

13. Umweltsymposium

30. September und 01. Oktober 2015 in Zittau

Arbeits- und Diskussionskreis Umwelt-/Immissionsschutz

Veranstalter: IDU Ingenieurgesellschaft für Datenverarbeitung und Umweltschutz mbH

Vortrag: Dipl.-Met. André Zorn zur Transformation von Ausbreitungsklassenstatistiken in Zeitreihen

★ Zur Person des Autors | Kontakt

★ Motivation | Veranlassung

★ Methodik

★ Methodenvalidierung

★ Zusammenfassung | Fazit

Transformation von Ausbreitungsklassenstatistiken in Zeitreihen

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

Transformation von Ausbreitungsklassenstatistiken in Zeitreihen

Motivation | Veranlassung: Zeitreihenrechnungen mit LASAT und AUSTAL2000

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

- ★beliebig (hoch) gestaltbare zeitliche Repräsentativität,
- ★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

Transformation von Ausbreitungsklassenstatistiken in Zeitreihen

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

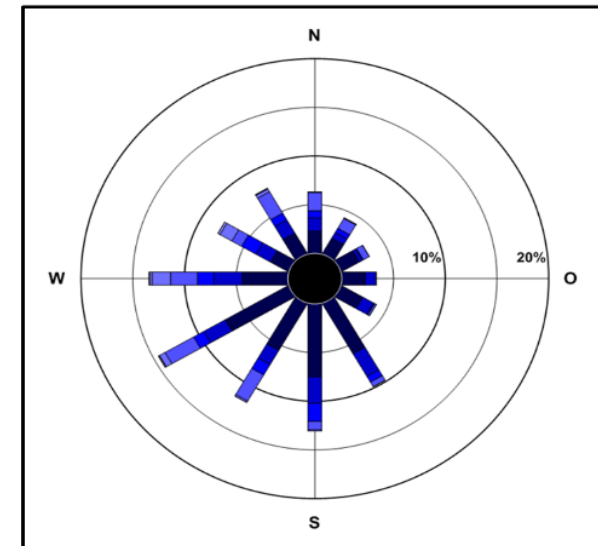
Hochwert: 5 445 000

Mittlere Windgeschwindigkeit:

1.8 m/s

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

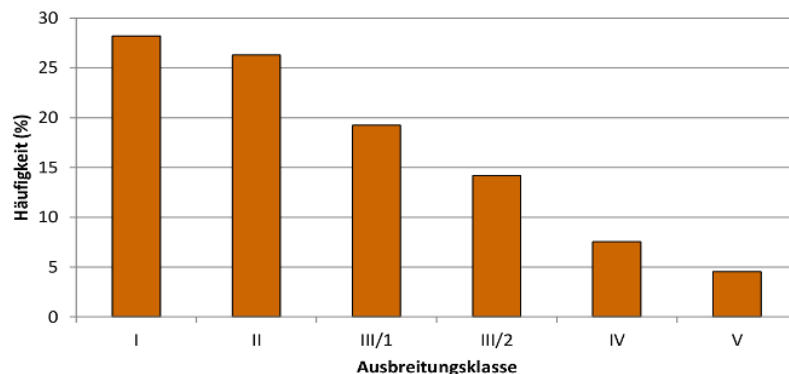
Geschwindigkeit	0-1.3	1.4-1.8	1.9-2.3	2.4-3.8	3.9-5.4	5.5-6.9	7.0-8.4	8.5-10.0	> 10.0	Summe
Richtung	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	
345°-015°	2.39	1.31	0.74	1.87	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	6.39
015°-045°	1.90	0.67	0.50	1.16	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	4.31
045°-075°	2.07	0.34	0.11	0.66	0.00	0.00	0.00	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



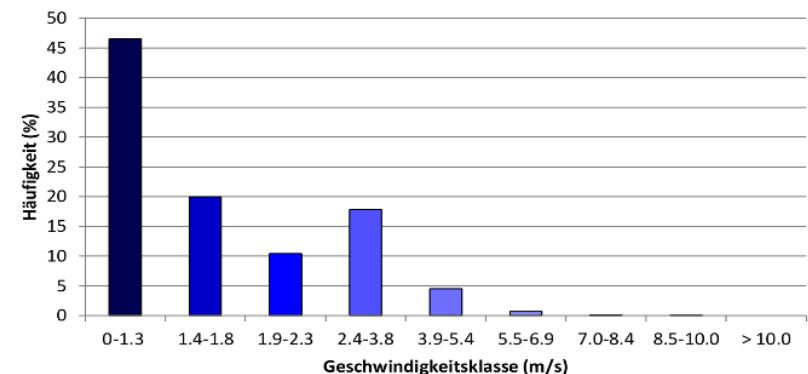
Häufigkeit der Ausbreitungsklassen nach Klug/Manier in %

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



Transformation von Ausbreitungsklassenstatistiken in Zeitreihen

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

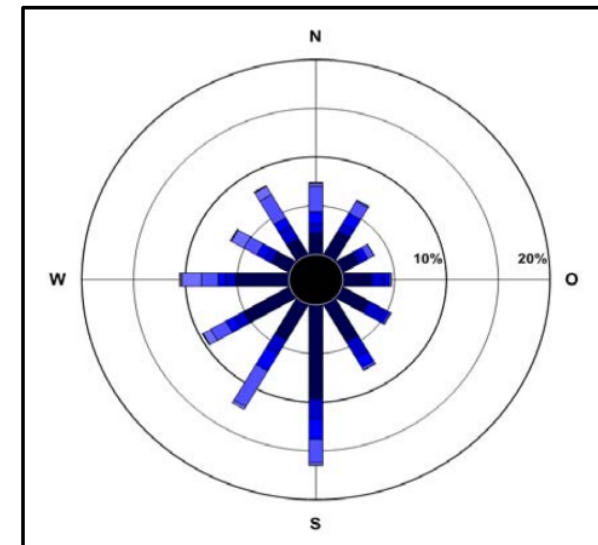
Hochwert: 5 445 000

Mittlere Windgeschwindigkeit:

1.8 m/s

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

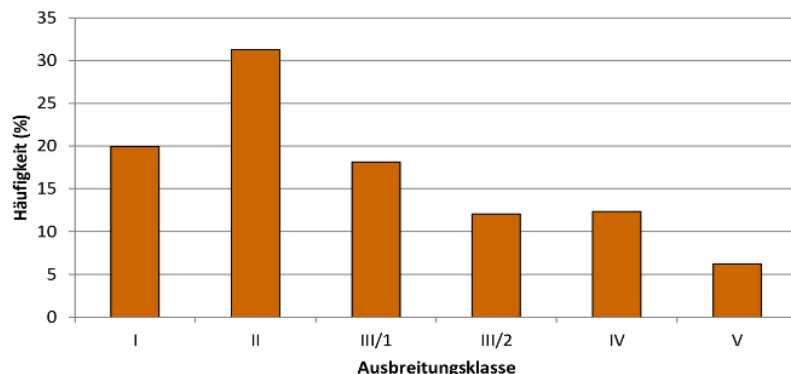
Geschwindigkeit	0-1.3	1.4-1.8	1.9-2.3	2.4-3.8	3.9-5.4	5.5-6.9	7.0-8.4	8.5-10.0	> 10.0	Summe
Richtung	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	
346°-015°	2.26	0.99	1.19	2.63	0.34	0.01	0.00	0.00	0.00	7.43
016°-045°	2.83	0.89	1.27	1.40	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	6.55
046°-075°	1.92	0.43	0.57	0.68	0.01	0.00	0.00	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	4.76
106°-135°	3.04	1.75	0.49	0.21	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	7.83
166°-195°	9.71	2.03	2.13	2.38	0.30	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	12.49
225°-255°	5.21	1.01	0.93	1.69	0.83	0.09	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	10.63
286°-315°	2.09	0.82	0.81	1.45	1.35	0.11	0.02	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	8.26
Summe	45.76	15.17	12.81	19.54	6.16	0.44	0.12	0.00	0.00	100.00



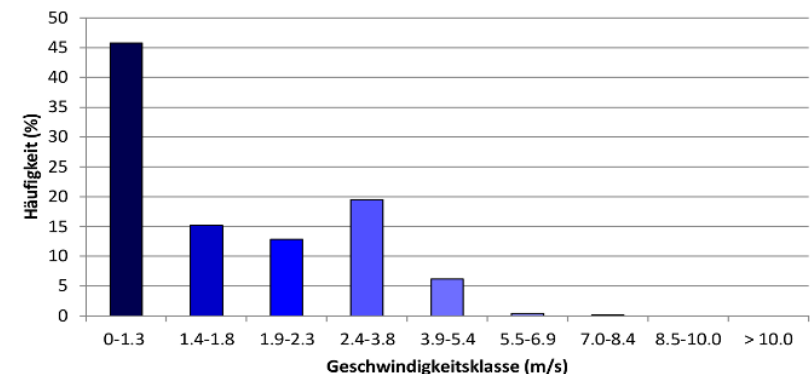
Häufigkeit der Ausbreitungsklassen nach Klug/Manier in %

Klasse	I	II	III/1	III/2	IV	V
	19.98	31.25	18.12	12.07	12.35	6.22

Häufigkeit der Ausbreitungsklassen nach Klug/Manier



Häufigkeit der Windgeschwindigkeitsklassen nach TA Luft



Transformation von Ausbreitungsklassenstatistiken in Zeitreihen

Methodik: Anordnung von Werte-Tripeln aus Richtung, Geschwindigkeit und Klug-Manier-Klasse 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.

Transformation von Ausbreitungsklassenstatistiken in Zeitreihen

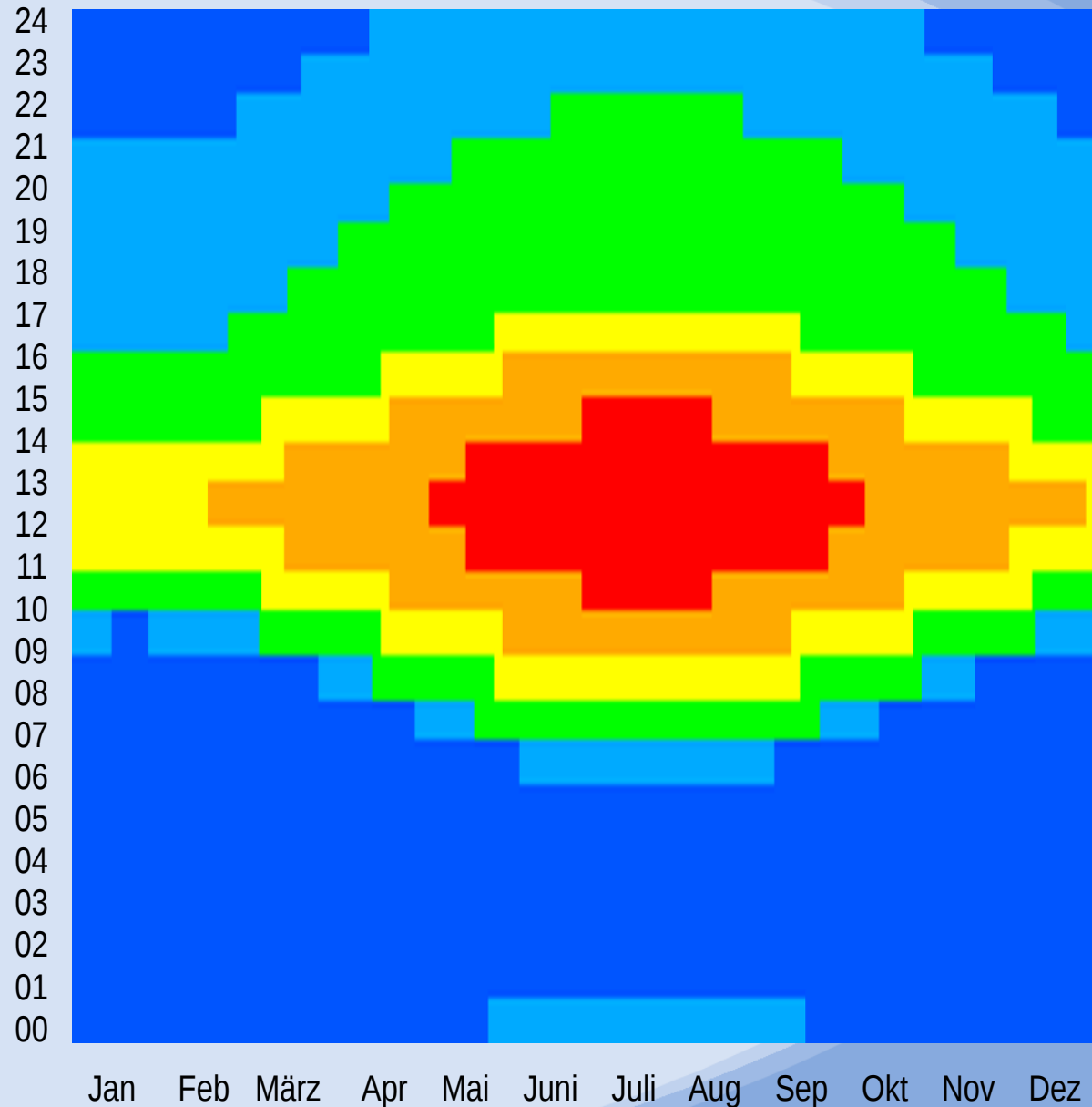
Methodik: Modellansatz

Verteilung der
Stabilität im
Tages – und
Jahresgang

stark labil

stark stabil

MEZ



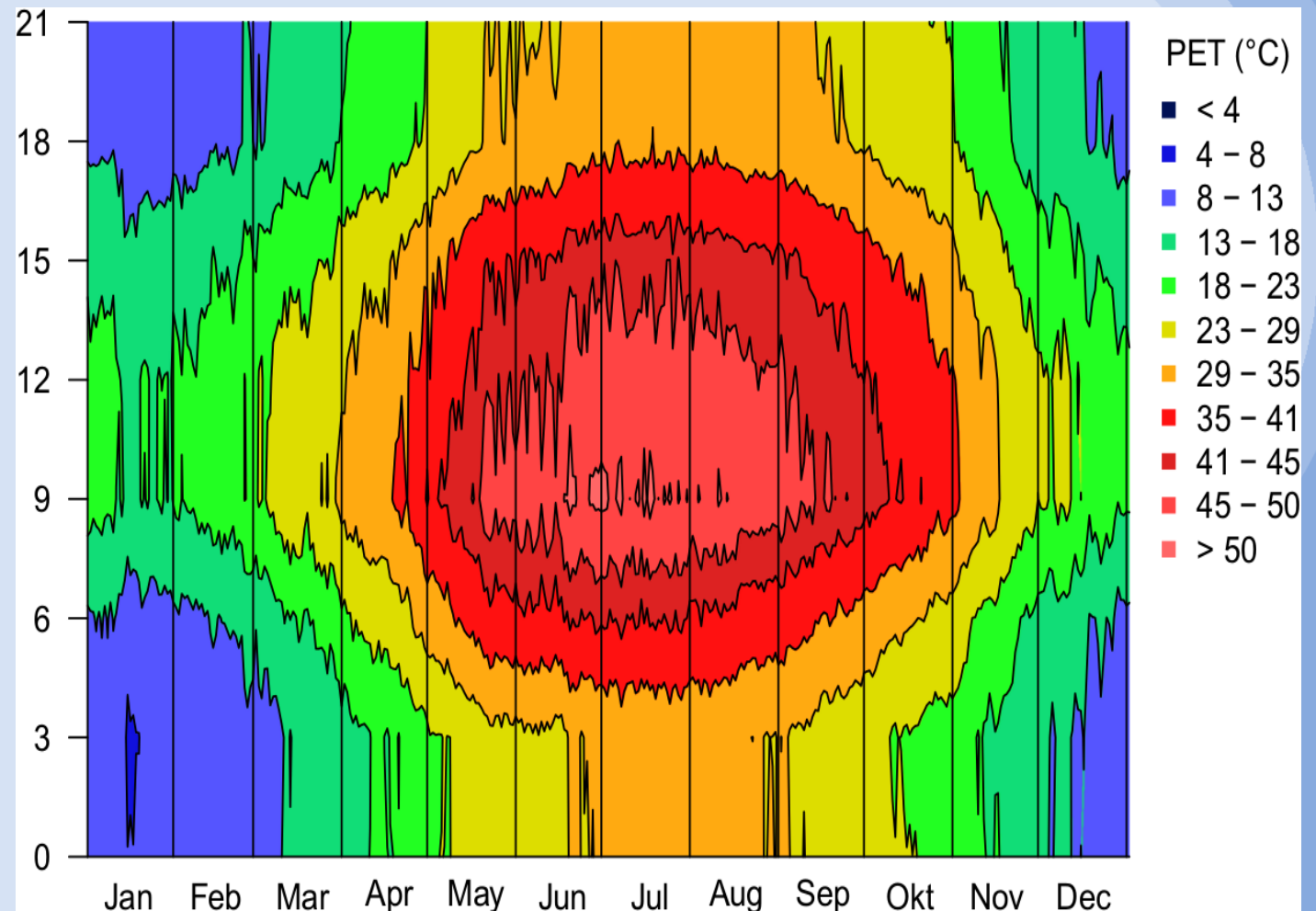
Transformation von Ausbreitungsklassenstatistiken in Zeitreihen

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 FIFAWorld 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 thermophysiologischen Zusammenhänge das thermische Empfinden des Menschen.

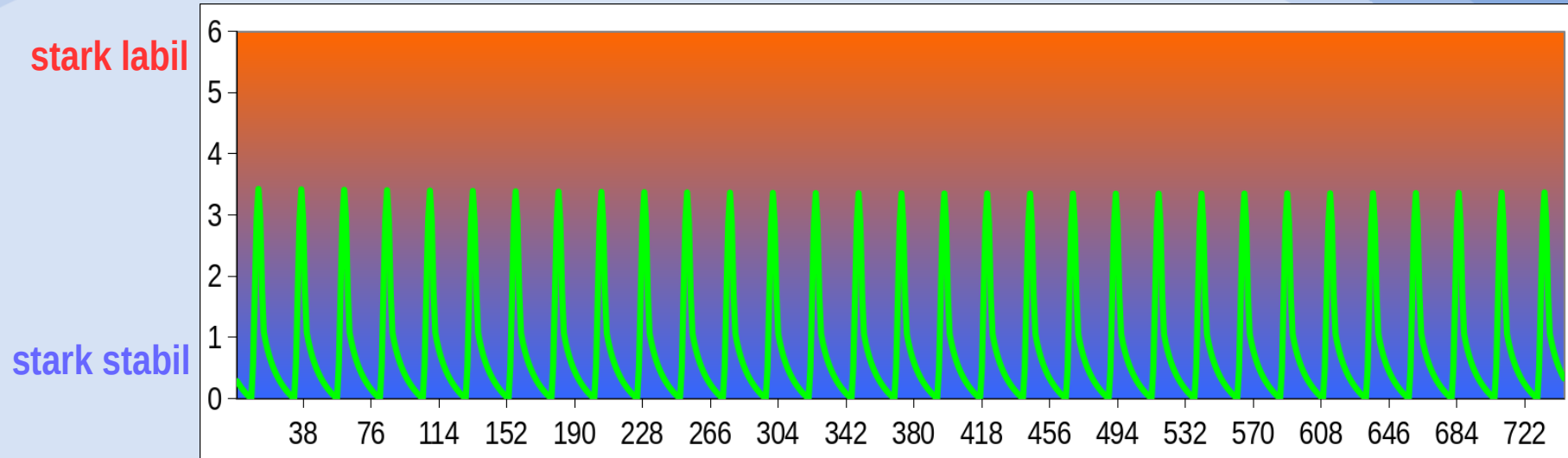
Meteorologische Parameter wie Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, Sonneneinstrahlung, Luftfeuchtigkeit, Bewölkungsgrad werden bei der Berechnung von PET berücksichtigt



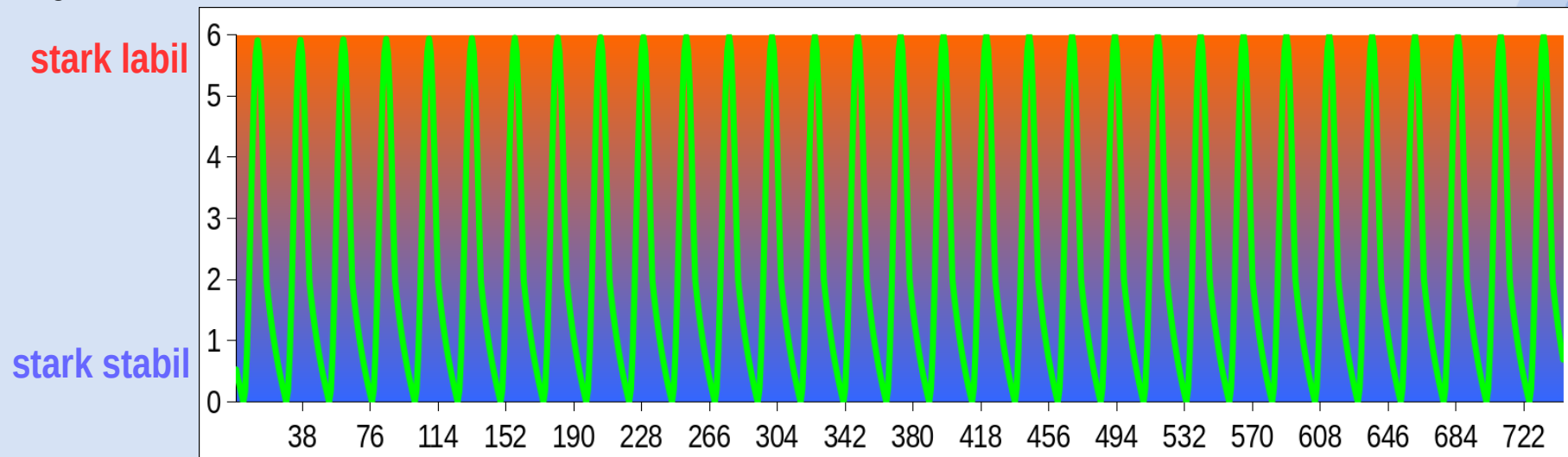
Transformation von Ausbreitungsklassenstatistiken in Zeitreihen

Methodik: mathematische Umsetzung über trigonometrische Funktionen

Verteilung der Stabilität in den Januar-Stunden



Verteilung der Stabilität in den Juli-Stunden



Transformation von Ausbreitungsklassenstatistiken in Zeitreihen

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.

Transformation von Ausbreitungsklassenstatistiken in Zeitreihen

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.

Transformation von Ausbreitungsklassenstatistiken in Zeitreihen

Methodenvalidierung: Beispiel as_anno97_mCU.txt

```
as_anno97_mCU.txt | Ausbreitungsklassenstatistik erstellt von Dipl.-Met. A. Zorn -----
Bezugsstandort: irgendwo | Bezugszeitraum: 01/1997 bis 12/1997 -----
Klug Manier (TA Luft) -----
Datengrundlage: AKTERM-Zeitreihe zu austal2000, anonymisierte Daten, Stand: 11.04.2002 mit Calmen & Unbestimmtheiten
Anemometerhoeohen (0.1 m): 32 41 57 74 98 144 200 244 283 | z0 (m): 0.01 0.02 0.05 0.1 0.2 0.5 1 1.5 2
98 176 72 0 73 37 23 61 69 28 36 69 44 81 36 35 60 49 0 15 121 50 130 69 116 49 70 100 127 108 145 238 220 243 312 179
190 148 71 23 80 23 69 46 91 23 12 71 101 24 124 75 57 23 25 0 52 91 109 46 39 23 60 67 171 239 252 183 69 183 176 141
23 91 274 183 152 48 82 117 143 160 121 117 103 153 137 48 57 96 59 74 73 60 69 122 95 60 85 163 117 118 187 171 91 69 80 133
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
193 149 165 171 72 133 194 143 148 152 130 57 115 114 59 114 119 72 151 60 60 50 26 46 34 121 42 99 137 153 104 105 171 103 166 106
190 148 130 137 137 46 137 274 194 69 48 60 101 36 148 100 80 34 61 108 78 39 49 69 0 91 108 107 160 96 156 137 80 80 47 82
194 183 217 114 199 131 176 257 202 209 145 141 137 94 91 96 91 96 119 173 85 108 91 73 84 95 181 163 187 153 152 126 57 46 103 133
274 91 57 132 91 182 536 737 575 768 439 289 313 359 474 277 473 196 388 373 323 152 176 165 303 143 305 384 184 130 114 103 126 46 57 171
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
12 12 12 39 0 0 34 12 11 42 47 11 0 0 24 11 0 0 14 0 12 12 0 11 23 0 28 25 0 35 26 12 11 23 47 12
59 0 35 34 46 11 0 11 34 0 73 48 13 48 49 25 46 23 25 0 0 0 0 34 26 0 13 69 48 48 23 0 23 24 35
23 0 46 11 12 36 0 35 48 25 24 12 23 12 34 24 0 0 12 12 0 48 0 12 12 12 12 82 47 47 35 34 23 11 11 12
183 103 297 191 194 415 431 472 564 920 786 393 201 243 300 358 449 635 434 489 542 409 411 342 473 476 597 480 404 367 285 274 251 263 137 171
57 11 0 11 69 86 160 354 343 422 685 285 183 11 23 57 113 160 160 480 685 685 600 656 807 839 1515 1047 920 502 126 228 228 160 171 183
0 0 0 0 0 0 0 0 0 103 11 0 23 0 0 34 34 46 103 274 559 594 400 400 855 1042 695 685 343 57 91 91 103 11 57
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 11 34 69 171 365 251 263 457 457 308 308 183 34 11 34 0 23 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 23 69 11 320 160 206 171 206 160 148 57 23 34 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 11 34 34 80 114 46 80 240 34 114 34 11 0 0 0 0 0
12 0 12 0 12 0 0 12 0 14 12 0 14 11 24 23 36 12 0 12 0 13 0 0 0 12 11 12 0 35 0 11 0 23
71 23 59 69 23 46 46 34 34 57 36 48 25 48 37 37 57 46 37 27 0 52 0 11 13 23 12 27 34 72 12 23 0 82 82
57 46 0 11 70 36 82 35 71 0 70 69 47 23 24 34 12 24 0 0 24 23 73 12 60 60 82 47 47 34 46 34 0 73
103 114 69 144 80 65 58 58 150 256 208 150 104 104 104 196 207 185 103 233 254 257 153 106 218 119 280 204 357 272 160 160 103 148 114 91
69 11 11 11 11 34 0 0 69 137 126 114 69 11 23 11 13 34 46 69 46 114 141 143 117 96 217 288 345 206 114 103 103 80 91 80
0 0 0 0 0 0 0 0 0 23 0 11 0 0 0 0 0 0 11 46 69 137 23 46 81 156 93 126 34 0 0 0 0 11 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 11 23 69 0 11 11 11 11 23 11 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 11 0 0 11 0 46 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 57 23 11 11 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
73 100 59 40 36 24 23 24 46 28 72 11 58 46 120 34 36 72 42 15 24 12 26 11 46 24 84 25 126 36 65 59 57 57 107 83
47 57 12 11 57 46 34 34 46 23 36 24 0 72 87 37 23 34 0 0 13 13 0 11 13 57 36 27 34 36 0 23 11 11 24 82
69 80 46 23 12 0 47 12 36 61 48 35 46 71 11 24 46 0 59 12 48 0 0 49 24 24 48 70 58 35 35 34 0 11 11 48
80 91 57 24 11 0 70 104 138 210 289 69 46 46 69 92 46 69 80 70 23 129 70 59 97 71 49 168 127 142 114 57 34 34 0 80
34 11 0 0 17 0 11 11 23 91 126 46 0 0 11 0 11 0 0 0 0 91 35 12 12 24 24 69 184 69 11 23 0 11 11 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 11 23 0 0 12 12 23 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
48 12 71 13 24 24 11 12 23 0 12 11 0 0 36 69 24 48 0 60 24 25 13 11 34 24 42 49 80 35 52 12 0 23 24 23
59 57 59 69 34 23 0 11 46 0 0 24 0 12 0 0 23 11 12 13 52 0 36 11 0 36 0 23 12 12 23 11 0 35 12
80 34 46 34 12 12 35 47 60 37 61 35 80 24 34 12 11 24 12 25 0 12 11 12 36 12 24 0 35 0 12 0 11 0 0 12
57 11 34 12 0 0 23 58 150 210 150 115 69 104 35 23 35 0 23 0 12 47 23 47 61 36 24 144 81 36 23 34 69 46 11 11
11 0 0 0 0 0 11 0 11 34 11 34 23 0 0 0 0 0 0 11 0 0 0 0 0 0 46 11 0 34 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```


Transformation von Ausbreitungsklassenstatistiken in Zeitreihen

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
+ Anemometerhoehe (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
+ Anemometerhoehe (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°

Transformation von Ausbreitungsklassenstatistiken in Zeitreihen

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

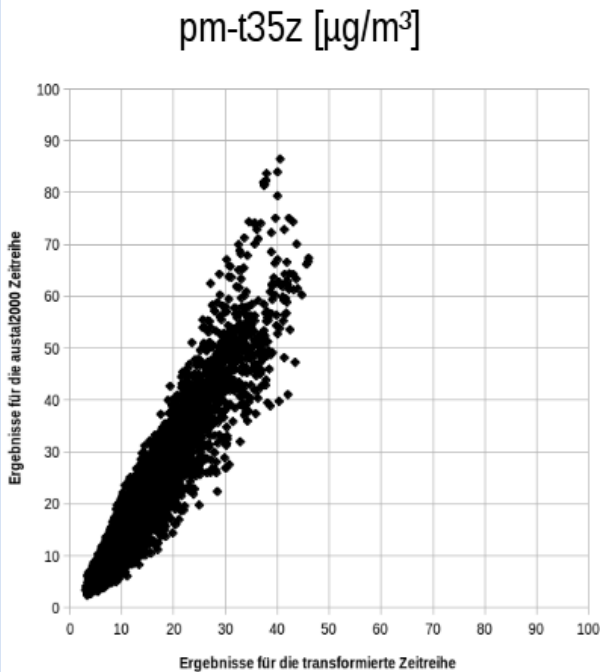
höhere Punktquelle

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

Transformation von Ausbreitungsklassenstatistiken in Zeitreihen

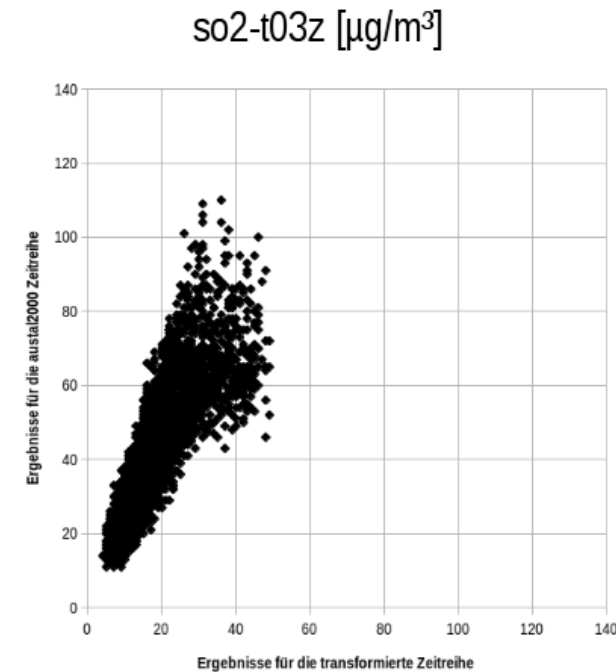
Methodenvalidierung | Berechnungen mit austal2000

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



höhere Punktquelle

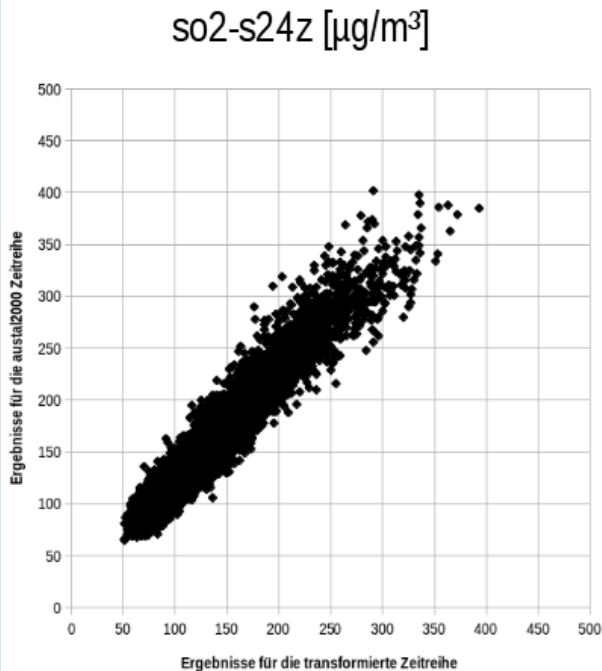
anno95



Transformation von Ausbreitungsklassenstatistiken in Zeitreihen

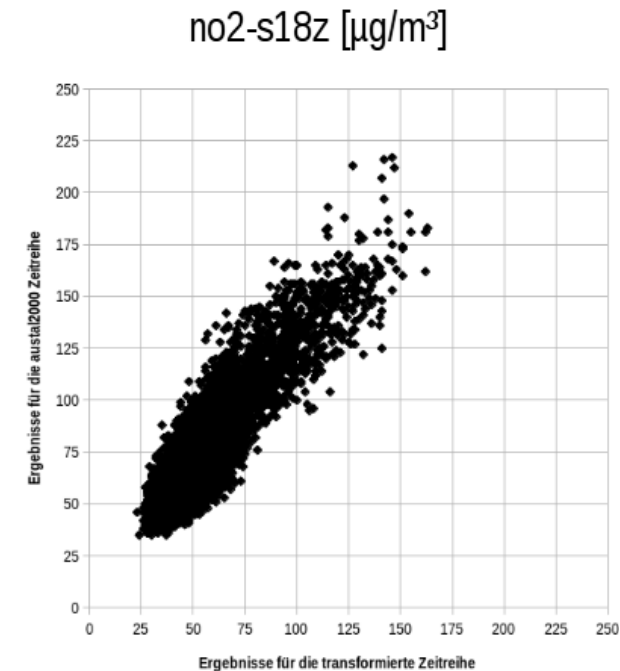
Methodenvalidierung | Berechnungen mit austal2000

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



höhere Punktquelle

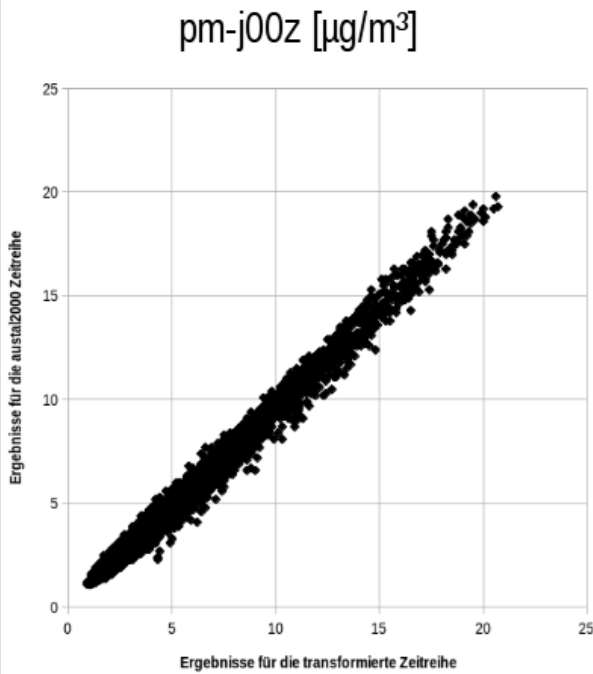
anno95



Transformation von Ausbreitungsklassenstatistiken in Zeitreihen

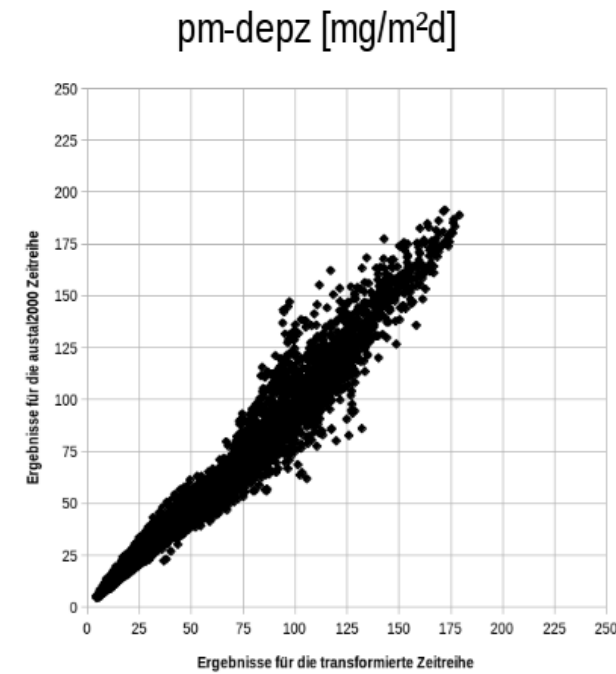
Methodenvalidierung | Berechnungen mit austal2000

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



höhere Punktquelle

anno95



Transformation von Ausbreitungsklassenstatistiken in Zeitreihen

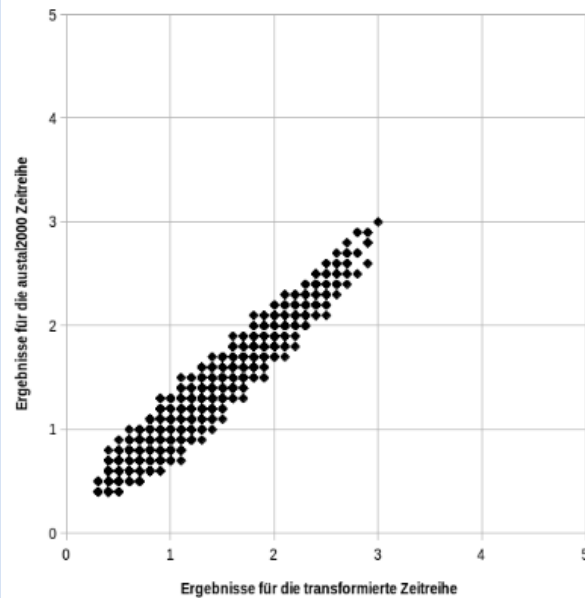
Methodenvalidierung | Berechnungen mit austal2000

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

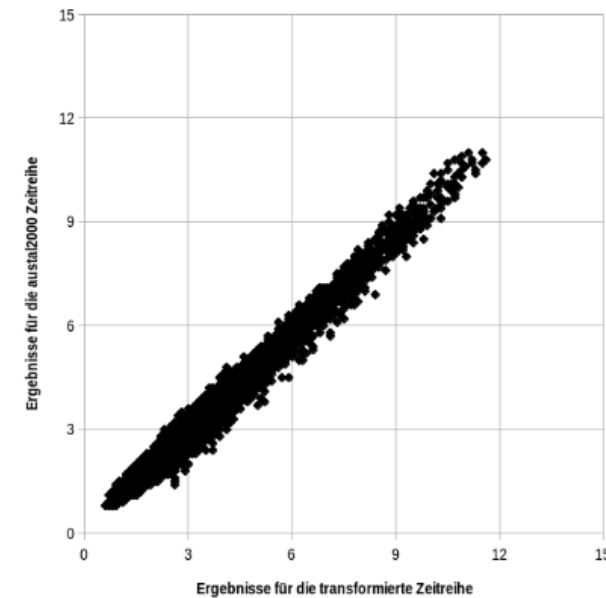
no2-j00z [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

höhere Punktquelle

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



anno95

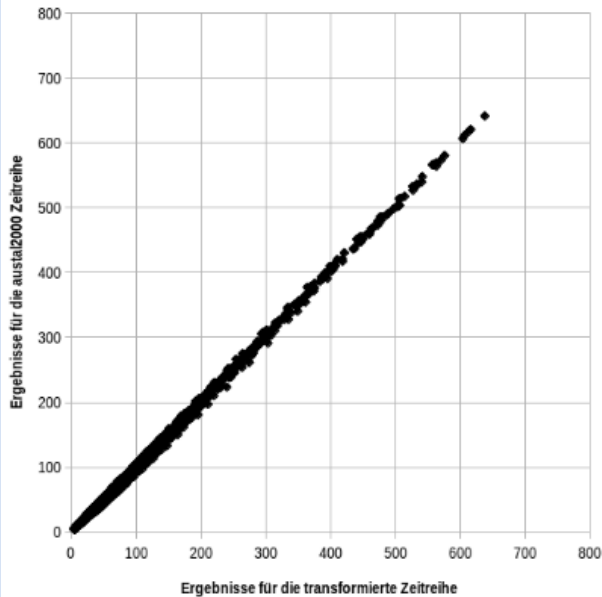


Transformation von Ausbreitungsklassenstatistiken in Zeitreihen

Methodenvalidierung | Berechnungen mit austal2000

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

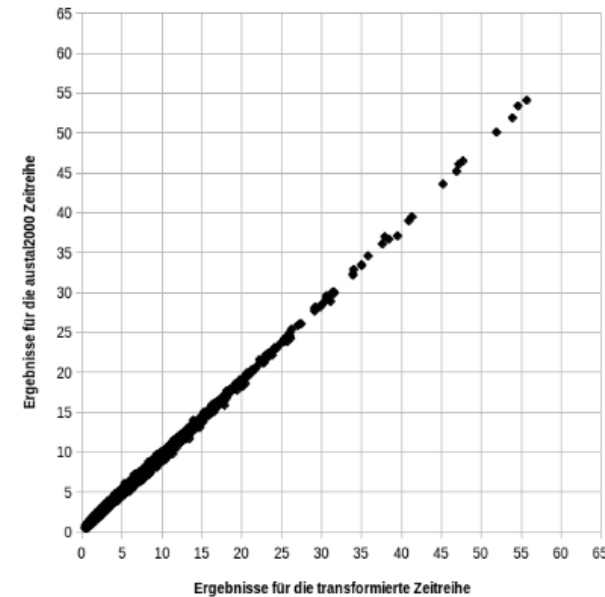
xx-j00z [mg/m³]



niedrige Volumenquelle

anno95

odor [%]



Transformation von Ausbreitungsklassenstatistiken in Zeitreihen

Zusammenfassung | Fazit

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

	<i>IJZ</i>						<i>ITZ</i>		<i>ISZ</i>	
<i>Zeitreihe</i>	<i>xx-j00z</i>	<i>odor-j00z</i>	<i>no2-j00z</i>	<i>so2-j00z</i>	<i>pm-j00z</i>	<i>pm-depz</i>	<i>pm-t35z</i>	<i>so2-t03z</i>	<i>so2-s24z</i>	<i>no2-s18z</i>
<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
<i>$\bar{m}$ (mittlerer linearer Anstieg)</i>										
95...99	1,00	0,99	0,95	0,95	0,95	0,98	1,45	2,06	1,14	1,25
<i>R² (Bestimmtheitsmaß)</i>										
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

Transformation von Ausbreitungsklassenstatistiken in Zeitreihen

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 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.

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

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!