

# NETZFREQUENZ ALS GRUNDLAGE FÜR FORENSISCHE ANALYSEN

GRIDRADAR ([www.gridradar.net](http://www.gridradar.net))

Christian Krämer

Tobias Veith

# WAS IST GRIDRADAR.NET?

- Wide area monitoring system (WAMS), welches Frequenz und Spannungswinkel seit Juni 2017 im europäischen UCTE Netz aufzeichnet
  - Aktuell mehr als 20 Messpunkte mit Fokus Zentraleuropa, aber auch West- und Osteuropa
  - Frequenz und Spannungswinkel werden GPS-synchronisiert aufgezeichnet
- Gridradar ist das größte unabhängige WAMS in Europa
- Es wird kontinuierlich erweitert
- Bis heute umfasst die Datenbank ca. vier Milliarden Messungen
  - Dazu werden kontinuierlich weitere Open Data-Informationen gemerged (wenn verfügbar, dann in Echtzeit)

# PHASOR MEASUREMENT UNIT



- GPS synchronisierte Phasor Measurement Units (PMU)
- 10 Samples/s
- Messwerte umfassen Frequenz und Phasenwinkel
- Zentrale Datenbankspeicherung an mehreren Standorten

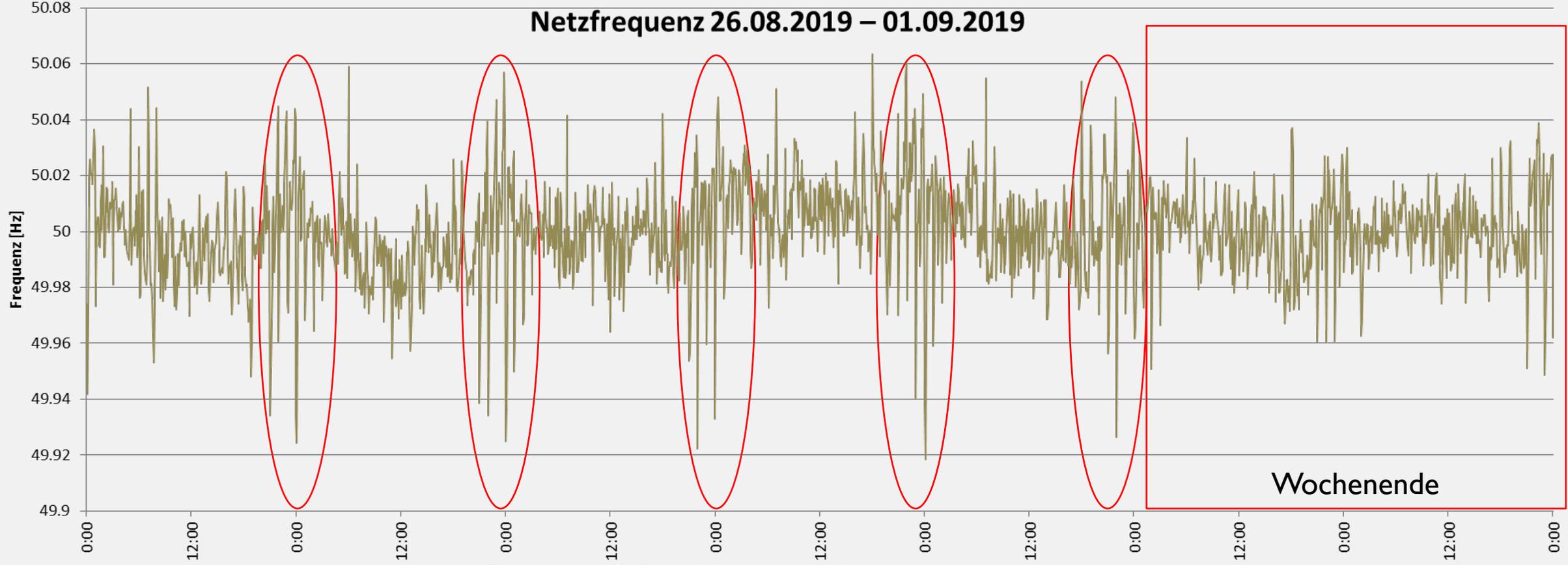
# ANWENDUNGEN IM ENERGIESEKTOR

Die Daten werden bislang für unterschiedliche Anwendungen mit Fokus auf den Energiesektor verwendet und für die Erprobung zukünftiger Anwendungen bereitgestellt:

- Ex-ante:
  - Forecast Frequenzabweichung → relevant bspw. für Regelleistungsanbieter
  - Identifikation von Kraftwerks- und Netzfehlern anhand von Frequenzabweichungen und Phasenwinkeldifferenzen → relevant für kurzfristige Gegenmaßnahmen mit verteilten Anlagen
- Ad-hoc:
  - Aufbau virtueller Schwungradmassen → relevant, sobald große Schwungradmassen wie Kernenergie und Braunkohle vom Netz gehen.
- Ex-post:
  - Post-mortem Analysen von Großereignissen wie der Beinahe-Blackout am 10.01.2019 oder besondere Netzsituation (bspw. für die BNetzA)
  - Wissenschaftliche Verwendung der Daten an Universitäten und Hochschulen (RWTH, Jacobs Universität Bremen, Université de Technologie Belfort-Montbéliard)

# EINFÜHRUNG ENF

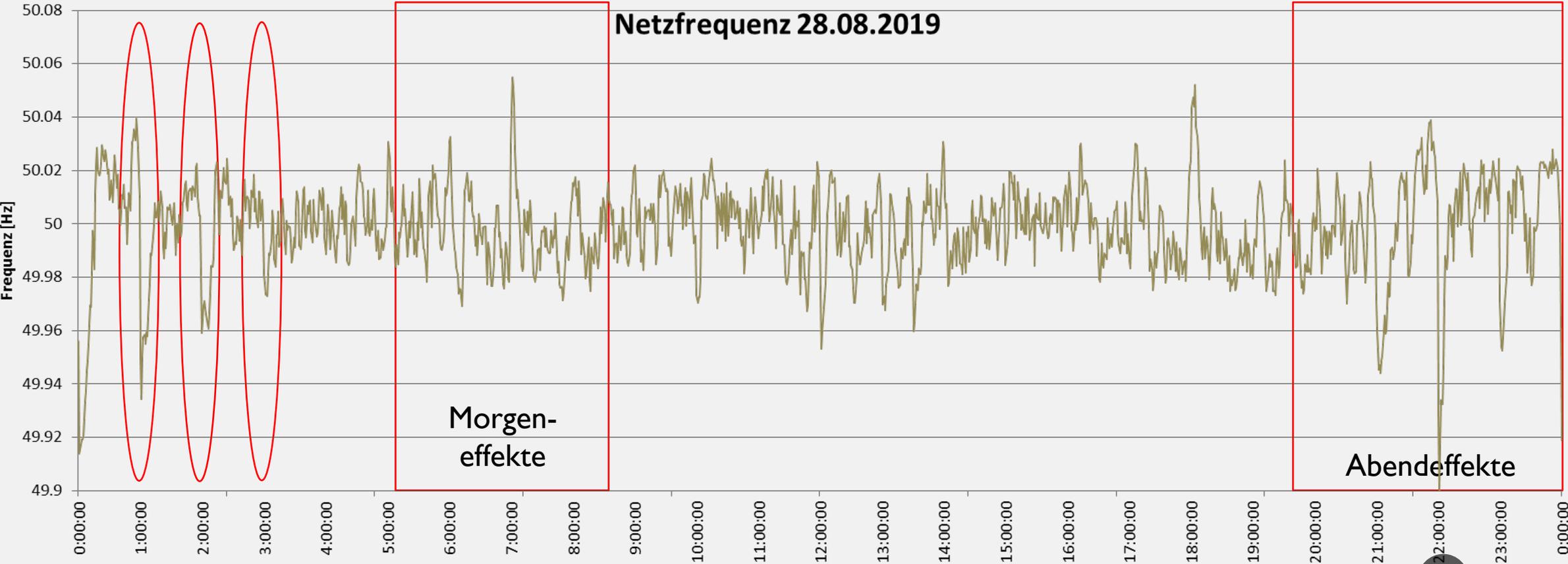
## Typische Muster im Frequenzverlauf: Wochenmuster



Typisches Schwankungsverhalten

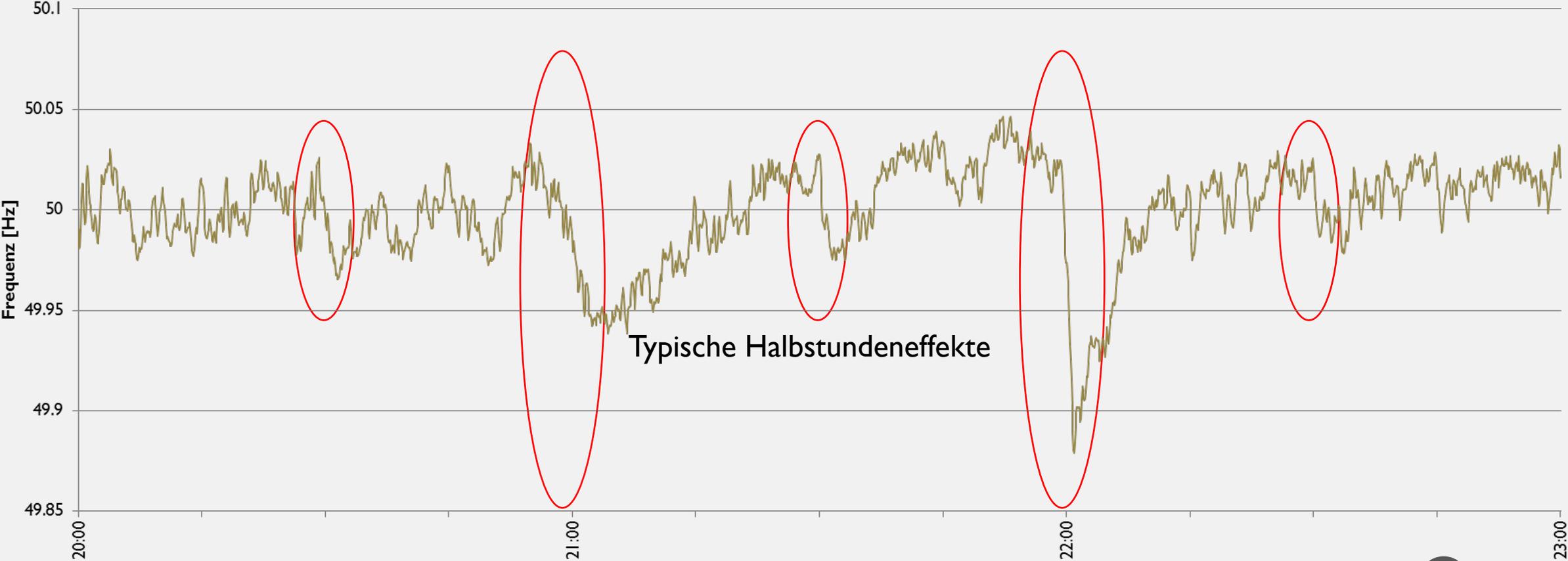
# EINFÜHRUNG ENF

## Typische Muster im Frequenzverlauf: Tagesmuster

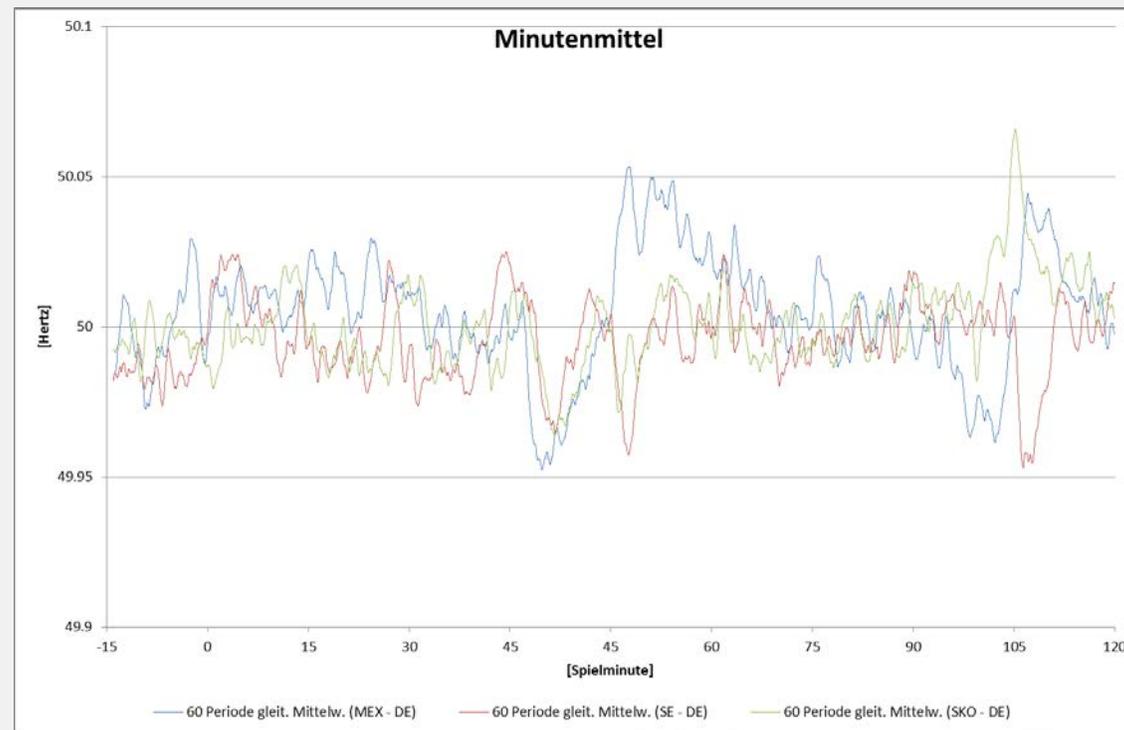


# EINFÜHRUNG ENF

## Typische Muster im Frequenzverlauf: Stundenmuster



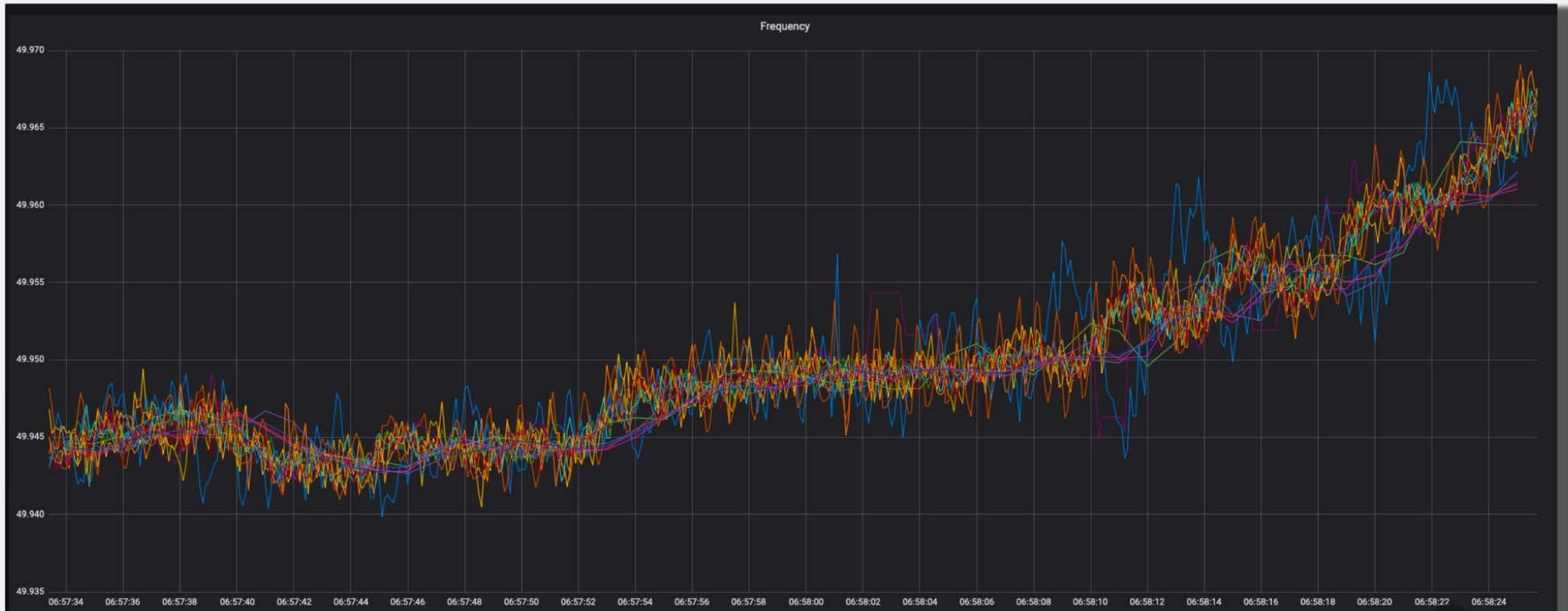
... FUßBALL IST UNSER LEBEN!



# DER NÄCHSTE SCHRITT: REGIONALITÄT

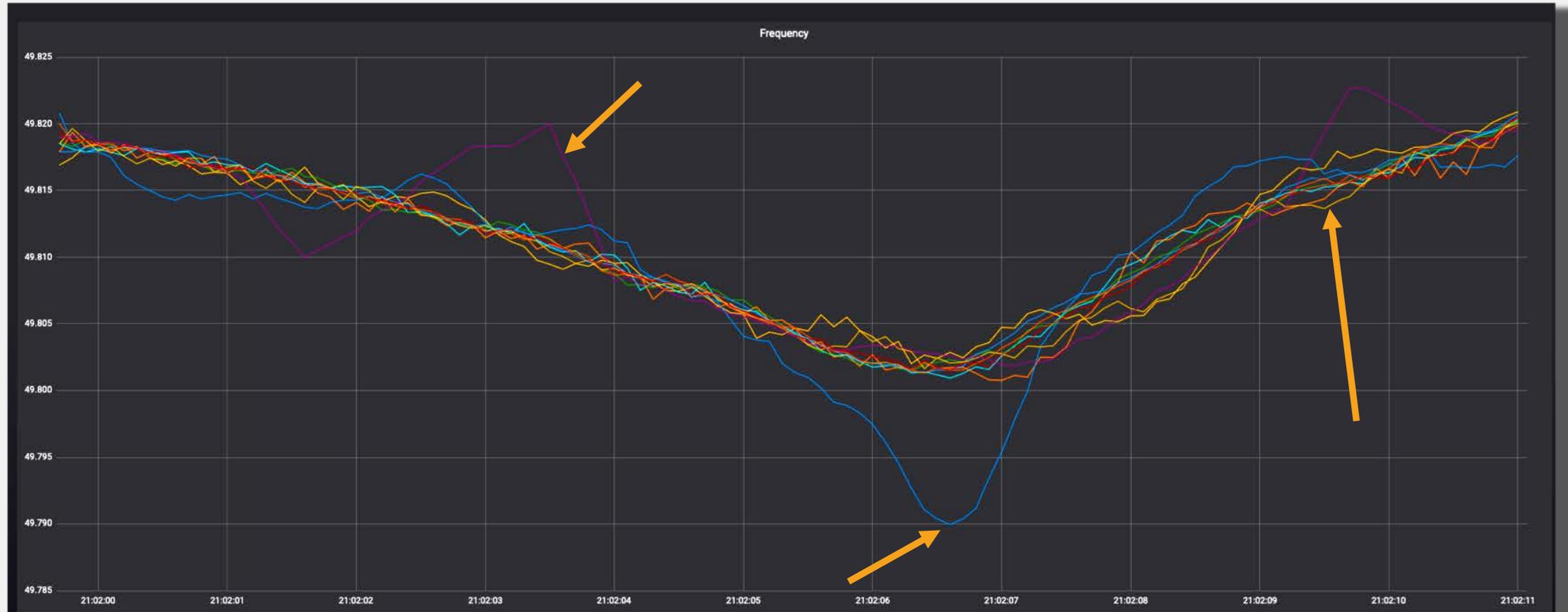


# DER NÄCHSTE SCHRITT: REGIONALITÄT

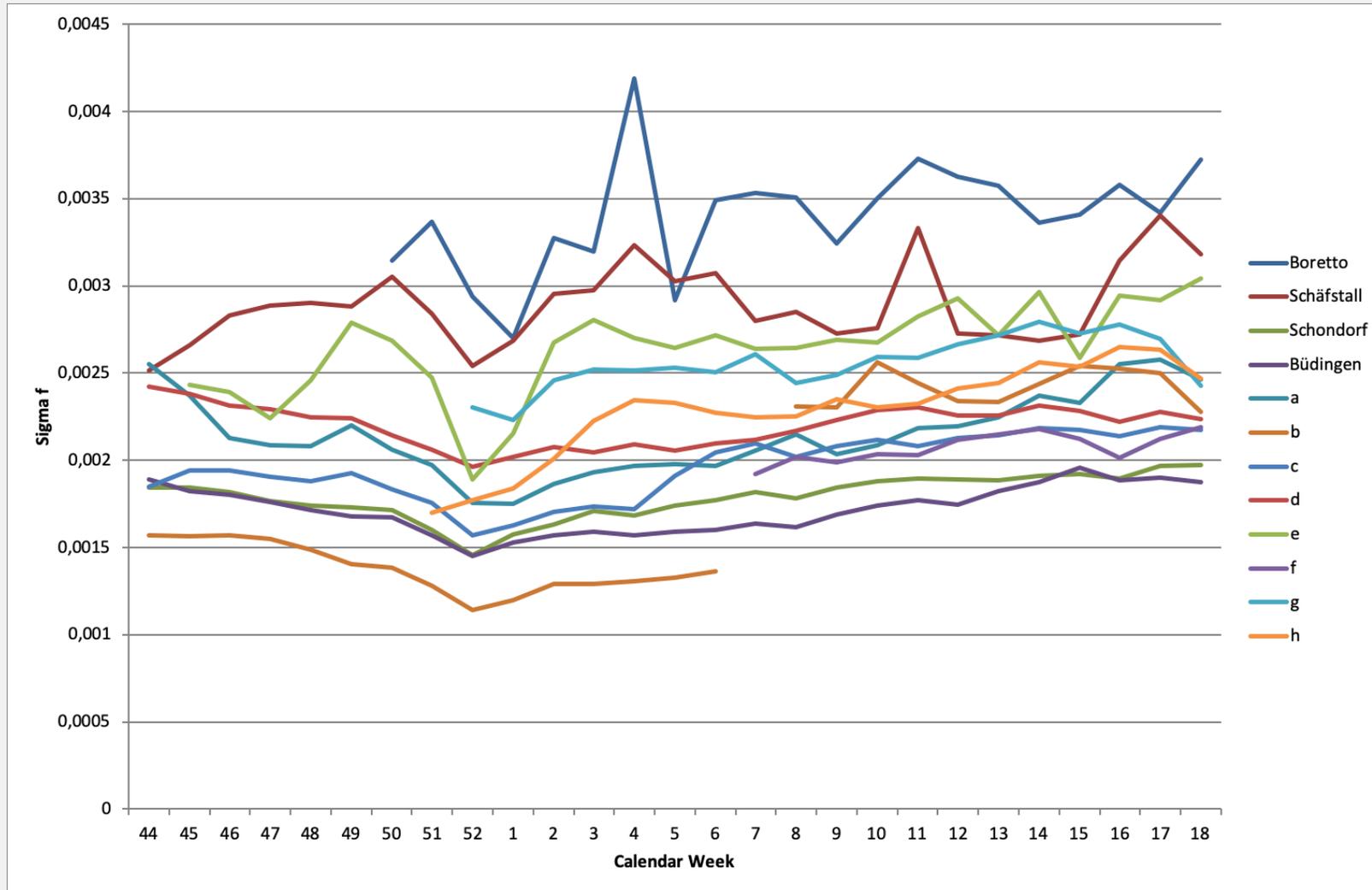


Christian Krämer, Tobias Veith

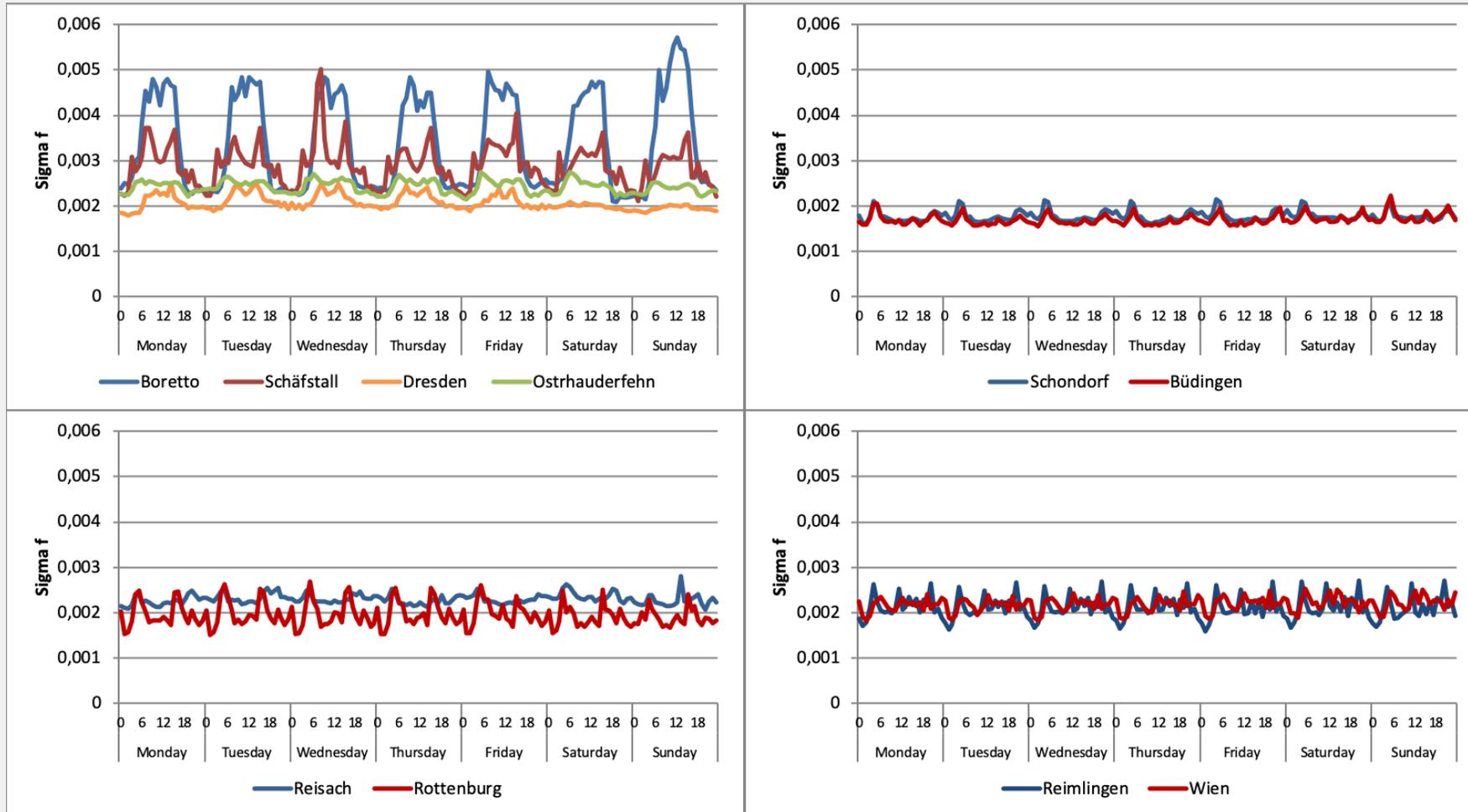
# DER 10. JANUAR 2019



# REGIONALE UNTERSCHIEDE



# REGIONALE UNTERSCHIEDE



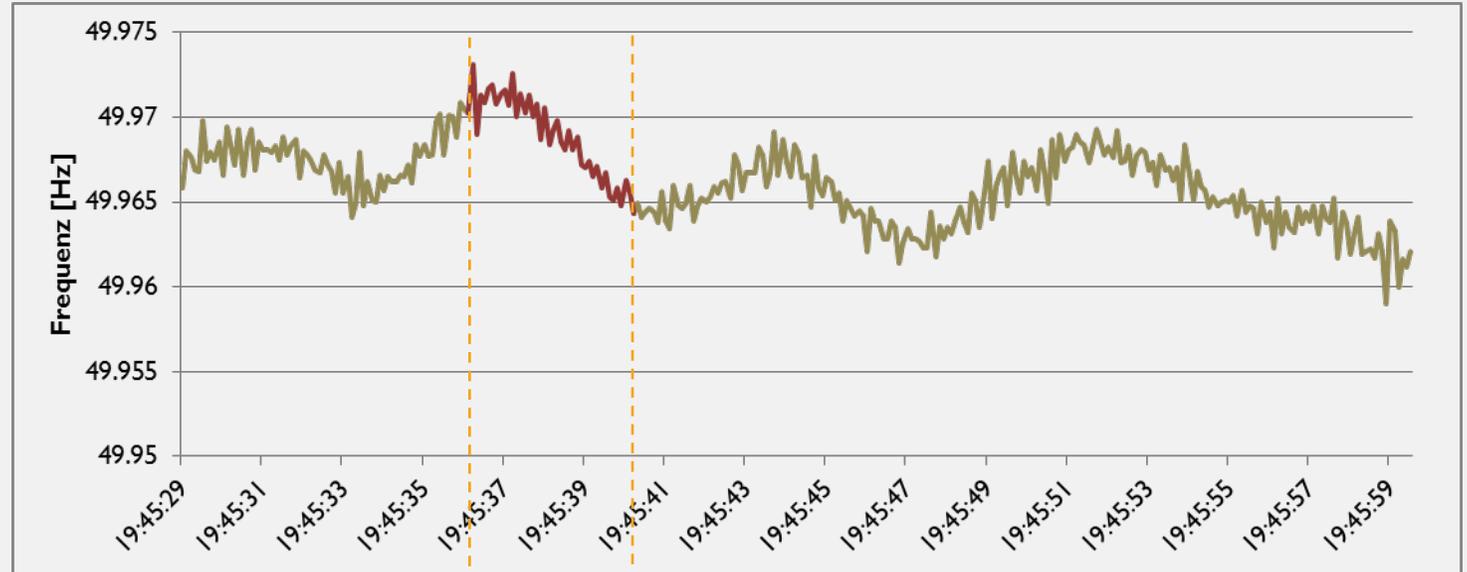
# ECHTHEITS- ODER VOLLSTÄNDIGKEITS- PRÜFUNG EINER DATEI

## Analyseprozess

Video- oder Audiodatei

Isolation der Netzfrequenz

Ableich des Fragments mit  
der gemessenen Frequenz



### Identifikation der Unregelmäßigkeit:

- Frequenzveränderung in dieser Form innerhalb einer Zehntelsekunde sehr ungewöhnlich
- Frequenz des Fragments weicht von tatsächlicher Netzfrequenz ab

# IDENTIFIKATION DES AUFNAHMEZEITFENSTERS

## Analyseprozess

Video- oder Audiodatei

Isolation der Netzfrequenz

Identifikation des Zeitfensters

## Identifikation des Zeitfensters

### Analyse des Fragments

#### Sondereffekte

- Sondersituationen im Netz
- WM etc.

#### Zeitliche Effekte

- Sommer-/ Wintermuster
- Wochentag-/ Wochenendmuster
- Tageszeitmuster

#### Markteffekte

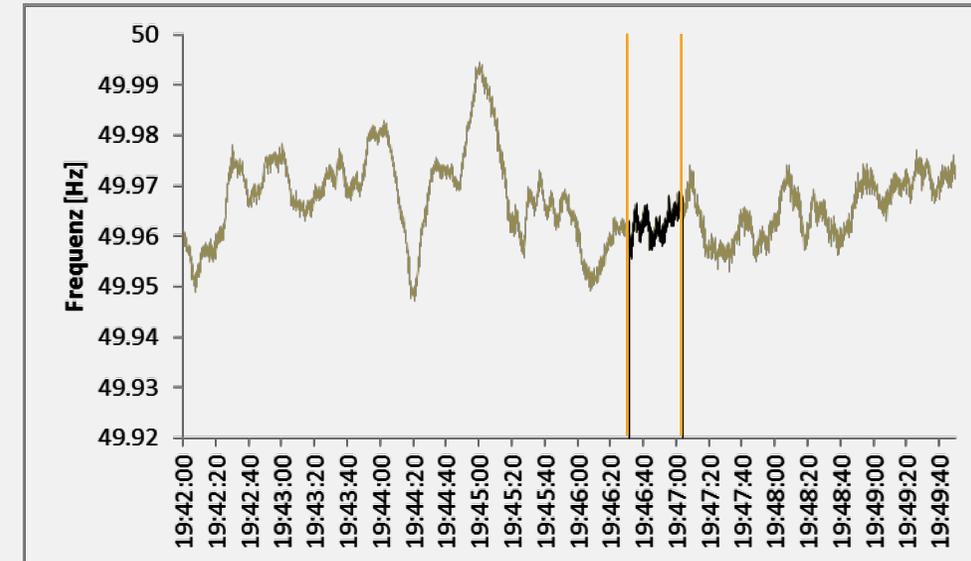
- Stundenbruch
- Tagesbruch

### Abgleich mit der Datenbank

- DB mit hinterlegten Filterstrukturen
- Datenspeicherung nach Aggregationstiefe

Ergebnisse der Fragmentanalyse zur Reduktion der Gesamtdaten auf Auswahl potenzieller Zeitfenster

Detailabgleich des Fragments mit ausgewählten DB-Auszügen



### Abgleich des Fragments:

- Frequenz des Fragments und Frequenz des Netzes ist nur am Ort der Aufnahme exakt gleich.
  - Zehntelsekundenanalyse bietet aber sehr präzise Annäherung der Frequenz im System
- Es wird nicht das Fragment an sich für den Vergleich verwendet sondern das Fragment mit einem Band

# REGIONALE APPROXIMATION DES AUFZEICHNUNGORTES

## Analyseprozess

Video- oder Audiodatei

Isolation der Netzfrequenz

Regionale Analyse

## Regionale Analyse

### Voraussetzung

Zeitliche Einordnung sollte möglichst präzise sein  
Ansonsten muss diese zunächst erfolgen → reduziert die Freiheitsgrade der regionalen Approximation

### Analyse des Fragments

Deskriptive Analyse

Analyse der Streuung

Analyse der Veränderung

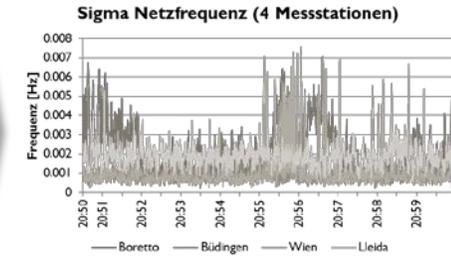
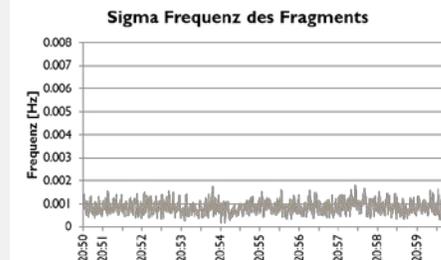
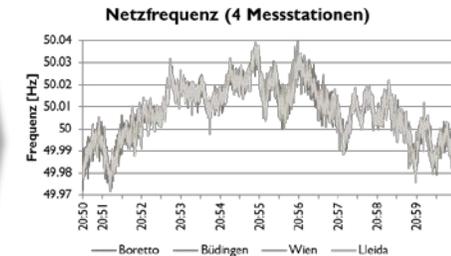
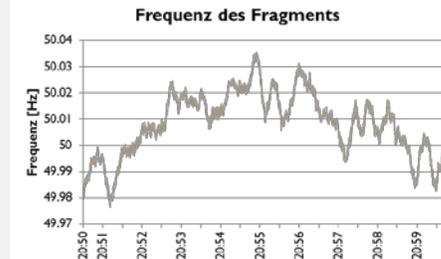
Analysen in Bezug auf

- den Zeitpunkt
- die zeitlichen Abstände zwischen identifizierten Markern
- die Amplitude zwischen identifizierten Markern

### Ableich mit der Datenbank

- DB mit hinterlegten Filterstrukturen und regionalen Metadaten
- Informationen der geographisch verteilten Messstationen

Ableich identifizierter Marker und Ergebnisse der Fragmentanalyse mit den DB-Informationen



### Regionale Identifikation:

- Stufe I: Erkennung typischer regionaler Muster (Nähe zu Kraftwerken und Kraftwerkstypen, große Verbrauchsstätten, ...)
- Stufe II: Geographische Einordnung in Europa anhand von identifizierten regionalen Mustern

VIELEN DANK FÜR IHRE  
AUFMERKSAMKEIT

**Christian Krämer**

kraemer@gridradar.net

**Prof. Dr. Tobias Veith**

veith@gridradar.net