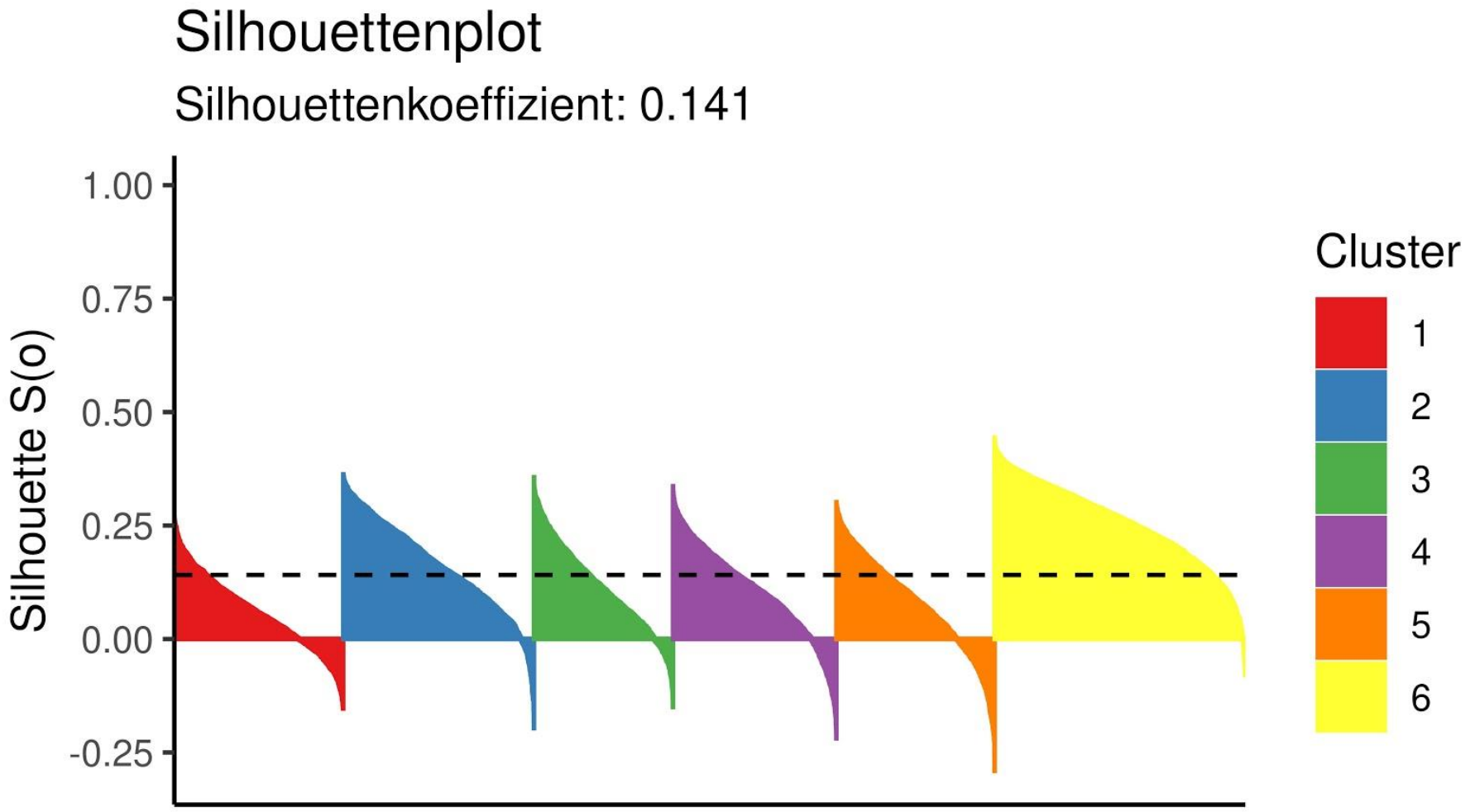
wobei $dist(A,\ x)$ die Distanz eines Objektes x zum Cluster A und
$dist(B,\ x)$ die Distanz eines Objektes x zum nächstgelegenen Cluster B

Bewertungskriterien für Clustering

- Durchschnittliche Silhouettenweite
  - Sei C die Anzahl an Cluster, dann ist der Silhouettenkoeffizient definiert durch

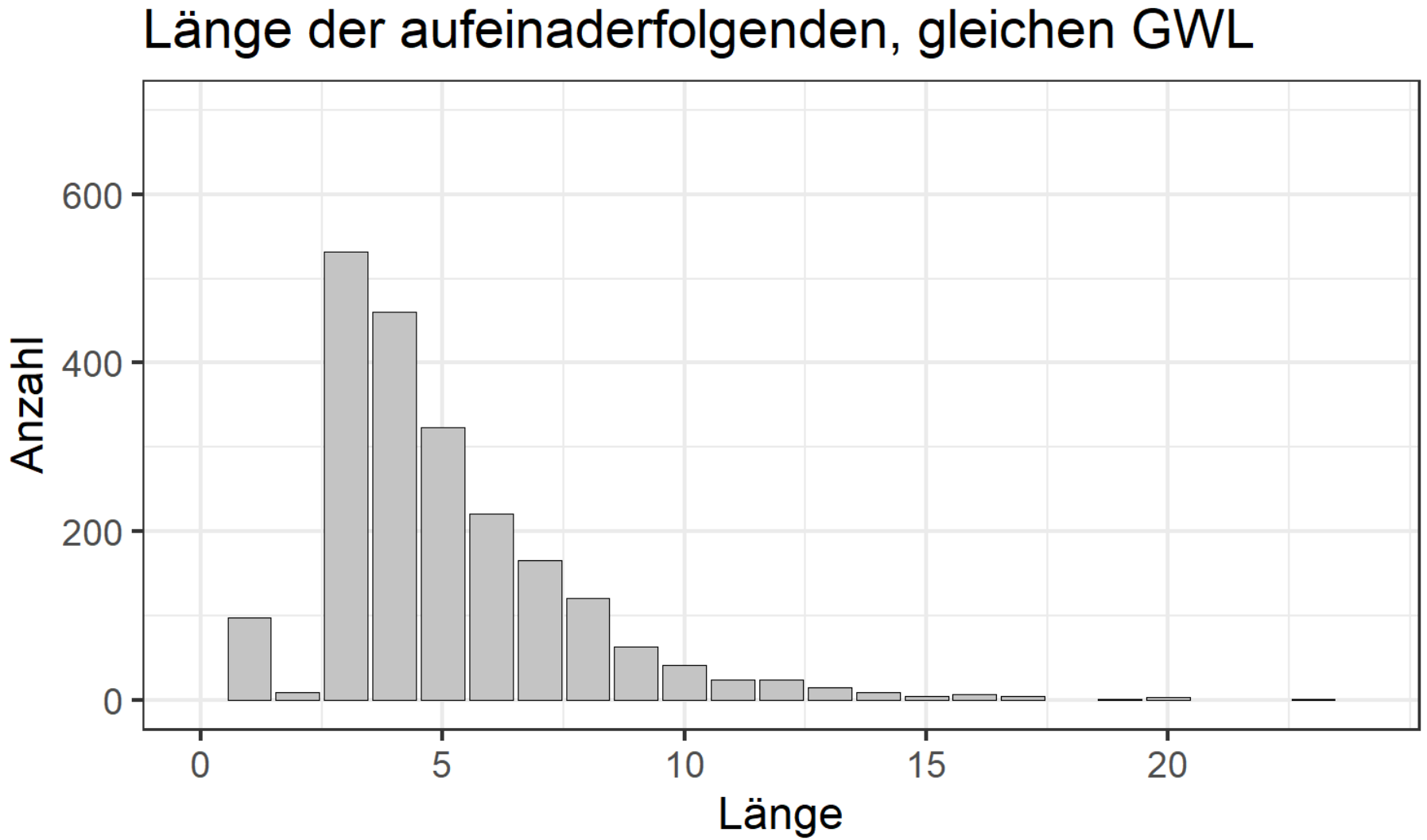
$$s_C = \frac{1}{n_C} \sum_{x \in C} S(x)$$

$$\text{wobei } S(x) = \begin{cases} 0 & \text{Wenn } x \text{ einziges Element von } A, \text{ ist} \\ \dfrac{dist(B,x) - dist(A,x)}{\max\{dist(A,x), dist(B,x)\}} & \text{sonst,} \end{cases}$$


Silhouettenplot
Silhouettenkoeffizient: 0.141
Silhouette S(o)
1.00
0.75
0.50
0.25
0.00
-0.25
Cluster
1
2
3
4
5
6

Bewertungskriterien für Clustering

- Durchschnittliche Silhouettenweite
- Verteilung der aufeinanderfolgenden Tage, die im selben Cluster sind (Timeline)


Länge der aufeinaderfolgenden, gleichen GWL
Anzahl
600
400
200
0
0
5
10
15
20
Länge

Datensatz Mutation

- Idee: Erstellen eines neuen Datensatzes durch Extrahieren gezielter Information
- Gezielte Informationen
  - Verteilung der Parameter (im Vergleich zu anderen Tagen)
  - Örtliche Lage und Form der „Hoch-“ und „Tiefgebiete“
  - „Bildmuster“ des Tages
  - Veränderung über den Tag

Datensatz Mutation

- Idee: Erstellen eines neuen Datensatzes durch Extrahieren gezielter Information
- Gezielte Informationen
  - Verteilung der Parameter (im Vergleich zu anderen Tagen)
  - Örtliche Lage und Form der „Hoch-“ und „Tiefgebiete“
  - „Bildmuster“ des Tages
  - Veränderung über den Tag
- Erhoffte Wirkung
  - Dimensionen reduzieren
  - Spezifische Gewichtung wichtiger Größen

Vorgehen

- Ausgangslage: Datensatz mit 320 Dimensionen roher Messdaten
- Transformation zu Variablen, die jeweils eine interessierende Größe über alle Standorte zusammengefasst verkörpern
  - Beispiel: Mittelwert des Luftdrucks über alle Standorte am Tag

⇨ Beobachtungseinheit bleibt der Tag

⇨ Ziel: Erkennen, welche Tage ähnliche Merkmale aufweisen

Extrahierte Variablen

Variable	Erklärung
Datum	
Minimum/Maximum	Minimaler/Maximaler Wert am Tag
Mittelwert/ Median/Quartile	Mittelwert/Median und Quartile für beide Variablen pro Tag
Intensität	Anzahl der Messpunkte von beiden Variablen pro Tag die über/unter den Quartilen liegen
Differenz am Tag	Summierte Differenzen von 4 Messzeitpunkten am Tag an allen Standorten

Extrahierte Variablen

Variable	Erklärung
Datum	
Minimum/Maximum	Minimaler/Maximaler Wert am Tag
Mittelwert/ Median/Quartile	Mittelwert/Median und Quartile für beide Variablen pro Tag
Intensität	Anzahl der Messpunkte von beiden Variablen pro Tag die über/unter den Quartilen liegen
Differenz am Tag	Summierte Differenzen von 4 Messzeitpunkten am Tag an allen Standorten

} Verteilung der Parameter

Extrahierte Variablen

Variable	Erklärung
Distanz von Maximum und Minimum	Euklidische Distanz
Distanz der beiden Minima und Maxima	Euklidischer Abstand vom Minimum/Maximum der Parameter Geopotential zu Mslp
Spalte vom Minimum/Maximum	In welchem Bereich liegt das Minimum/ Maximum? Karte aufgeteilt in 3 Spalten
Zeile vom Minimum/Maximum	In welchem Bereich liegt das Minimum/ Maximum? Karte aufgeteilt in 3 Zeilen
Mittelwerte in den Quadranten	Mittelwerte in allen 9 Quadranten von beiden Variablen

Extrahierte Variablen

Variable	Erklärung
Distanz von Maximum und Minimum	Euklidische Distanz
Distanz der beiden Minima und Maxima	Euklidischer Abstand vom Minimum/Maximum der Parameter Geopotential zu Mslp
Spalte vom Minimum/Maximum	In welchem Bereich liegt das Minimum/ Maximum? Karte aufgeteilt in 3 Spalten
Zeile vom Minimum/Maximum	In welchem Bereich liegt das Minimum/ Maximum? Karte aufgeteilt in 3 Zeilen
Mittelwerte in den Quadranten	Mittelwerte in allen 9 Quadranten von beiden Variablen

} Räumliche Ebene

Zusammenhang der räumlichen Ebene und der Verteilung

Skalierung und Gewichtung

- Datensatz wird standardisiert, da die Skalen der einzelnen Variablen unterschiedlich sind

$$x_{neu} = \frac{x-\mu}{\sigma}$$

- Variablen werden zudem gewichtet, unterteilt nach Kategorien

⇨ Gewichte einer Kategorie summieren sich auf 1

Skalierung und Gewichtung

Variable	Gewichte	Variable	Gewichte
Datum		Distanz von Maximum und Minimum	$\frac{1}{6}$
Minimum/Maximum	$\frac{1}{3}$	Distanz der beiden Minima und Maxima	$\frac{1}{6}$
Mittelwert/ Median/Quartile	$\frac{1}{3}$ bzw. $\frac{1}{6}$	Spalte vom Minimum/Maximum	$\frac{1}{6}$
Intensität	$\frac{1}{6}$	Zeile vom Minimum/Maximum	$\frac{1}{6}$
Differenz am Tag	$\frac{1}{6}$	Mittelwerte in den Quadranten	$\frac{1}{9}$

pAM…

Metrik

Methodik pam

Auswahl variable, gewichte

Clusteralgorithmus PAM

- PAM steht für Partitioning Around Medoids
- Gehört zu den Partitionierenden Verfahren
- Vorgehen: 1. Anzahl an Cluster festlegen

  2.

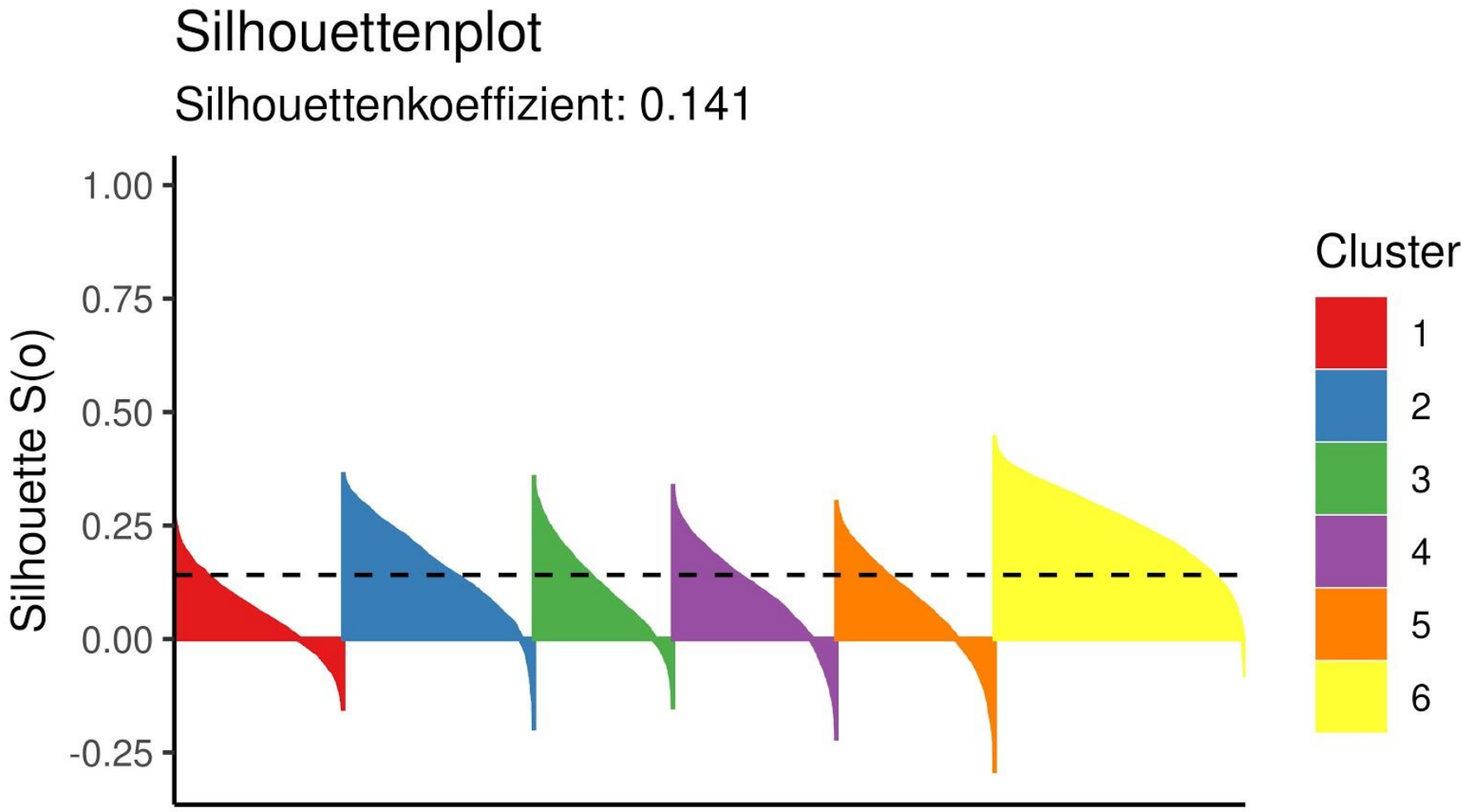
  3. Verschieben der Elemente in die nächstgelegene Gruppe

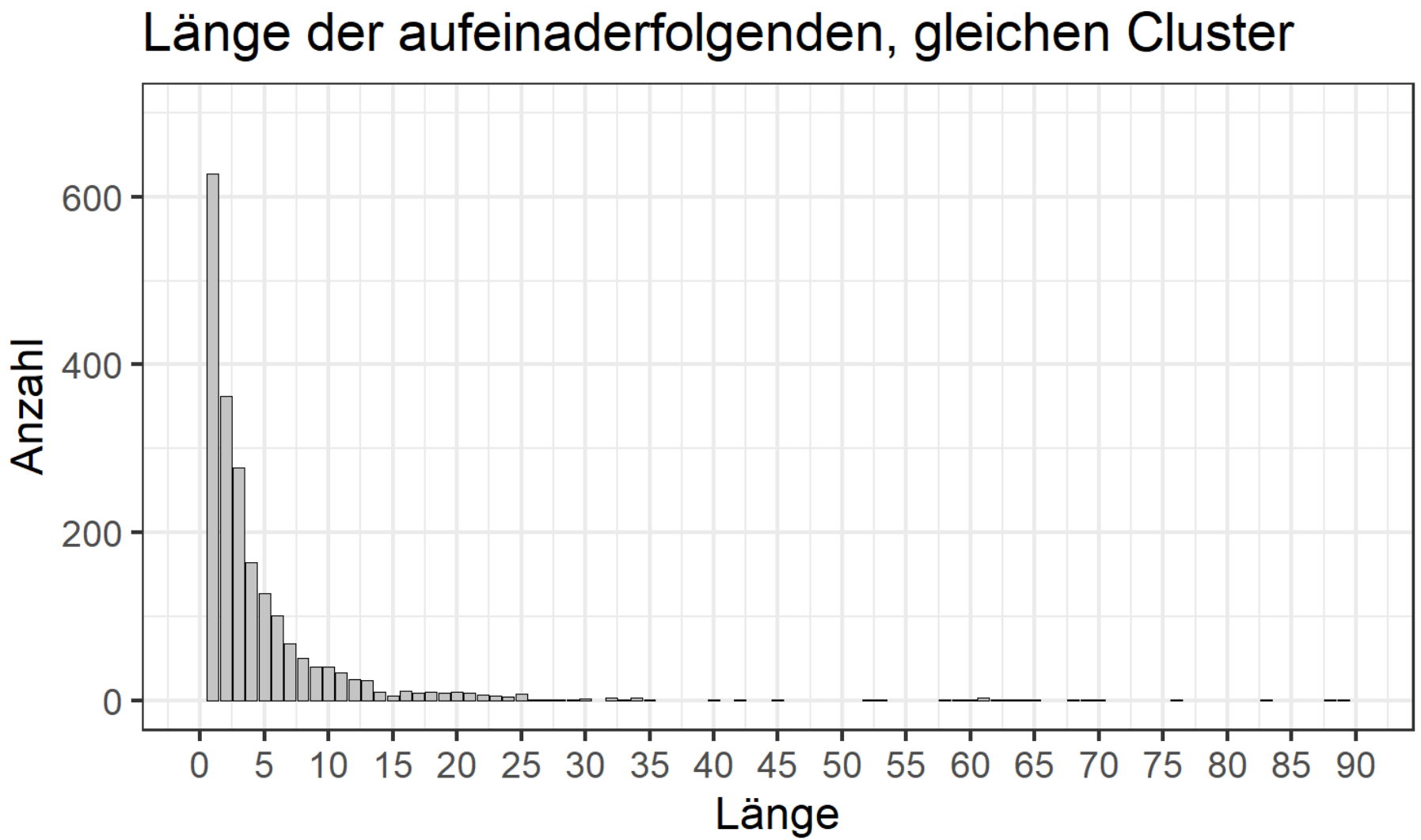
  4. Wiederholen der Schritte 2 und 3 bis kein Element mehr die Gruppe wechseln muss
-

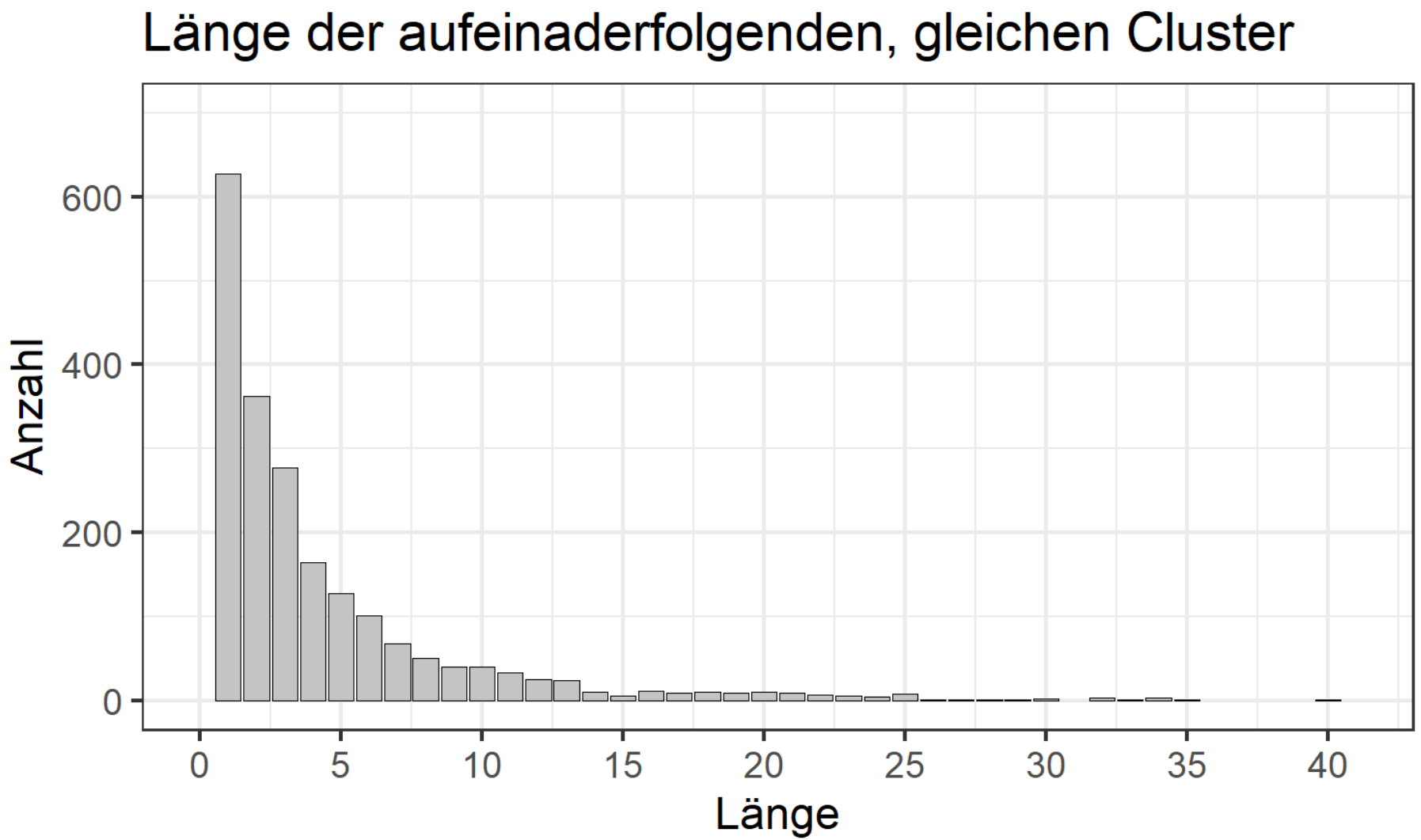
2. Analyse

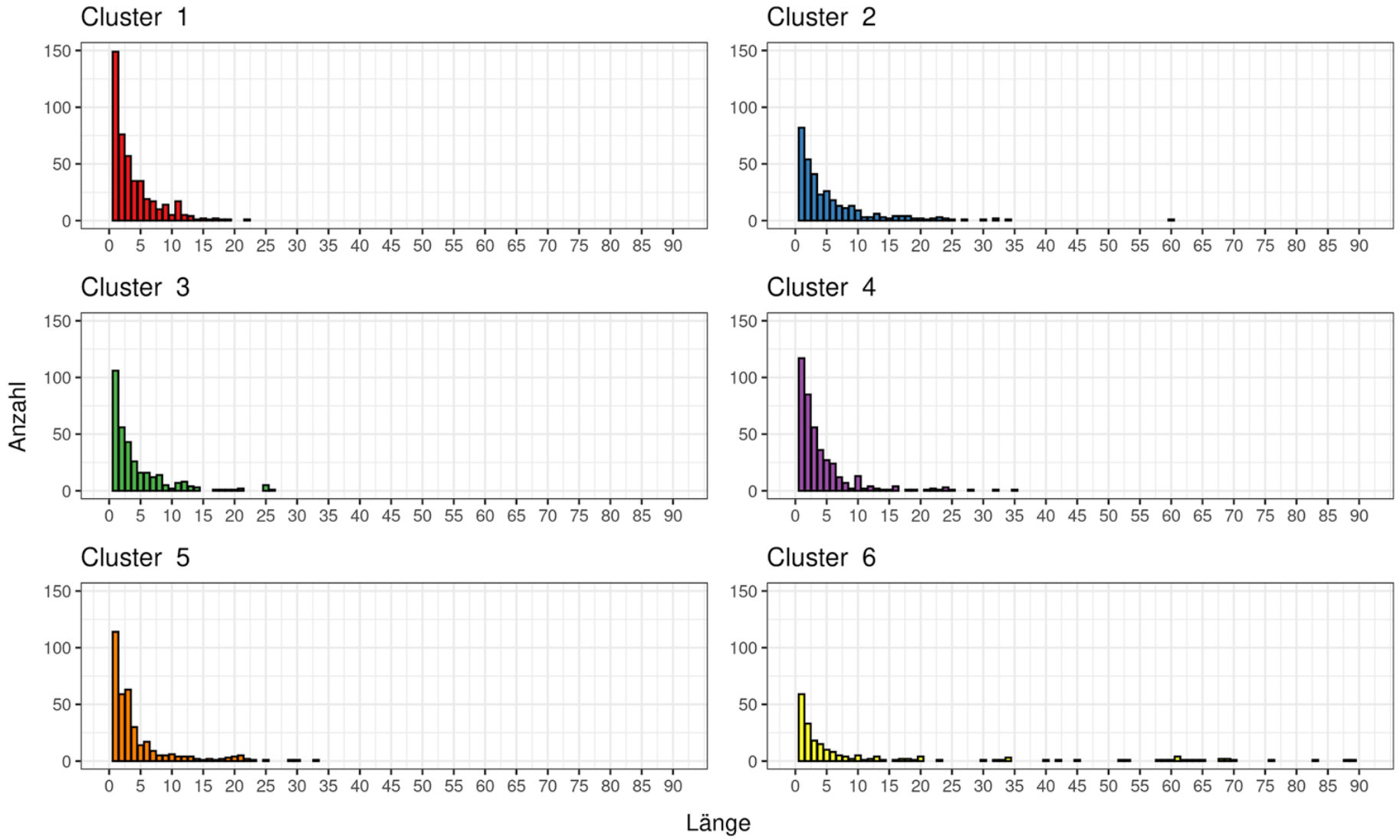
i. Methodik

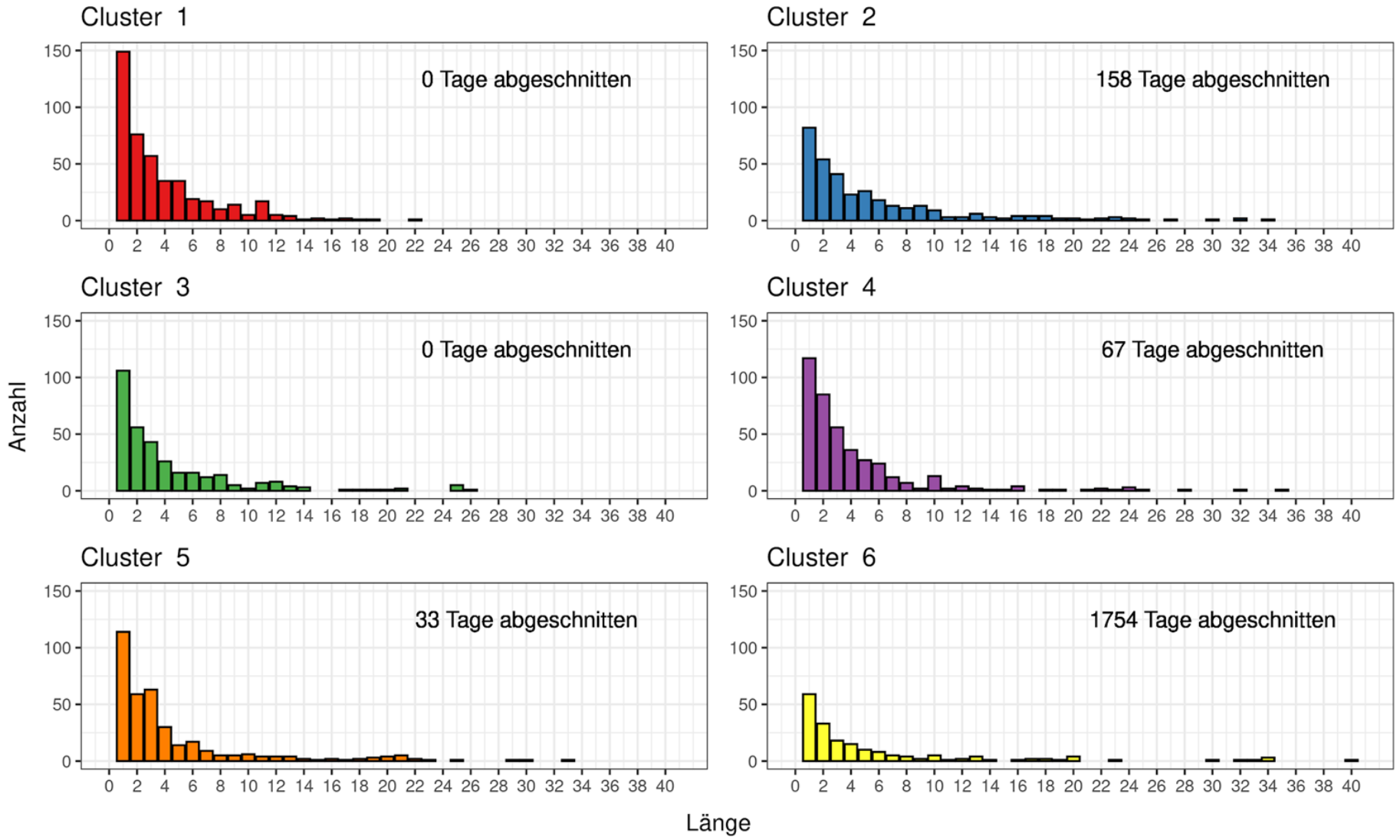
ii. Ergebnisse

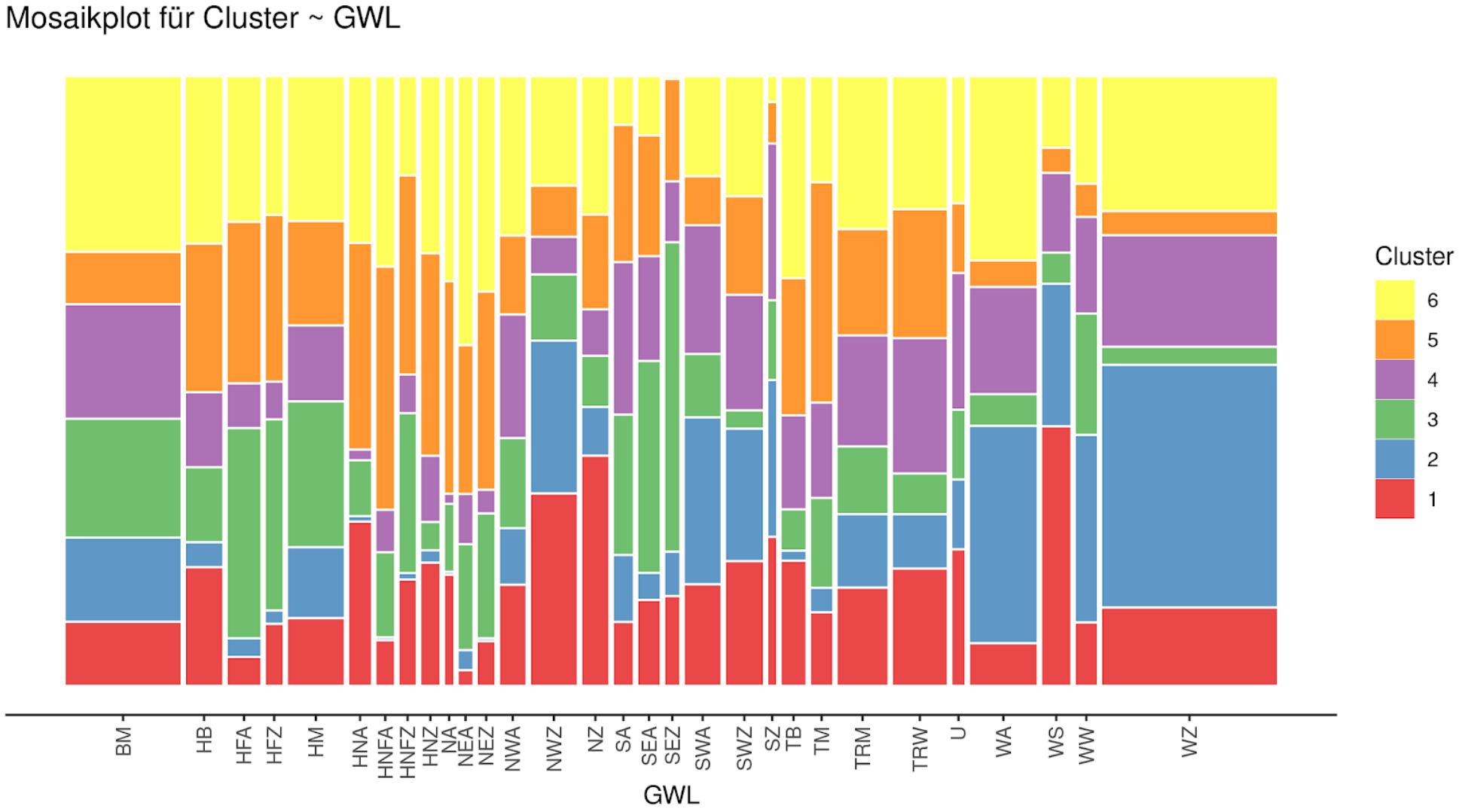

Silhouettenplot
Silhouettenkoeffizient: 0.141
Silhouette S(o)
1.00
0.75
0.50
0.25
0.00
-0.25
Cluster
1
2
3
4
5
6


Länge der aufeinaderfolgenden, gleichen Cluster
Anzahl
600
400
200
0
0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90
Länge


Länge der aufeinaderfolgenden, gleichen Cluster
Anzahl
600
400
200
0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
Länge


Cluster 1
Cluster 2
Cluster 3
Cluster 4
Cluster 5
Cluster 6
Anzahl
Länge
0
50
100
150
0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90


Cluster 1
0 Tage abgeschnitten
Cluster 2
158 Tage abgeschnitten
Cluster 3
0 Tage abgeschnitten
Cluster 4
67 Tage abgeschnitten
Cluster 5
33 Tage abgeschnitten
Cluster 6
1754 Tage abgeschnitten
Anzahl
Länge

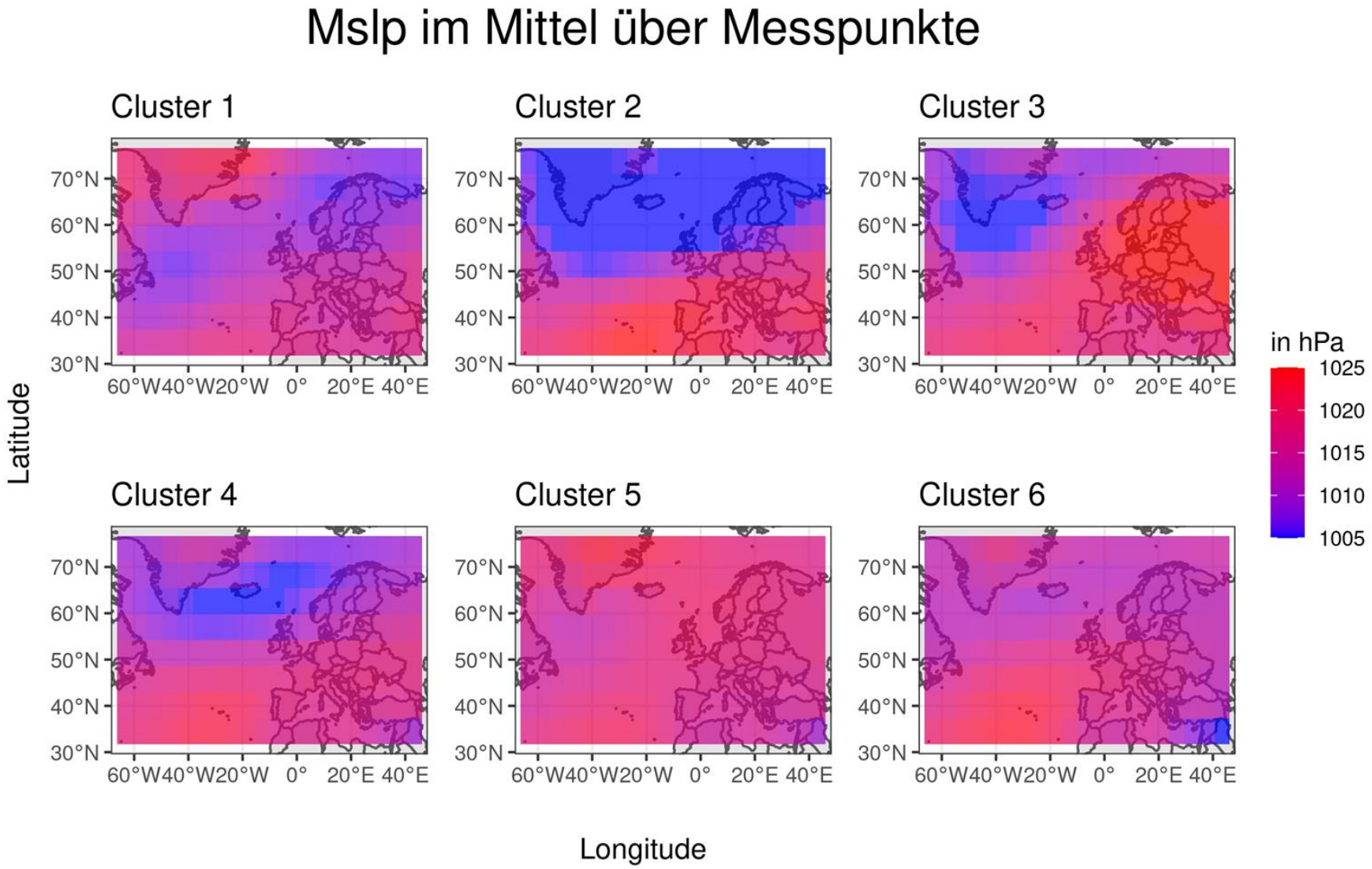

Mosaikplot für Cluster ~ GWL
Cluster
6
5
4
3
2
1
BM
HB
HFA
HFZ
HM
HNA
HNFA
HNFZ
HNZ
NA
NEA
NEZ
NWA
NWZ
NZ
SA
SEA
SEZ
SWA
SWZ
SZ
TB
TM
TRM
TRW
U
WA
WS
WW
WZ
GWL

2. Analyse

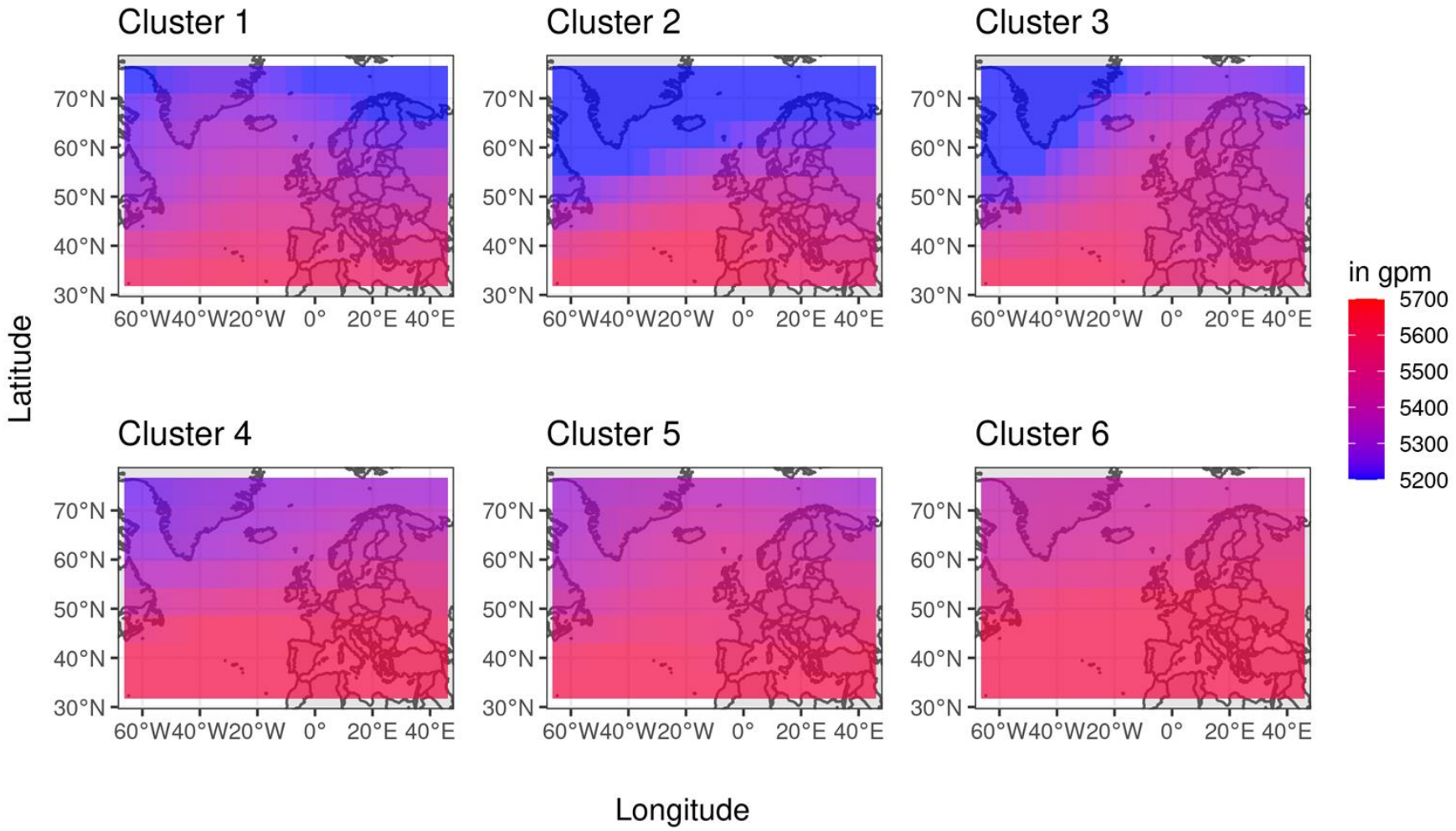
i. Methodik

ii. Ergebnisse

iii. Deskriptive Analyse der Cluster


Mslp im Mittel über Messpunkte
Cluster 1
Cluster 2
Cluster 3
Cluster 4
Cluster 5
Cluster 6
70°N
60°N
50°N
40°N
30°N
60°W 40°W 20°W 0° 20°E 40°E
Latitude
Longitude
in hPa
1025
1020
1015
1010
1005

Geopot im Mittel über Messpunkte



3. Ausblick

Nicht benutzen der zeitlichen struktur -> video statt bilder für zeitliche komponente

Ansatz mit filtern

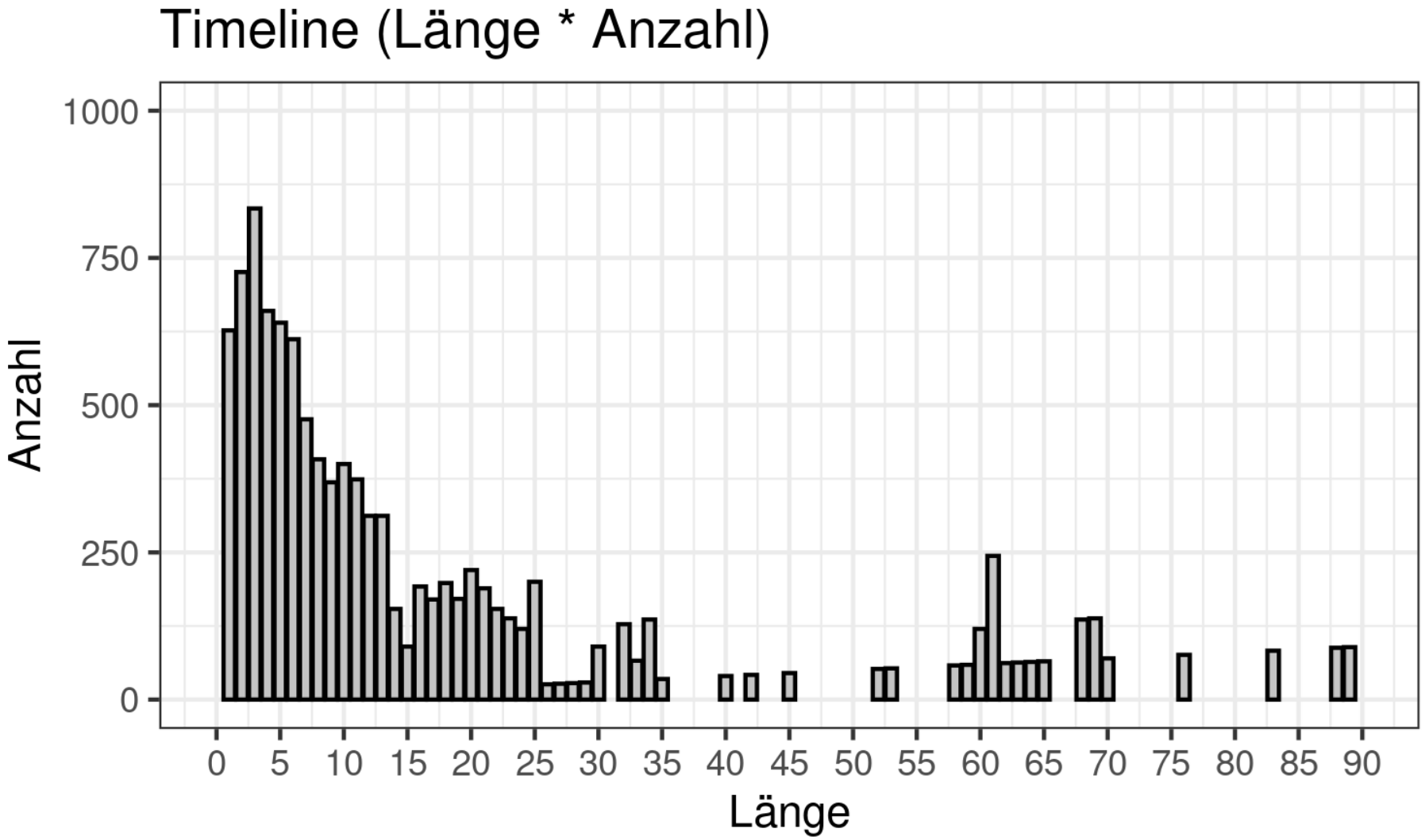
4. Fazit

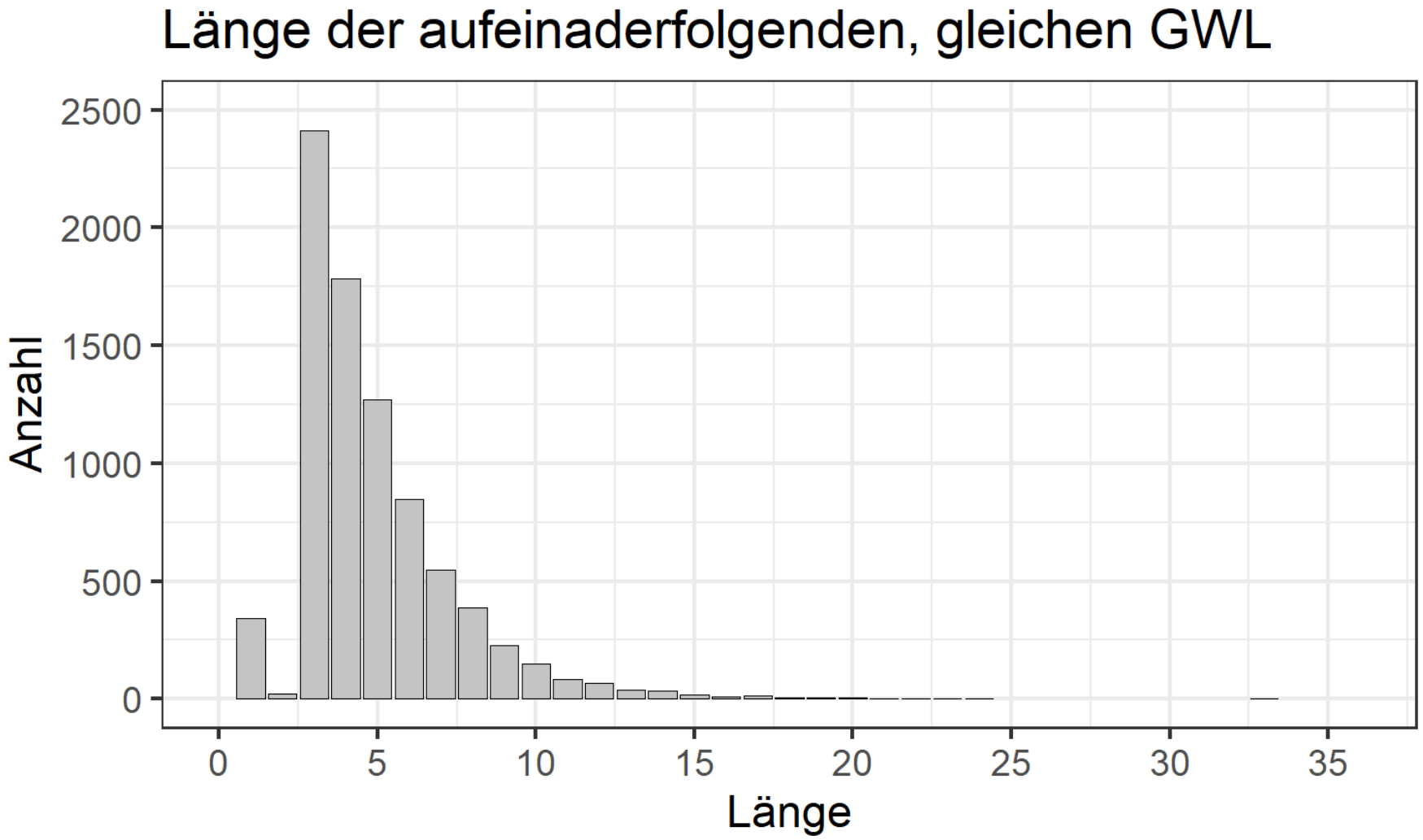
Fazit

Anhang

Versuchte Algorithmen/Metriken

- Cluster Algorithmen:
  - PAM
  - K-means
  - Fuzzy
  - GMM
  - DBSCAN
- Metriken
  - Euklidisch
  - Manhattan
  - Mahalanobis


Timeline (Länge * Anzahl)
Anzahl
1000
750
500
250
0
0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90
Länge


Länge der aufeinaderfolgenden, gleichen GWL
Anzahl
2500
2000
1500
1000
500
0
0
5
10
15
20
25
30
35
Länge