

Thüringer Immissionsschutz-Symposium

14. April 2016 in Arnstadt

Veranstalter: TÜV Akademie GmbH

Vortrag: Dipl.-Met. André Zorn zur
Nutzung von Statistiken bei Zeitreihen-Rechnungen in Immissionsprognosen

★Zur Person des Autors | Kontakt

★Motivation | Veranlassung

★Methodik

★Methodenvalidierung

★Zusammenfassung | Fazit

Nutzung von Statistiken bei Zeitreihen-Rechnungen in Immissionsprognosen

Zur Person des Autors



- ★Diplom-Meteorologe (Humboldt-Universität zu Berlin von 1982 bis 1987)
- ★Flugwetterdienst mit Piloten-Training und Streckenberatung (Strausberg von 1988 bis 1990)
- ★Genehmigung und Überwachung von Anlagen in hierfür zuständigen Immissionsschutz-Behörden (Berlin 1990/1991 und Erfurt 2008/2009)
- ★Messstellen für Luftschadstoffe und Gerüche nach §§ 26/28 bzw. § 29b BImSchG (TÜV Hessen, TÜV Umwelttechnik, TÜV Thüringen, Agrar- und Umweltanalytik, Eurofins von 1992 bis 2008 sowie AIRTEC Leipzig seit 2010)
- ★Bekannt gegebener Sachverständiger nach § 29a BImSchG für das Arbeitsgebiet "Auswirkungen von Störfällen, anderen Schadensereignissen sowie sonstigen Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebs; Ermittlung, Berechnung und Bewertung" (TMLNU seit 1998)
- ★Durch die Deutsche Meteorologische Gesellschaft als Beratender Meteorologe für das Arbeitsgebiet "Ausbreitung von Luftbeimengungen" anerkannt (DMG e.V. seit 2014)
- ★Von der Industrie- und Handelskammer öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Ausbreitung von Luftbeimengungen (IHK Südthüringen seit 2015)

Kontakt

Büro für Immissionsprognosen | Triftstraße 2 | 99330 Frankenhain

T: 036205 91273 | M: 0171 2889516 | E: a.zorn@immissionsprognosen.com

Nutzung von Statistiken bei Zeitreihen-Rechnungen in Immissionsprognosen

Motivation | Veranlassung: Zeitreihen-Rechnungen mit LASAT und AUSTAL2000

Ausbreitungsklassenstatistiken (AKS) besitzen gegenüber Ausbreitungsklassenzeitreihen (AKTerm) besondere Vorzüge wie:

- ★beliebig (hoch) gestaltbare die zeitliche Repräsentativität nicht nur separat für einzelne Parameter sondern auch für die Kombination aus z.B. Windrichtung (DD), Windgeschwindigkeit (FF), Schichtungsstabilität (KM) und Niederschlag (RR),
- ★Schließung von Lücken in Messreihen nicht erforderlich,
- ★umfangreich verfügbar und kommerziell attraktiv.

Ziel

- ★Nutzung der Vorzüge der Statistiken für Immissionsprognosen mit zeitlich variierenden emissionsverursachenden Betriebsvorgängen
- ★Minimierung von Unterschieden zwischen Berechnungen mit AKS und AKTerm

Nutzung von Statistiken bei Zeitreihen-Rechnungen in Immissionsprognosen

Motivation | Veranlassung: AKS bei Schwäbisch-Hall (<http://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/pages/map/default/index.xhtml>)

Synthetische Wind- und Ausbreitungsklassenstatistiken Baden-Württemberg (Antriebszeitraum 2001 - 2010)

© 2013 Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
© 2013 Arge METCON (Pinneberg), IB Rau (Heilbronn), metSoft GbR (Heilbronn)

Version 2.05

Lage in Gauß-Krüger DHDN/PD (Lagestatus 100)

Rechtswert: 3 550 500

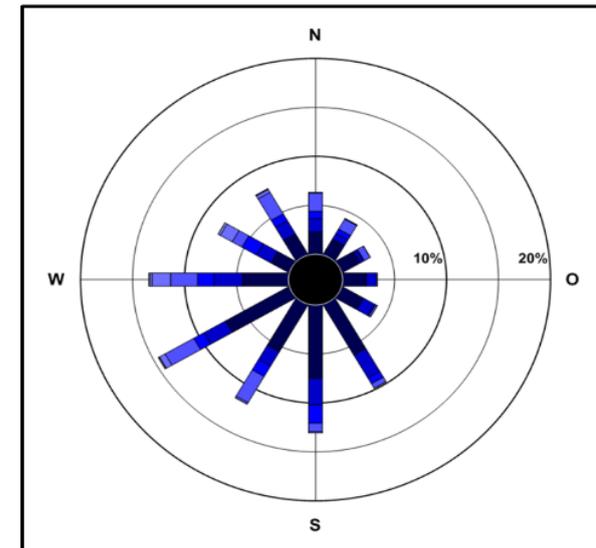
Hochwert: 5 445 000

Mittlere Windgeschwindigkeit:

1.8 m/s

Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten (m/s) und Windrichtungssektoren (°) in %
(Klassenaufteilung nach TA Luft)

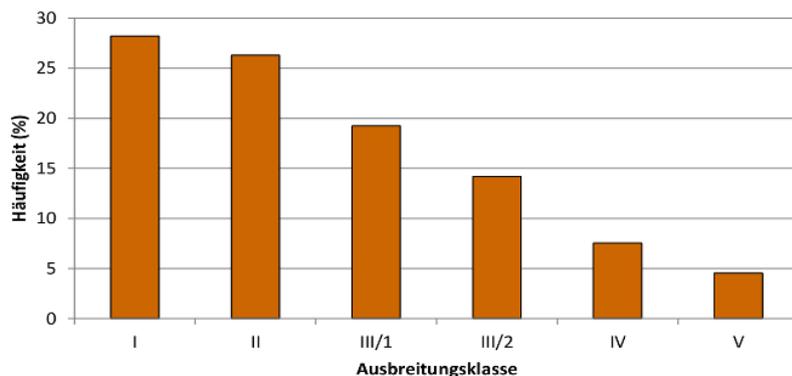
| Geschwindigkeit | 0-1.3 | 1.4-1.8 | 1.9-2.3 | 2.4-3.8 | 3.9-5.4 | 5.5-6.9 | 7.0-8.4 | 8.5-10.0 | > 10.0 | Summe |
|-----------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|--------|--------|
| Richtung | m/s | m/s | m/s | m/s | m/s | m/s | m/s | m/s | m/s | |
| 345°-015° | 2.39 | 1.31 | 0.74 | 1.87 | 0.07 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 6.39 |
| 015°-045° | 1.90 | 0.67 | 0.50 | 1.16 | 0.08 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.31 |
| 045°-075° | 2.07 | 0.34 | 0.11 | 0.66 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.18 |
| 075°-105° | 2.34 | 1.02 | 0.01 | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.43 |
| 105°-135° | 2.44 | 1.23 | 0.10 | 0.18 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.95 |
| 135°-165° | 6.01 | 2.69 | 0.68 | 0.54 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 9.93 |
| 165°-195° | 7.58 | 2.70 | 1.85 | 0.87 | 0.14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 13.15 |
| 195°-225° | 5.61 | 1.67 | 1.24 | 3.09 | 0.17 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 11.82 |
| 225°-255° | 7.10 | 2.39 | 1.13 | 3.19 | 0.61 | 0.10 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 14.57 |
| 255°-285° | 4.52 | 2.73 | 1.58 | 2.60 | 1.79 | 0.21 | 0.09 | 0.00 | 0.00 | 13.52 |
| 285°-315° | 2.05 | 1.62 | 1.61 | 1.08 | 1.33 | 0.23 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 7.92 |
| 315°-345° | 2.49 | 1.56 | 0.82 | 2.53 | 0.34 | 0.08 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 7.83 |
| Summe | 46.51 | 19.93 | 10.40 | 17.82 | 4.53 | 0.66 | 0.15 | 0.01 | 0.00 | 100.00 |



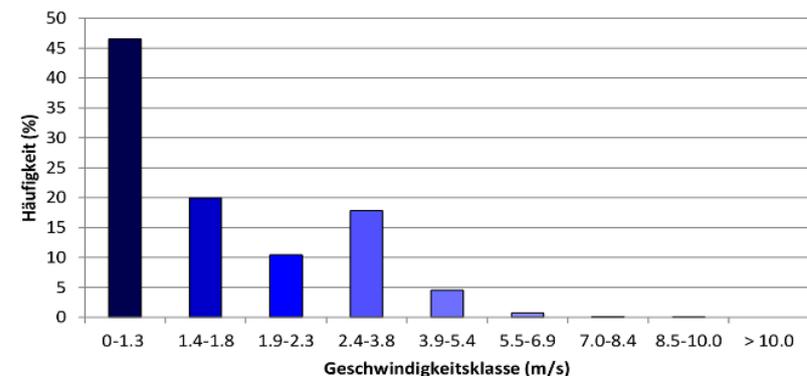
Häufigkeit der Ausbreitungsklassen nach Klug/Manier in %

| Klasse | I | II | III/1 | III/2 | IV | V |
|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| | 28.19 | 26.29 | 19.26 | 14.18 | 7.54 | 4.53 |

Häufigkeit der Ausbreitungsklassen nach Klug/Manier



Häufigkeit der Windgeschwindigkeitsklassen nach TA Luft



Nutzung von Statistiken bei Zeitreihen-Rechnungen in Immissionsprognosen

Motivation | Veranlassung: AKTerm bei Schwäbisch-Hall (<http://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/pages/map/default/index.xhtml>)

Synthetisch repräsentative Ausbreitungsklassenzeitreihen Baden-Württemberg (Antriebszeitraum 2001 - 2010)

© 2014 Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
© 2014 Arge METCON (Pinneberg), IB Rau (Heilbronn), metSoft GbR (Heilbronn)

Version 2.00

Lage in Gauß-Krüger DHDN/PD (Lagestatus 100)

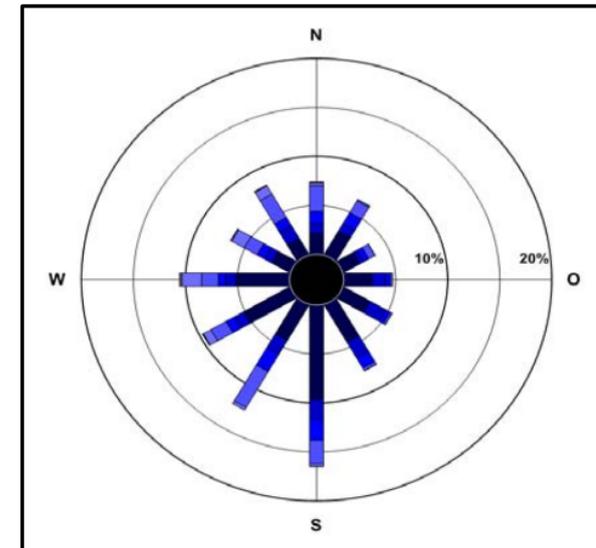
Rechtswert: 3 550 500
Hochwert: 5 445 000

Mittlere Windgeschwindigkeit:

1.8 m/s

Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten (m/s) und Windrichtungssektoren (°) in % (Klassenaufteilung nach TA Luft)

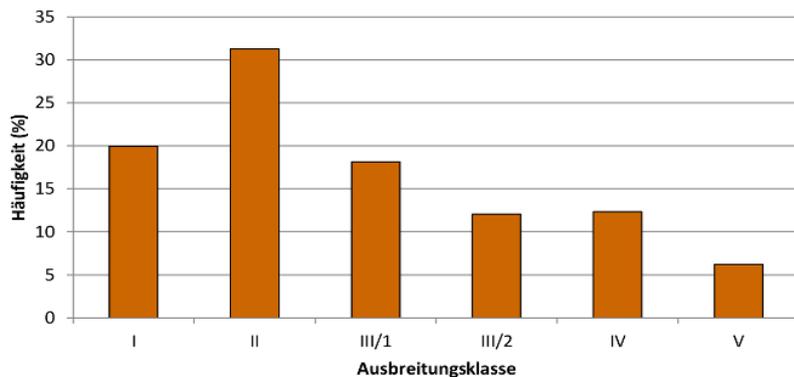
| Geschwindigkeit | Windgeschwindigkeitsklassen (m/s) | | | | | | | | | Summe | |
|-----------------|-----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|--------|-------|--------|
| | 0-1.3 | 1.4-1.8 | 1.9-2.3 | 2.4-3.8 | 3.9-5.4 | 5.5-6.9 | 7.0-8.4 | 8.5-10.0 | > 10.0 | | |
| Richtung | m/s | m/s | m/s | m/s | m/s | m/s | m/s | m/s | m/s | m/s | |
| 346°-015° | 2.26 | 0.99 | 1.19 | 2.63 | 0.34 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 7.43 |
| 016°-045° | 2.83 | 0.89 | 1.27 | 1.40 | 0.16 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 6.55 |
| 046°-075° | 1.92 | 0.43 | 0.57 | 0.68 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.61 |
| 076°-105° | 2.78 | 1.32 | 0.45 | 0.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.76 |
| 106°-135° | 3.04 | 1.75 | 0.49 | 0.21 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 5.49 |
| 136°-165° | 4.46 | 1.84 | 1.23 | 0.29 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 7.83 |
| 166°-195° | 9.71 | 2.03 | 2.13 | 2.38 | 0.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 16.55 |
| 196°-225° | 4.25 | 1.62 | 2.07 | 4.23 | 0.33 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 12.49 |
| 225°-255° | 5.21 | 1.01 | 0.93 | 1.69 | 0.83 | 0.09 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 9.76 |
| 256°-285° | 5.23 | 1.00 | 0.69 | 1.61 | 1.87 | 0.16 | 0.08 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 10.63 |
| 286°-315° | 2.09 | 0.82 | 0.81 | 1.45 | 1.35 | 0.11 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 6.64 |
| 316°-345° | 1.98 | 1.48 | 0.98 | 2.77 | 0.97 | 0.07 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 8.26 |
| Summe | 45.76 | 15.17 | 12.81 | 19.54 | 6.16 | 0.44 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |



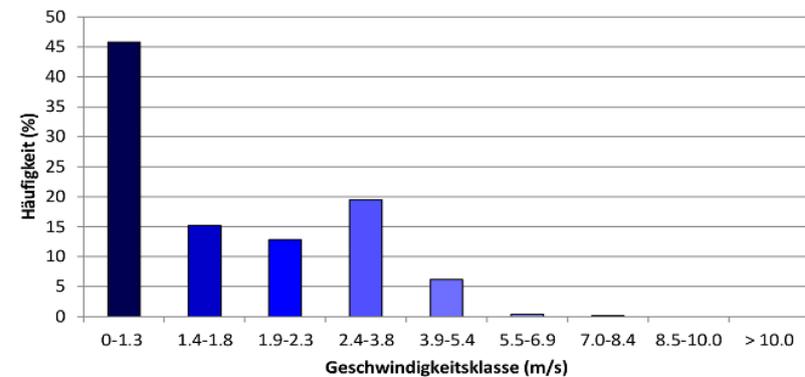
Häufigkeit der Ausbreitungsklassen nach Klug/Manier in %

| Klasse | I | II | III/1 | III/2 | IV | V |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Häufigkeit (%) | 19.98 | 31.25 | 18.12 | 12.07 | 12.35 | 6.22 |

Häufigkeit der Ausbreitungsklassen nach Klug/Manier



Häufigkeit der Windgeschwindigkeitsklassen nach TA Luft



Nutzung von Statistiken bei Zeitreihen-Rechnungen in Immissionsprognosen

Methodik: Anordnung von Werte-Kombinationen aus Richtung, Geschwindigkeit und Klug-Manier-Klasse (ggf. auch weiterer Parameter wie z.B. Niederschlag) unter Berücksichtigung des Tages- und Jahresgangs der Schichtungsstabilität

Normierung der AKS auf eine Grundgesamtheit von 8760

Ermittlung der für ein Kalenderjahr erforderlichen Kombinationen aus Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Klug-Manier-Klasse entsprechend der durch die AKS vorgegebenen Eintrittswahrscheinlichkeit:

★Windrichtung = Zehnfache des jeweiligen Richtungssektors

★Windgeschwindigkeit = TA Luft - Rechenwert in Knoten entsprechend der jeweiligen Geschwindigkeitsklasse

Modell zur Verteilung der Schichtungsstabilität

Atmosphärenphysikalische Erfahrungstatsache:

★Im Tagesverlauf ist es mittags bzw. nachmittags am labilsten und zum Sonnenaufgang am stabilsten.

★Im Jahresverlauf ist es im Hochsommer am stärksten labil und im Hochwinter bestenfalls neutral bis leicht labil.

Mathematische Umsetzung über trigonometrische Funktionen:

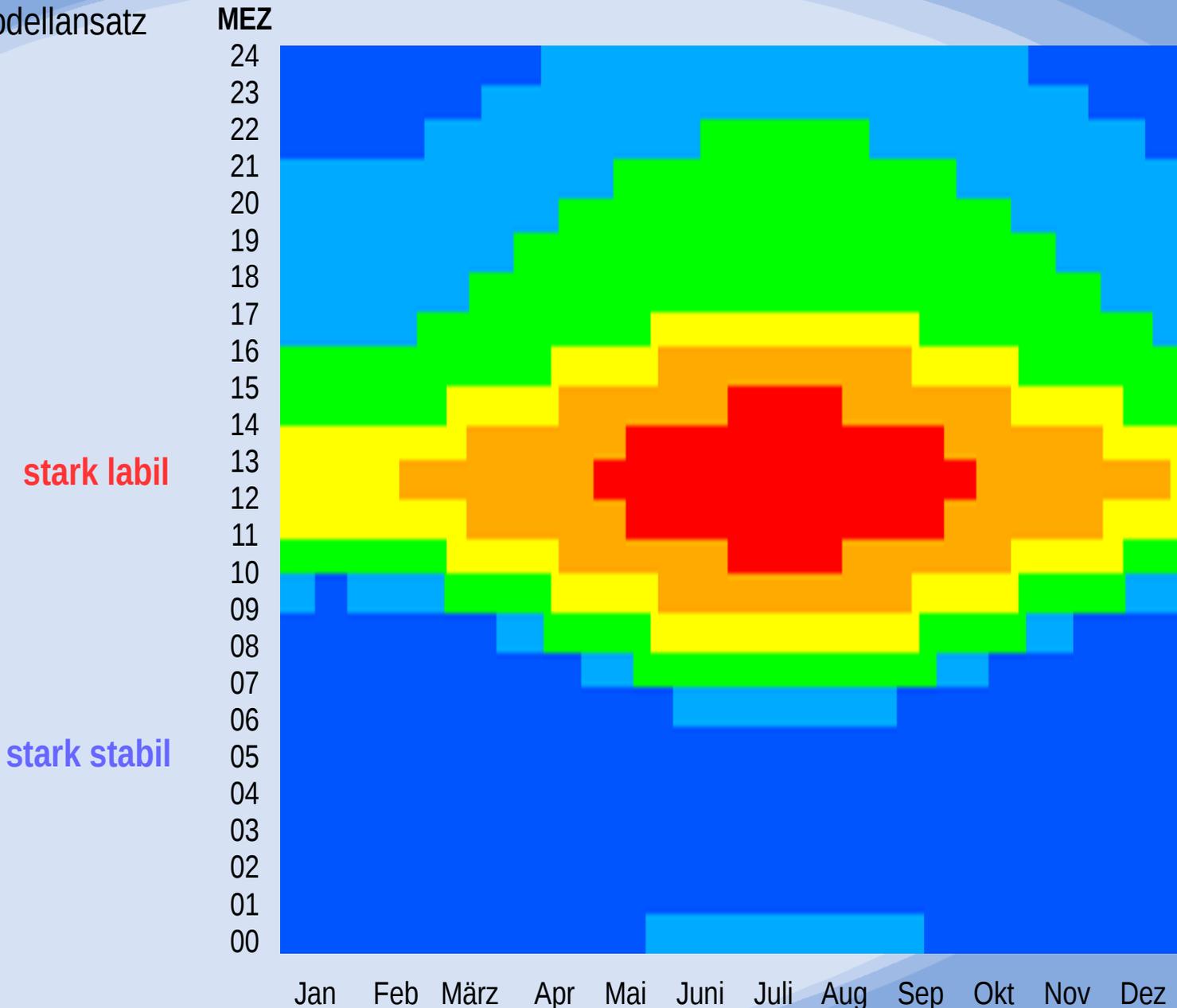
★Phasen richten sich (mit leichter Verschiebung) an den astronomischen Zeiten für Sonnenaufgang, Sonnenhöchststand und Sonnenuntergang aus.

★Amplituden schwanken zwischen 0 und 3,5 im Winter sowie 0 und 6 im Sommer.

Nutzung von Statistiken bei Zeitreihen-Rechnungen in Immissionsprognosen

Methodik: Modellansatz

Verteilung der
Stabilität im
Tages – und
Jahresgang



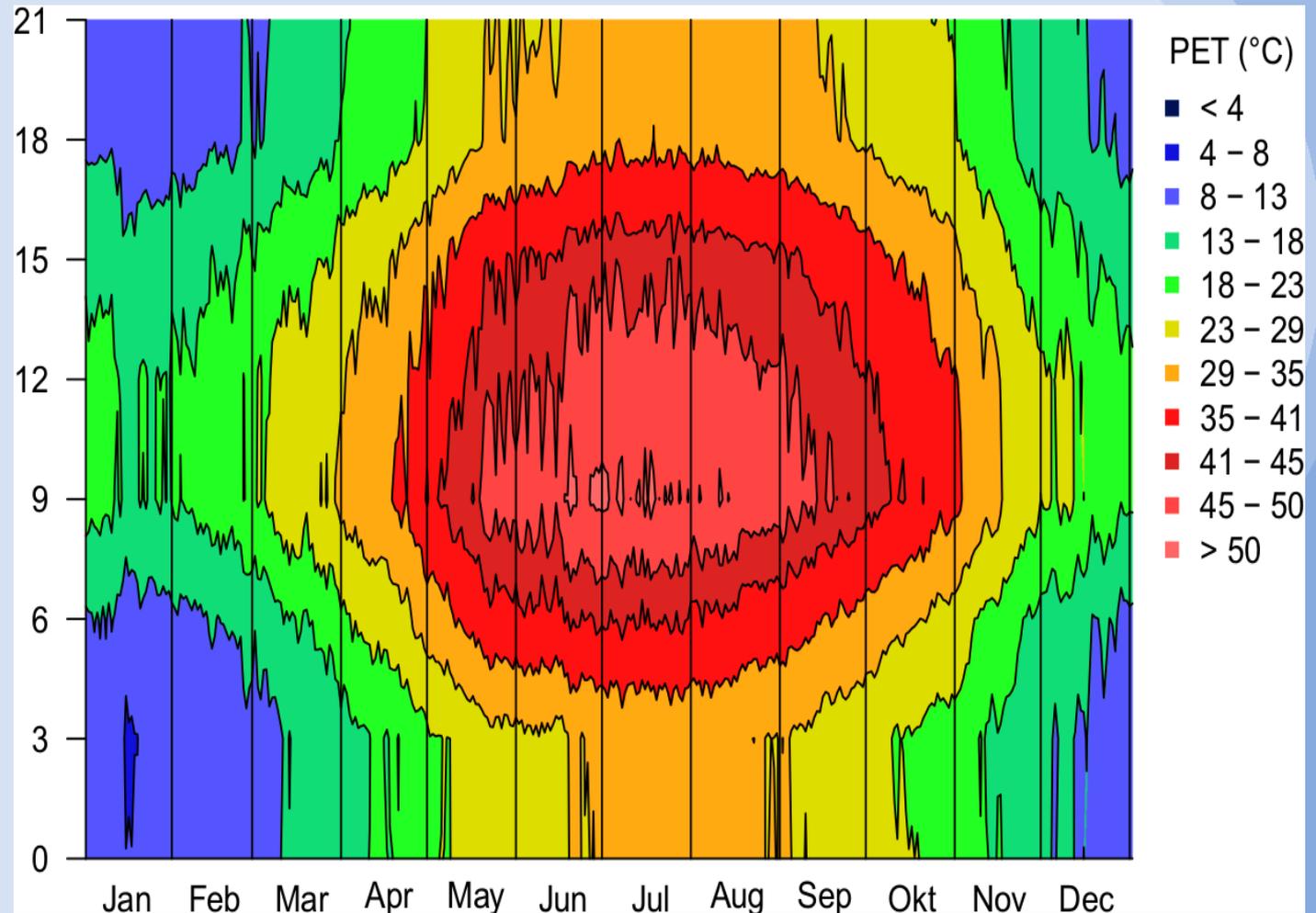
Nutzung von Statistiken bei Zeitreihen-Rechnungen in Immissionsprognosen

Methodik: vergleichbare Struktur in der Verteilung des Parameters „Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET)“

(aus: Andreas Matzarakis & Dominik Fröhlich | Sport events and climate for visitors—the case of FIFA World Cup in Qatar 2022 | Int J Biometeorol | DOI 10.1007/s00484-014-0886-5 | Springer | 14.August 2014 | Abb.5)

Die human-biometeorologische Kenngröße (Physiologisch Äquivalente Temperatur PET) beschreibt unter Berücksichtigung der thermophysiological Zusammenhänge das thermische Empfinden des Menschen.

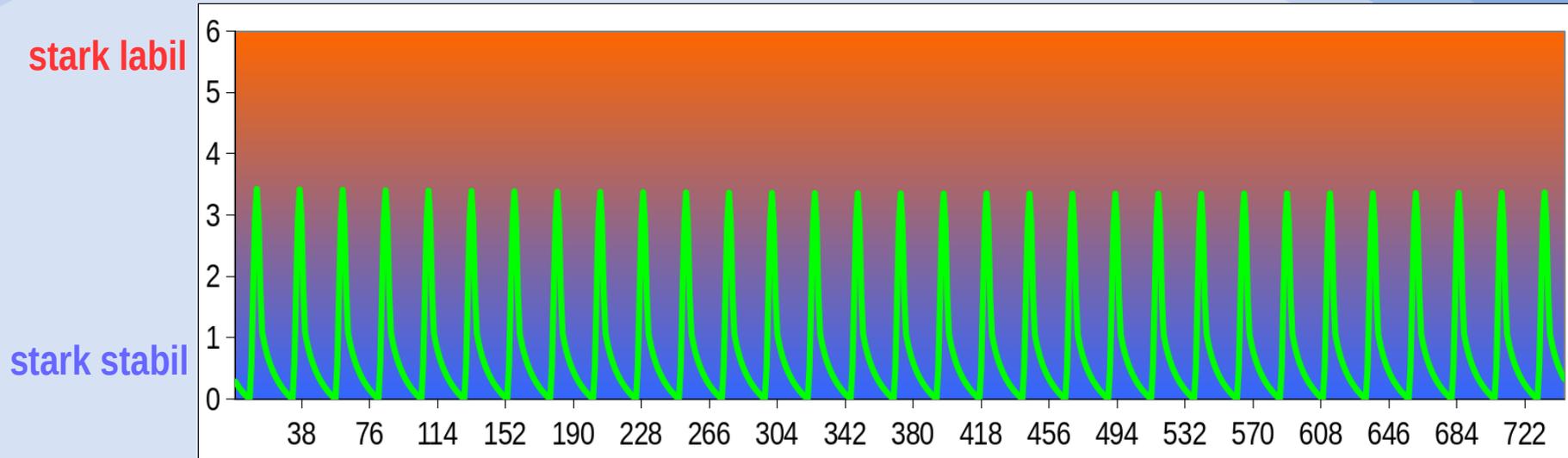
Meteorologische Parameter wie Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, Sonneneinstrahlung, Luftfeuchtigkeit, Bewölkungsgrad werden bei der Berechnung von PET berücksichtigt



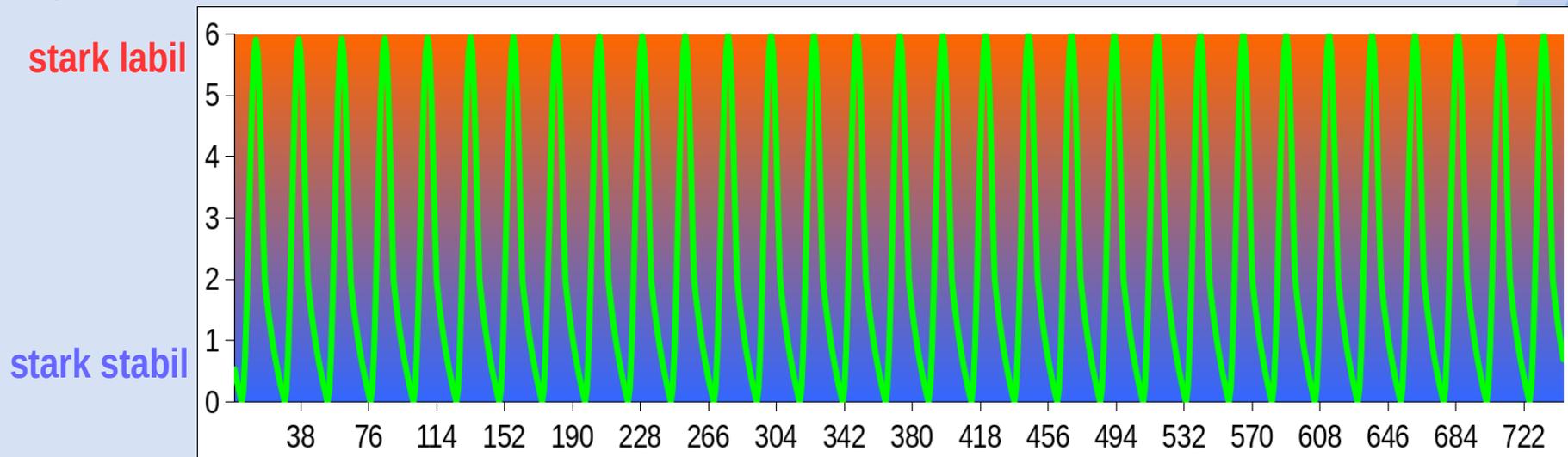
Nutzung von Statistiken bei Zeitreihen-Rechnungen in Immissionsprognosen

Methodik: mathematische Umsetzung über trigonometrische Funktionen

Verteilung der Stabilität in den Januar-Stunden



Verteilung der Stabilität in den Juli-Stunden



Nutzung von Statistiken bei Zeitreihen-Rechnungen in Immissionsprognosen

Methodik: Besonderheiten stellen bei Immissionsprognosen i.Allg. keine Einschränkungen dar

- ★ Die statistischen Eigenschaften (Häufigkeitsverteilungen der Richtung, Geschwindigkeit und Klug-Manier-Klasse) der AKTerm sind praktisch identisch denen der AKS.
- ★ Die zeitliche Repräsentativität der so gewonnenen Jahres-Reihe entspricht der zugrunde liegenden Statistik und kann damit auch deutlich größer als ein Jahr sein.
- ★ Es sind keine "echten" Calmen -in denen der Transport von Luftbeimengungen gänzlich zum Erliegen kommt- enthalten, da der niedrigste Rechenwert 1 bzw. 0,8 oder auch 0,7 m/s (nach Umsetzung in eine zeitreihe.dmna zu austal2000) beträgt.
- ★ Autokorrelation ist praktisch nicht vorhanden, weil aufeinander folgende Datensätze keine Abfolge konkreter Situationen darstellen, womit Effekte der Akkumulation im Rechengebiet weniger systematisch sind.
- ★ In größeren Entfernungen von den Emissionsquellen und insbesondere am Rand von ausgedehnten Rechengebieten ist eine Zunahme der zufälligen Unsicherheiten (z.B. bei Ausbreitungswegen > 2500 m) zu erwarten. Dieser Effekt ist umso geringer, je häufiger größere Windgeschwindigkeiten als 0,7 m/s auftreten, wodurch auch das „Gedächtnis“ stärker nachlässt. Bei solchen Abständen ist erfahrungsgemäß auch zumeist die Verdünnung sehr hoch und das Belastungspotenzial niedrig.
- ★ Jahreszahl und Wetterinformationen haben keine Bedeutung und sind zu ignorieren.
- ★ Die Anemometerhöhe muss entsprechend der Stationsgegebenheiten (Rauigkeitslänge und Verdrängungshöhe meteorologischer Profile) sachverständig festgelegt werden.

Nutzung von Statistiken bei Zeitreihen-Rechnungen in Immissionsprognosen

Methodenvalidierung: Herstellung von Statistiken aus den mit austal2000 bereit gestellten originalen Zeitreihen

- ★ Auswertung der Zeitreihen anno95.akterm...anno99.akterm anhand der Klasseneinteilungen der TA Luft und Ausschreibung der entsprechenden Statistiken als as_anno95_mCU.txt...as_anno99_mCU.txt
- ★ Abweichend von den Vorgaben der TA Luft wurden die Calmen entsprechend der Windgeschwindigkeitsklasse 1 auf die einzelnen Richtungen aufgeteilt.
- ★ Ein solches Vorgehen ist immer stärker gerechtfertigt, weil im Zuge der technischen Entwicklung der Windsensoren (insbesondere durch den vermehrten Einsatz von Ultraschall-Anemometern) deren Ansprechverhalten inzwischen derart empfindlich geworden ist, dass Messergebnisse auch für sehr niedrige Geschwindigkeiten als repräsentativ gelten können.
- ★ Die verbleibenden Unbestimmtheiten wurden anteilig den Richtungs-, Geschwindigkeits- und Stabilitätsklassen zugeordnet.

Damit werden die meteorologischen Verhältnisse verfahrensbedingt etwas ausgeglichener als durch die zugrunde liegenden originalen Zeitreihen beschrieben, weil diese z.B. lediglich die Rechenwerte der Windgeschwindigkeitsklassen gemäß Tabelle 18 der TA Luft enthalten und nicht die ggf. extremeren Original-Daten reproduziert werden können.

Nutzung von Statistiken bei Zeitreihen-Rechnungen in Immissionsprognosen

Methodenvalidierung: Beispiel anno97

Die Windrichtung und -geschwindigkeit ist mit Grad bzw. Dekagrad und Dezimeter je Sekunde bzw. Knoten unterschiedlich dimensioniert.

Die Jahreszahl hat bei der transformierten Zeitreihe keine Bedeutung.

originale Zeitreihe

```

anno97.akterm
* AKTERM-Zeitreihe, Deutscher Wetterdienst, Offenbach (KB1A)
* Zeitraum 01/1997 bis 12/1997
* anonymisierte Daten, Stand: 11.04.2002
+ Anemometerhoehen (0.1 m): 32 41 57 74 98 144 200 244 283
AK 10999 1997 01 01 00 00 1 1 50 24 1 2 1 -999 9
AK 10999 1997 01 01 01 00 1 1 50 23 1 1 1 -999 9
AK 10999 1997 01 01 02 00 1 1 50 26 1 2 1 -999 9
AK 10999 1997 01 01 03 00 1 1 70 29 1 2 1 -999 9
AK 10999 1997 01 01 04 00 1 1 60 30 1 2 1 -999 9
AK 10999 1997 01 01 05 00 1 1 60 28 1 2 1 -999 9
AK 10999 1997 01 01 06 00 1 1 60 27 1 2 1 -999 9
AK 10999 1997 01 01 07 00 1 1 60 27 1 2 1 -999 9
AK 10999 1997 01 01 08 00 1 1 70 27 1 2 1 -999 9
AK 10999 1997 01 01 09 00 1 1 80 25 1 2 1 -999 9
AK 10999 1997 01 01 10 00 1 1 80 22 1 2 1 -999 9
AK 10999 1997 01 01 11 00 1 1 70 25 1 4 1 -999 9
AK 10999 1997 01 01 12 00 1 1 60 19 1 4 1 -999 9
AK 10999 1997 01 01 13 00 1 1 50 13 1 2 1 -999 9
AK 10999 1997 01 01 14 00 1 1 30 16 1 2 1 -999 9
AK 10999 1997 01 01 15 00 1 1 30 16 1 1 1 -999 9
AK 10999 1997 01 01 16 00 1 1 30 24 1 2 1 -999 9
AK 10999 1997 01 01 17 00 1 1 50 28 1 2 1 -999 9
AK 10999 1997 01 01 18 00 1 1 60 22 1 1 1 -999 9
AK 10999 1997 01 01 19 00 1 1 60 23 1 1 1 -999 9
AK 10999 1997 01 01 20 00 1 1 70 24 1 2 1 -999 9
AK 10999 1997 01 01 21 00 1 1 90 18 1 1 1 -999 9
AK 10999 1997 01 01 22 00 1 1 90 14 1 1 1 -999 9
AK 10999 1997 01 01 23 00 1 1 80 14 1 1 1 -999 9
:
AK 10999 1997 12 31 00 00 1 1 170 32 1 2 1 -999 9
AK 10999 1997 12 31 01 00 1 1 170 36 1 3 1 -999 9
AK 10999 1997 12 31 02 00 1 1 170 37 1 3 1 -999 9
AK 10999 1997 12 31 03 00 1 1 170 36 1 3 1 -999 9
AK 10999 1997 12 31 04 00 1 1 170 36 1 3 1 -999 9
AK 10999 1997 12 31 05 00 1 1 160 33 1 2 1 -999 9
AK 10999 1997 12 31 06 00 1 1 160 34 1 3 1 -999 9
AK 10999 1997 12 31 07 00 1 1 170 33 1 2 1 -999 9
AK 10999 1997 12 31 08 00 1 1 170 26 1 3 1 -999 9
AK 10999 1997 12 31 09 00 1 1 180 37 1 3 1 -999 9
AK 10999 1997 12 31 10 00 1 1 180 33 1 3 1 -999 9
AK 10999 1997 12 31 11 00 1 1 190 30 1 4 1 -999 9
AK 10999 1997 12 31 12 00 1 1 180 27 1 4 1 -999 9
AK 10999 1997 12 31 13 00 1 1 180 24 1 4 1 -999 9
AK 10999 1997 12 31 14 00 1 1 190 31 1 4 1 -999 9
AK 10999 1997 12 31 15 00 1 1 180 32 1 3 1 -999 9
AK 10999 1997 12 31 16 00 1 1 180 35 1 3 1 -999 9
AK 10999 1997 12 31 17 00 1 1 170 39 1 3 1 -999 9
AK 10999 1997 12 31 18 00 1 1 180 40 1 3 1 -999 9
AK 10999 1997 12 31 19 00 1 1 180 41 1 3 1 -999 9
AK 10999 1997 12 31 20 00 1 1 180 37 1 3 1 -999 9
AK 10999 1997 12 31 21 00 1 1 180 41 1 3 1 -999 9
AK 10999 1997 12 31 22 00 1 1 190 39 1 3 1 -999 9
AK 10999 1997 12 31 23 00 1 1 190 40 1 3 1 -999 9
    
```

Windrichtung mit Autokorrelation

170°
170°
160°
160°
170°
170°

transformierte Zeitreihe

```

* az_anno97_mCU.txt | Ausbreitungsklassenzeitreihe erstellt von Dipl.-Met. A. Zorn
* Bezugsstandort: irgendwo | Bezugszeitraum: 01/1997 bis 12/1997
* Klug Manier (TA Luft)
* Datengrundlage: AKTERM-Zeitreihe zu austral2000 ... mit Calmen & Unbestimmtheiten
+ Anemometerhoehen (0.1 m): 32 41 57 74 98 144 200 244 283
AK 10999 1999 01 01 00 00 0 0 8 6 1 2 1 -999 9
AK 10999 1999 01 01 01 00 0 0 13 4 1 2 1 -999 9
AK 10999 1999 01 01 02 00 0 0 2 4 1 2 1 -999 9
AK 10999 1999 01 01 03 00 0 0 2 3 1 2 1 -999 9
AK 10999 1999 01 01 04 00 0 0 5 2 1 2 1 -999 9
AK 10999 1999 01 01 05 00 0 0 25 4 1 1 1 -999 9
AK 10999 1999 01 01 06 00 0 0 3 4 1 1 1 -999 9
AK 10999 1999 01 01 07 00 0 0 21 3 1 1 1 -999 9
AK 10999 1999 01 01 08 00 0 0 1 2 1 1 1 -999 9
AK 10999 1999 01 01 09 00 0 0 11 6 1 3 1 -999 9
AK 10999 1999 01 01 10 00 0 0 26 15 1 3 1 -999 9
AK 10999 1999 01 01 11 00 0 0 17 6 1 4 1 -999 9
AK 10999 1999 01 01 12 00 0 0 11 9 1 4 1 -999 9
AK 10999 1999 01 01 13 00 0 0 17 6 1 4 1 -999 9
AK 10999 1999 01 01 14 00 0 0 26 15 1 3 1 -999 9
AK 10999 1999 01 01 15 00 0 0 27 9 1 3 1 -999 9
AK 10999 1999 01 01 16 00 0 0 21 9 1 3 1 -999 9
AK 10999 1999 01 01 17 00 0 0 33 6 1 3 1 -999 9
AK 10999 1999 01 01 18 00 0 0 24 6 1 3 1 -999 9
AK 10999 1999 01 01 19 00 0 0 14 6 1 3 1 -999 9
AK 10999 1999 01 01 20 00 0 0 8 6 1 3 1 -999 9
AK 10999 1999 01 01 21 00 0 0 11 2 1 3 1 -999 9
AK 10999 1999 01 01 22 00 0 0 24 6 1 2 1 -999 9
AK 10999 1999 01 01 23 00 0 0 11 6 1 2 1 -999 9
:
AK 10999 1999 12 31 00 00 0 0 8 6 1 2 1 -999 9
AK 10999 1999 12 31 01 00 0 0 14 4 1 2 1 -999 9
AK 10999 1999 12 31 02 00 0 0 2 4 1 2 1 -999 9
AK 10999 1999 12 31 03 00 0 0 2 3 1 2 1 -999 9
AK 10999 1999 12 31 04 00 0 0 6 2 1 2 1 -999 9
AK 10999 1999 12 31 05 00 0 0 25 4 1 1 1 -999 9
AK 10999 1999 12 31 06 00 0 0 3 4 1 1 1 -999 9
AK 10999 1999 12 31 07 00 0 0 21 3 1 1 1 -999 9
AK 10999 1999 12 31 08 00 0 0 12 2 1 1 1 -999 9
AK 10999 1999 12 31 09 00 0 0 12 6 1 3 1 -999 9
AK 10999 1999 12 31 10 00 0 0 27 15 1 3 1 -999 9
AK 10999 1999 12 31 11 00 0 0 18 6 1 4 1 -999 9
AK 10999 1999 12 31 12 00 0 0 12 9 1 4 1 -999 9
AK 10999 1999 12 31 13 00 0 0 18 6 1 4 1 -999 9
AK 10999 1999 12 31 14 00 0 0 27 15 1 3 1 -999 9
AK 10999 1999 12 31 15 00 0 0 27 9 1 3 1 -999 9
AK 10999 1999 12 31 16 00 0 0 21 9 1 3 1 -999 9
AK 10999 1999 12 31 17 00 0 0 34 6 1 3 1 -999 9
AK 10999 1999 12 31 18 00 0 0 24 6 1 3 1 -999 9
AK 10999 1999 12 31 19 00 0 0 15 6 1 3 1 -999 9
AK 10999 1999 12 31 20 00 0 0 8 6 1 3 1 -999 9
AK 10999 1999 12 31 21 00 0 0 19 2 1 3 1 -999 9
AK 10999 1999 12 31 22 00 0 0 24 6 1 2 1 -999 9
AK 10999 1999 12 31 23 00 0 0 11 6 1 2 1 -999 9
    
```

Windrichtung ohne Autokorrelation

20°
60°
250°
30°
210°
120°

Nutzung von Statistiken bei Zeitreihen-Rechnungen in Immissionsprognosen

Methodenvalidierung: Immissionsprognosen zum Vergleich zwischen originalen und transformierten Zeitreihen

Durchführung der Berechnungen mit austal2000

★sowohl für die originalen Zeitreihen anno95.akterm...anno99.akterm

★als auch für die transformierten Zeitreihen az_anno95_mCU.txt...az_anno99_mCU.txt

niedrigere Volumenquelle

| | |
|------|------|
| z0 | 0.2 |
| ha | 11.2 |
| hq | 5 |
| xq | -8 |
| yq | -30 |
| aq | 16 |
| bq | 60 |
| cq | 5 |
| xx | 5000 |
| odor | 5000 |

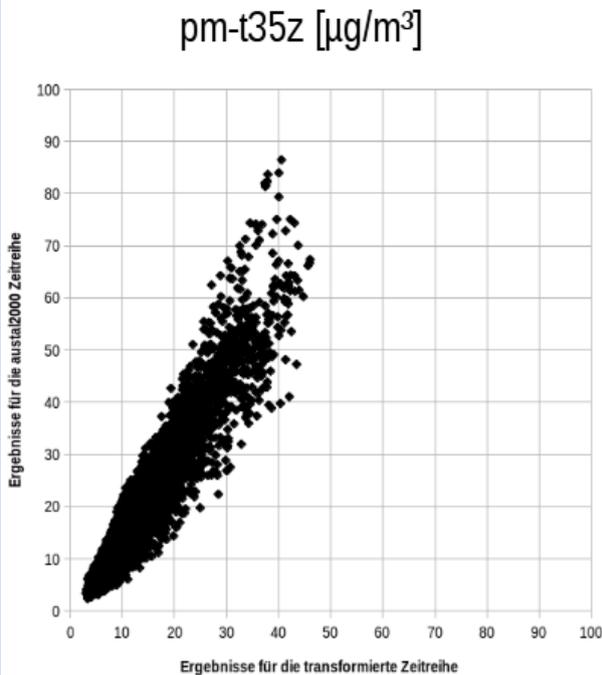
höhere Punktquelle

| | |
|------|---------|
| gx | 3500000 |
| gy | 5900000 |
| z0 | 0.5 |
| hq | 50 |
| no2 | 2 |
| no | 15 |
| so2 | 15 |
| pm-1 | 10 |
| pm-2 | 20 |
| pm-u | 30 |

Nutzung von Statistiken bei Zeitreihen-Rechnungen in Immissionsprognosen

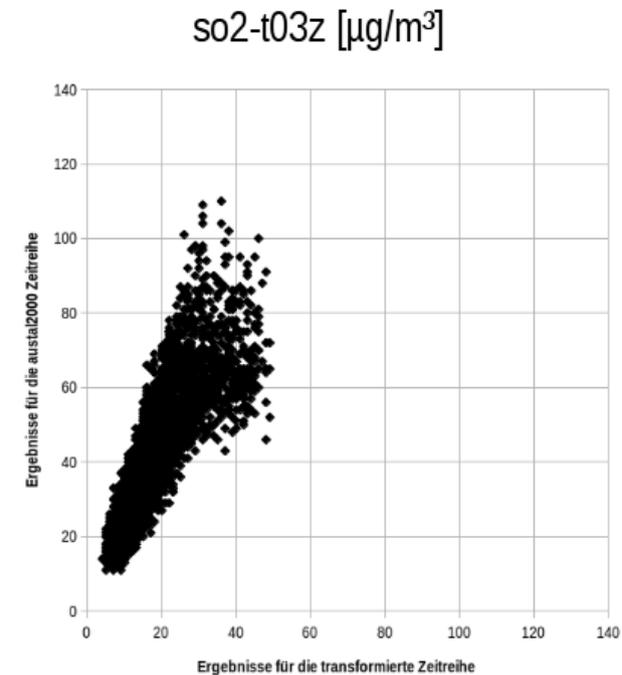
Methodenvalidierung | Berechnungen mit austal2000

Ergebnisse für die originalen Zeitreihen (Ordinate) als Funktion der Ergebnisse für die transformierten Zeitreihen (Abszisse)



höhere Punktquelle

anno95

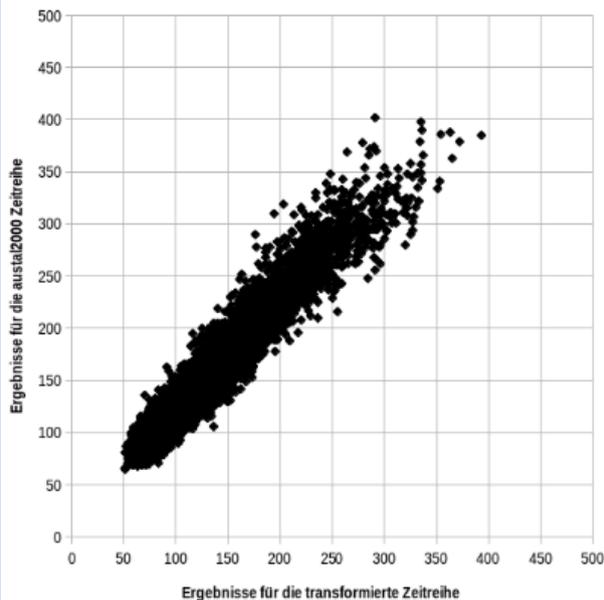


Nutzung von Statistiken bei Zeitreihen-Rechnungen in Immissionsprognosen

Methodenvalidierung | Berechnungen mit austal2000

Ergebnisse für die originalen Zeitreihen (Ordinate) als Funktion der Ergebnisse für die transformierten Zeitreihen (Abszisse)

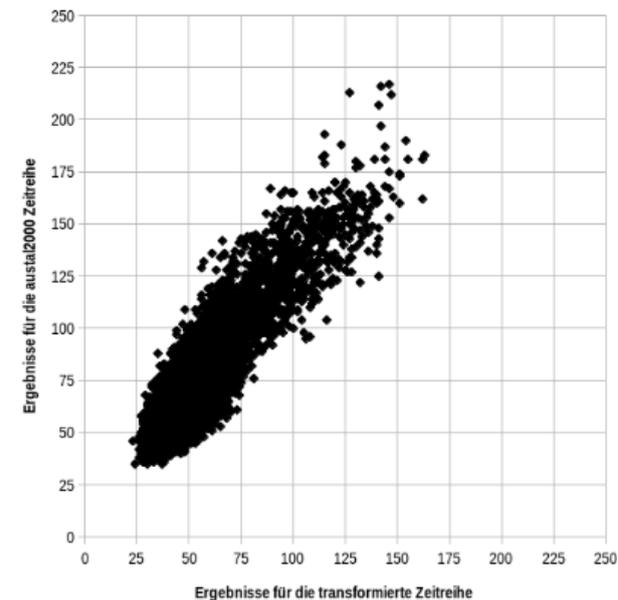
so2-s24z [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]



höhere Punktquelle

anno95

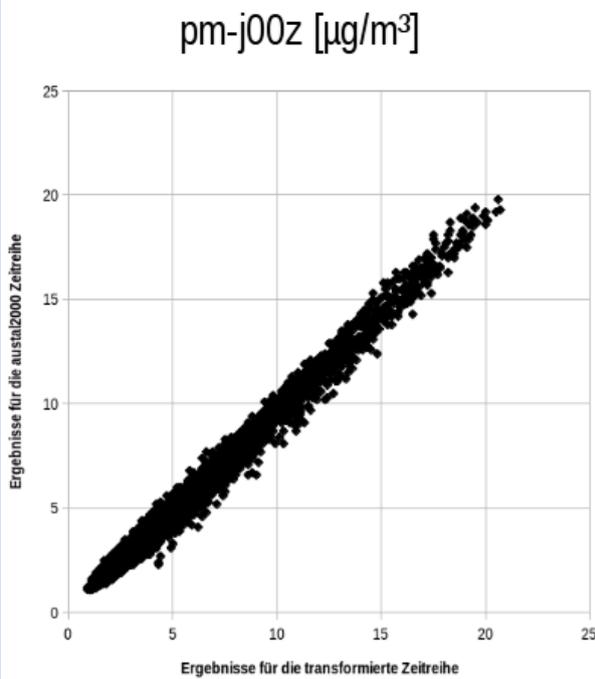
no2-s18z [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]



Nutzung von Statistiken bei Zeitreihen-Rechnungen in Immissionsprognosen

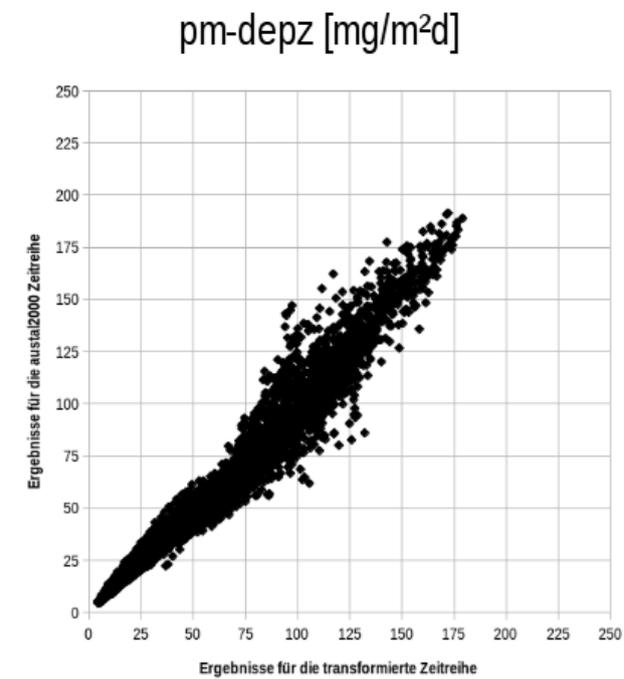
Methodenvalidierung | Berechnungen mit austal2000

Ergebnisse für die originalen Zeitreihen (Ordinate) als Funktion der
Ergebnisse für die transformierten Zeitreihen (Abszisse)



höhere Punktquelle

anno95



Nutzung von Statistiken bei Zeitreihen-Rechnungen in Immissionsprognosen

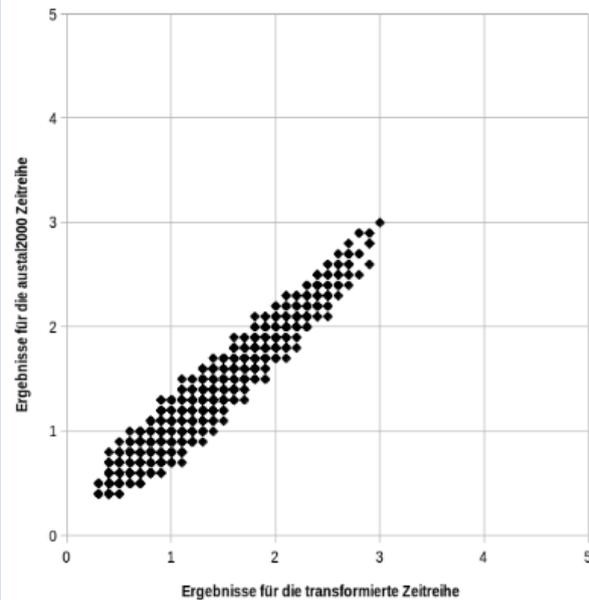
Methodenvalidierung | Berechnungen mit austal2000

Ergebnisse für die originalen Zeitreihen (Ordinate) als Funktion der
Ergebnisse für die transformierten Zeitreihen (Abszisse)

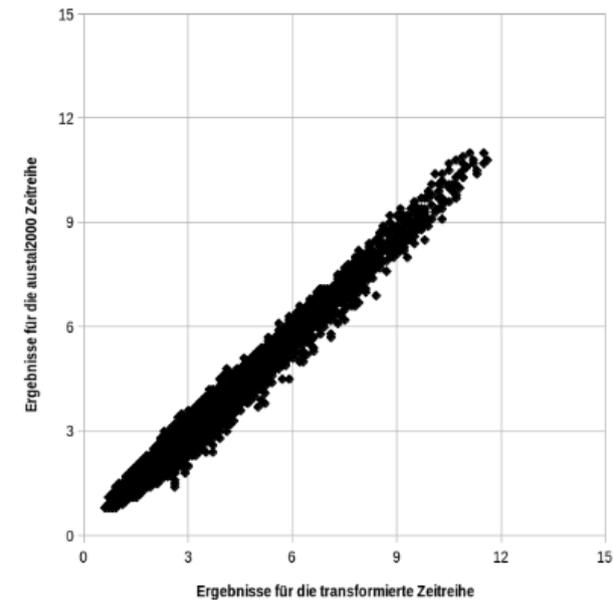
no2-j00z [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

höhere Punktquelle

so2-j00z [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]



anno95

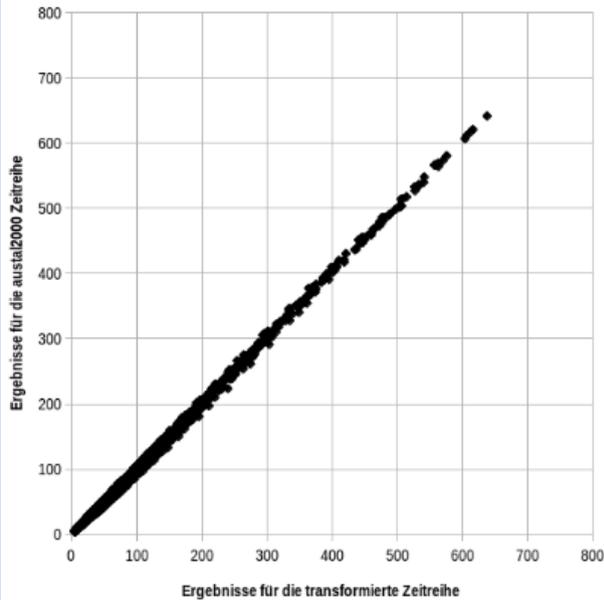


Nutzung von Statistiken bei Zeitreihen-Rechnungen in Immissionsprognosen

Methodenvalidierung | Berechnungen mit austal2000

Ergebnisse für die originalen Zeitreihen (Ordinate) als Funktion der Ergebnisse für die transformierten Zeitreihen (Abszisse)

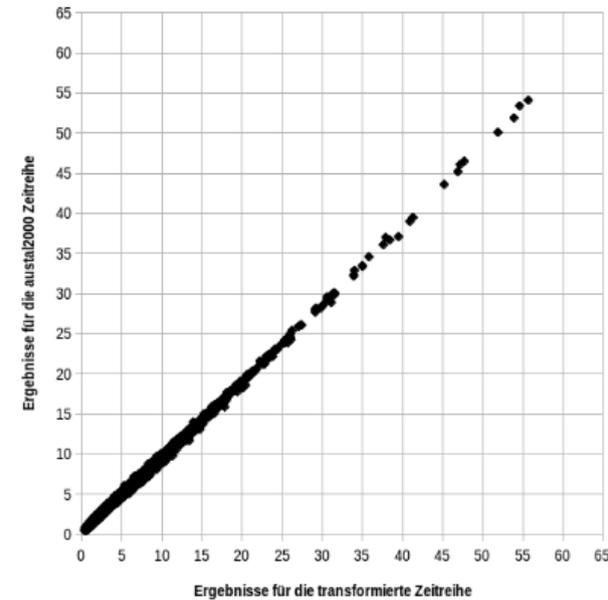
xx-j00z [mg/m³]



niedrige Volumenquelle

anno95

odor [%]



Nutzung von Statistiken bei Zeitreihen-Rechnungen in Immissionsprognosen

Methodenvalidierung | linearer Zusammenhang und Bestimmtheit

Funktion $y = mx + n$ mit $n = 0$ | y-Werte der originalen Zeitreihen | x-Werte der transformierten Zeitreihen

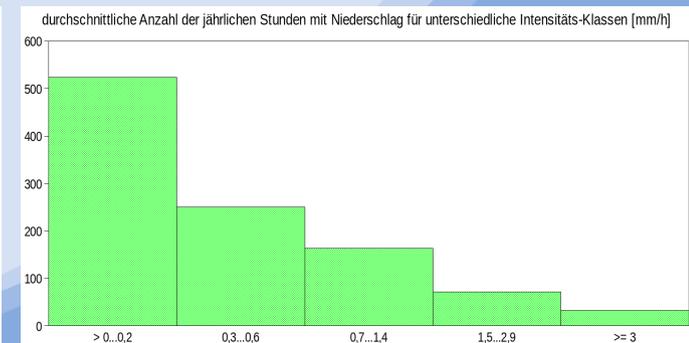
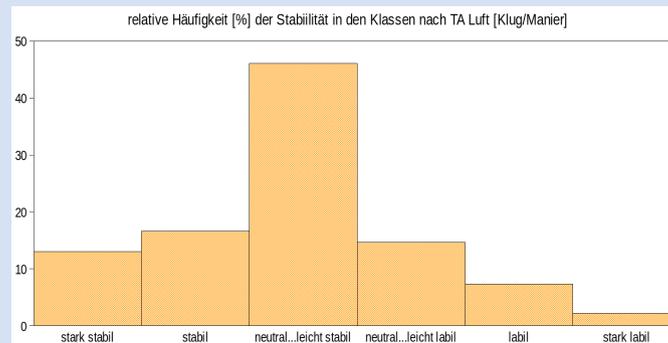
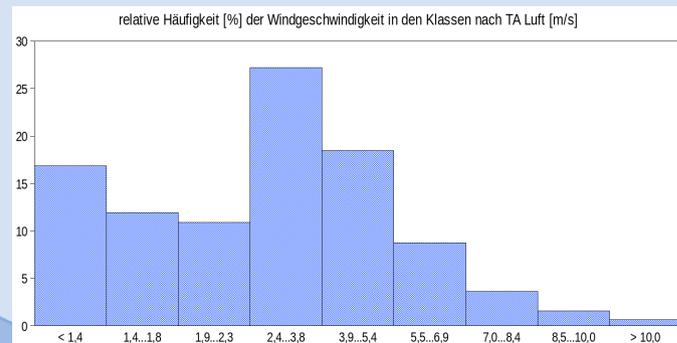
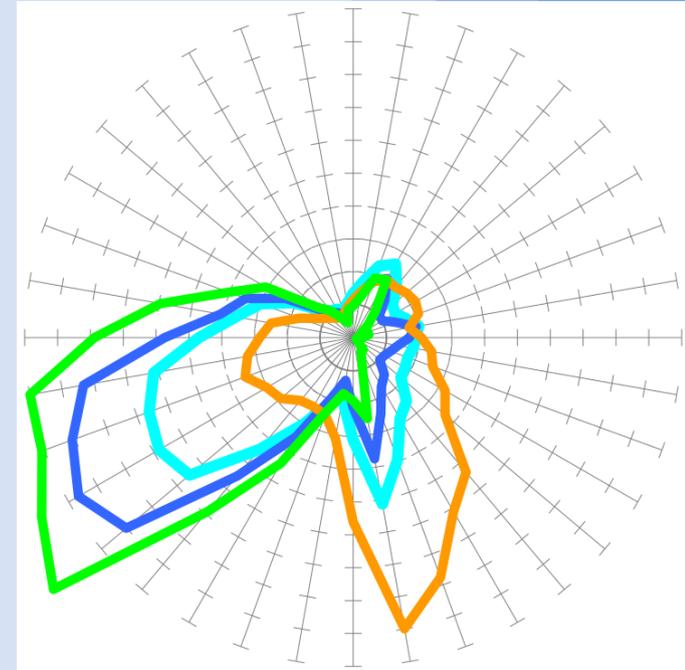
| | IJZ | | | | | | ITZ | | ISZ | |
|--|---------|-----------|----------|----------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|
| Zeitreihe | xx-j00z | odor-j00z | no2-j00z | so2-j00z | pm-j00z | pm-depz | pm-t35z | so2-t03z | so2-s24z | no2-s18z |
| <i>m (linearer Anstieg)</i> | | | | | | | | | | |
| anno95 | 1,01 | 0,98 | 0,99 | 0,96 | 0,96 | 0,98 | 1,45 | 2,17 | 1,16 | 1,34 |
| anno96 | 1,00 | 0,99 | 0,94 | 0,94 | 0,95 | 0,98 | 1,53 | 2,19 | 1,16 | 1,27 |
| anno97 | 1,00 | 0,97 | 0,96 | 0,95 | 0,96 | 0,98 | 1,41 | 2,01 | 1,13 | 1,23 |
| anno98 | 1,00 | 0,99 | 0,94 | 0,95 | 0,96 | 0,98 | 1,43 | 1,96 | 1,13 | 1,20 |
| anno99 | 1,00 | 1,00 | 0,94 | 0,93 | 0,94 | 0,97 | 1,43 | 1,96 | 1,11 | 1,19 |
| \bar{m} (mittlerer linearer Anstieg) | | | | | | | | | | |
| 95...99 | 1,00 | 0,99 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,98 | 1,45 | 2,06 | 1,14 | 1,25 |
| R^2 (Bestimmtheitsmaß) | | | | | | | | | | |
| anno95 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | 0,99 | 0,97 | 0,96 | 0,99 | 0,98 |
| anno96 | 1,00 | 0,99 | 0,98 | 0,99 | 1,00 | 0,99 | 0,97 | 0,96 | 0,99 | 0,98 |
| anno97 | 1,00 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | 0,99 | 0,98 | 0,95 | 0,99 | 0,98 |
| anno98 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | 0,99 | 0,96 | 0,96 | 0,99 | 0,98 |
| anno99 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 0,97 | 0,96 | 0,99 | 0,98 |

Nutzung von Statistiken bei Zeitreihen-Rechnungen in Immissionsprognosen

Anwendungsbeispiel | Jahreszeitreihe aus statistischer Grundgesamtheit von 11 Jahren (96408 Stunden)

* az_Alsfeld.txt | Ausbreitungsklassenzeitreihe mit Niederschlag erstellt von Dipl.-Met. A. Zorn | Datenbasis: DWD -----
 * Anemometer: {32518221;5622688} | 91533 Datensätze von Jan.2005 bis Dez.2015 | Calmen: 0,03% | Niederschlag: 664mm/a -
 * Klug Manier (TA Luft) | DD&FF: Alsfeld | N: Bad-Hersfeld | RR: Alsfeld-Eifa | Werte bearbeitet -----
 + Anemometerhoehen (0.1 m): 089 089 091 094 100 118 148 178 208

```
AK 00090 2010 01 01 00 00 0 0 21 4 1 2 1 -999 9 990 1
AK 00090 2010 01 01 01 00 0 0 17 3 1 2 1 -999 9 990 1
AK 00090 2010 01 01 02 00 0 0 33 2 1 2 1 -999 9 990 1
AK 00090 2010 01 01 03 00 0 0 13 2 1 2 1 -999 9 990 1
AK 00090 2010 01 01 04 00 0 0 29 3 1 1 1 -999 9 990 1
AK 00090 2010 01 01 05 00 0 0 15 3 1 1 1 -999 9 990 1
AK 00090 2010 01 01 06 00 0 0 29 2 1 1 1 -999 9 990 1
AK 00090 2010 01 01 07 00 0 0 18 2 1 1 1 -999 9 990 1
AK 00090 2010 01 01 08 00 0 0 1 2 1 1 1 -999 9 990 1
AK 00090 2010 01 01 09 00 0 0 17 6 1 3 1 -999 9 002 1
AK 00090 2010 01 01 10 00 0 0 22 15 1 3 1 -999 9 990 1
:
AK 00090 2010 12 31 14 00 0 0 22 15 1 3 1 -999 9 994 1
AK 00090 2010 12 31 15 00 0 0 26 9 1 3 1 -999 9 990 1
AK 00090 2010 12 31 16 00 0 0 23 9 1 3 1 -999 9 990 1
AK 00090 2010 12 31 17 00 0 0 6 9 1 3 1 -999 9 990 1
AK 00090 2010 12 31 18 00 0 0 26 6 1 3 1 -999 9 990 1
AK 00090 2010 12 31 19 00 0 0 18 6 1 3 1 -999 9 991 1
AK 00090 2010 12 31 20 00 0 0 7 6 1 3 1 -999 9 990 1
AK 00090 2010 12 31 21 00 0 0 4 4 1 3 1 -999 9 990 1
AK 00090 2010 12 31 22 00 0 0 20 2 1 3 1 -999 9 990 1
AK 00090 2010 12 31 23 00 0 0 14 6 1 2 1 -999 9 990 1
```



Nutzung von Statistiken bei Zeitreihen-Rechnungen in Immissionsprognosen

Zusammenfassung | Fazit

- ★ Die Ergebnisse der Berechnungen für die mit austal2000 bereit gestellten originalen und die transformierten Zeitreihen sind bei sämtlichen Kenngrößen sehr eng korreliert.
- ★ Bei der Immissions-Jahres-Zusatzbelastung (IJZ) erfolgt mit den transformierten Zeitreihen tendenziell eine geringfügige Überschätzung der Immissionen, weshalb die Ergebnisse entsprechender Berechnungen unmittelbar zur Beurteilung (insbesondere der Irrelevanz-Kriterien der TA Luft und der Geruchs-Immissionsrichtlinie) geeignet sind.
- ★ Hingegen Bei der Immissions-Tages-Zusatzbelastung (ITZ) und der Immissions-Stunden-Zusatzbelastung (ISZ) ist das hingegen anders, was auf die fehlende Autokorrelation in Datensätzen zurück zu führen ist. Dennoch kann mit einem für jede Kenngröße spezifischen Korrekturfaktor (z.B. mit den o.g. jeweiligen mittleren linearen Anstiegen m) eine gute Schätzung erfolgen. erfolgen.
- ★ Damit bietet sich die hier beschriebene Methode zur Transformation von Ausbreitungsklassenstatistiken in entsprechende Zeitreihen für Immissionsprognosen unter Beachtung der o.g. Besonderheiten an.
- ★ Zusätzliche Parameter wie z.B. der Niederschlag (RR) lassen sich bei statistischen Methoden leicht mitführen, wobei die zeitliche Repräsentativität sowohl für einzelne Parameter als auch insbesondere für die Kombinationen aller Parameter sicher gestellt wird.
- ★ Damit wird auch den diesbezüglichen Neuerungen der kommenden TA Luft nachgekommen.

*„Wenn ich schon nicht
zu überzeugen vermochte,
so hoffe ich zumindest doch,
hinreichend Verwirrung
gestiftet zu haben.“*

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!