



Transformation

von Ausbreitungsklassenstatistiken in entsprechende Zeitreihen

für Immissionsprognosen

André Zorn

Oktober 2013

mit Präzisierungen aus März 2014

Zusammenfassung

Ausbreitungsklassenstatistiken zur Durchführung von Immissionsprognosen liegen aus Messungen und zunehmend mehr aus Berechnungen in großem Umfang vor.

Mit den Modellen LASAT und AUSTAL2000 können damit zwar situationsabhängige Berechnungen durchgeführt werden. Jedoch sind Prozesse mit z.B. zeitlich variierenden emissionsverursachenden Betriebsvorgängen nur umständlich oder gar nicht zu berücksichtigen, was hingegen mit stundenweise aufgeschlüsselten Zeitreihen relativ einfach möglich ist.

Nachfolgend wird ein Verfahren zur Transformation von entsprechenden Statistiken in Zeitreihen beschrieben und getestet, welche Auswirkungen auf Immissionskenngrößen damit verbunden sind.



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	2
2	Methodik.....	2
3	Testrechnungen zu Beispielen.....	3
3.1	Ausbreitungsklassenstatistiken.....	3
3.2	Ausbreitungsklassenzeitreihen.....	3
3.3	Emissionsquellen und -szenarien.....	4
3.4	Ergebnisvergleich Immissions-Jahres-Zusatzbelastung (IJZ).....	5
3.5	Ergebnisvergleich Immissions-Tages-Zusatzbelastung (ITZ).....	8
3.6	Ergebnisvergleich Immissions-Stunden-Zusatzbelastung (ISZ).....	9
4	Diskussion und Fazit.....	10
5	Literatur.....	10

Anhang: Ausbreitungsklassenstatistiken (5 Seiten)

1 Einleitung

Zu den Vorzügen von Ausbreitungsklassenstatistiken (AKS) gehören insbesondere, dass

- diese sich aus beliebig umfangreichen Datenkollektiven zu Windgeschwindigkeit, -richtung und Schichtungsstabilität erstellen lassen, wobei Lücken in Messreihen nicht geschlossen werden müssen und
- sich die zeitliche Repräsentativität der in den AKS enthaltenen Informationen relativ einfach nach den praktischen Erfordernissen gestalten lässt.

Diese können dann nach einer atmosphärenphysikalisch begründeten Transformation in stundenweise aufgeschlüsselte Ausbreitungsklassenzeitreihen (AKTERM) für Immissionsprognosen auch zur Berücksichtigung von Prozessen mit zeitlich variierenden emissionsverursachenden Betriebsvorgängen genutzt werden.

2 Methodik

Hierzu sind für die Stunden eines Jahres insgesamt 8760 Kombinationen aus Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Klug-Manier-Klasse entsprechend der durch die AKS vorgegebenen Eintrittswahrscheinlichkeit zu ermitteln.

Als Windrichtung genügt es, das Zehnfache des jeweiligen Richtungssektors und als Windgeschwindigkeit den TA Luft - ¹Rechenwert in Knoten entsprechend der jeweiligen Geschwindigkeitsklasse zu verwenden.

Die so erhaltenen Werte-Tripel aus Richtung, Geschwindigkeit und Klug-Manier-Klasse sind anschließend unter Berücksichtigung des Tages- und Jahregangs der Schichtungsstabilität anzuordnen, wobei von folgenden meteorologischen Erfahrungstatsachen ausgegangen werden darf:

- 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.

Im Hinblick auf die Verwendung einer auf diesem Weg gewonnenen Ausbreitungsklassenzeitreihe sind folgende Besonderheiten zu beachten, die jedoch bei Immissionsprognosen i.Allg. keine Einschränkungen darstellen:

¹ Es sind also 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.



- Jahreszahl und Wetterinformationen haben keine Bedeutung und sind zu ignorieren.
- Die Anemometerhöhe muss entsprechend der Stationsgegebenheiten (Rauigkeitslänge und Verdrängungshöhe meteorologischer Profile) sachverständig festgelegt werden.
- Aufeinander folgende Datensätze stehen in keinem zeitlichen Zusammenhang, da sie keine Abfolge konkreter Situationen darstellen, womit Effekte der Akkumulation im Rechengebiet weniger systematisch sind.
- Bei ausgedehnten Rechengebieten ist insbesondere am Rand eine Zunahme der zufälligen Unsicherheiten (z.B. bei Ausbreitungswegen > 3600 m) zu erwarten. Dieser Effekt ist umso geringer, je häufiger größere Windgeschwindigkeiten als 1 m/s auftreten, wodurch auch das „Gedächtnis“ stärker nachlässt. In solchen Entfernungen von der Quelle ist erfahrungsgemäß auch zumeist die Verdünnung sehr hoch und das Belastungspotenzial niedrig.

Die zeitliche Repräsentativität der so gewonnenen Jahres-Reihe entspricht der zugrunde liegenden Statistik und kann damit auch deutlich größer als ein Jahr sein. Einzelne Ereignisse mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit $< 1/8760$ sind jedoch nicht systematisch erfassbar.

3 Testrechnungen zu Beispielen

Das oben beschriebene Verfahren soll für eine höhere Punktquelle und eine niedrigere Volumenquelle hinsichtlich der Auswirkungen auf Immissionskenngrößen der TA Luft sowie der Geruchs-Immissionsrichtlinie überprüft werden.

Hierbei werden die Ergebnisse von Berechnungen mit /Lit. 2/ für die mit austal2000 bereit gestellten Zeitreihen (anno95.akterm...anno99.akterm) mit denen von transformierten Ausbreitungsklassenzeitreihen (az_anno95_mCU.txt...az_anno99_mCU.txt) an jeder Masche der jeweiligen Rechengitter verglichen.

3.1 Ausbreitungsklassenstatistiken

In einem ersten Schritt wurden die Zeitreihen anno95.akterm...anno99.akterm anhand der Klasseinteilungen der TA Luft statistisch ausgewertet.

Hierbei wurden -abweichend von den Vorgaben der TA Luft- 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.

Im Anhang sind die resultierenden Statistiken enthalten.

3.2 Ausbreitungsklassenzeitreihen

Die auf diese Weise gewonnenen as_anno95_mCU.txt...as_anno99_mCU.txt wurden nach der oben beschriebenen Methodik in die Ausbreitungsklassenzeitreihen az_anno95_mCU.txt...az_anno99_mCU.txt transformiert. Damit werden die meteorologischen Verhältnisse verfahrensbedingt etwas ausgeglichener als durch die zugrunde liegenden 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.

Nachfolgend sind Auszüge aus der (originalen) anno97.akterm denen der (transformierten) az_anno97_mCU.txt gegenüber gestellt. Hierbei wird auf die unterschiedliche Angabe von Windrichtung (Grad bzw. Dekagrad) und Windgeschwindigkeit (Dezimeter je Sekunde bzw. Knoten) verwiesen.



Transformation von Ausbreitungsklassenstatistiken in entsprechende Zeitreihen

Fassung Oktober 2013 mit Präzisierungen aus März 2014

```
anno97_akterm
* AKTERM-Zeitreihe, Deutscher Wetterdienst, Offenbach (KB1A)
* Zeitraum 01/1997 bis 12/1997
* anonymisierte Daten, Stand: 11.04.2002
+ Anemometerhoeohen (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 36 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 37 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

* 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 austa12000 ... mit Calmen & Unbestimmtheiten
+ Anemometerhoeohen (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 3 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
```

(Die Jahreszahl hat bei der transformierten Zeitreihe keine Bedeutung.)

3.3 Emissionsquellen uns -szenarien

Die Berechnungen wurden mit den beiden Emissionsszenarien:

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
```

sowohl für die fünf mit austa12000 bereit gestellten Zeitreihen als auch für die fünf transformierten Zeitreihen durchgeführt.

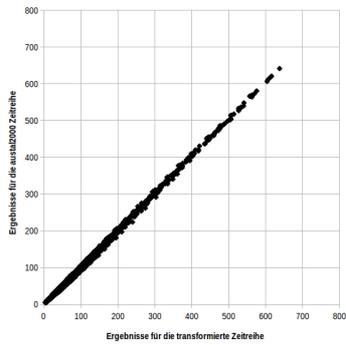


3.4 Ergebnisvergleich Immissions-Jahres-Zusatzbelastung (IJZ)

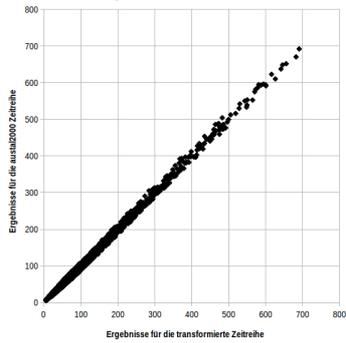
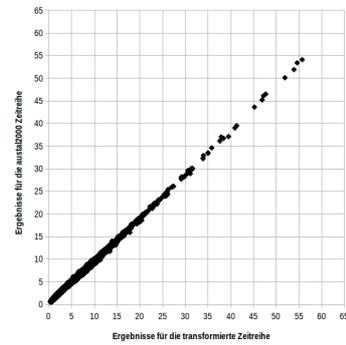
xx-j00z [mg/m³]

niedrige Volumenquelle

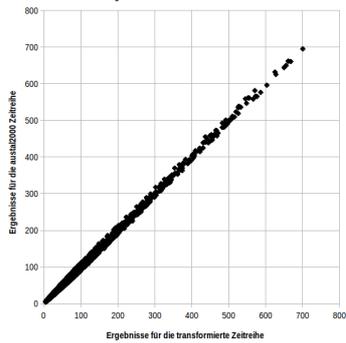
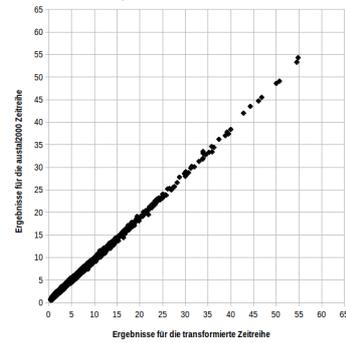
odor [%]



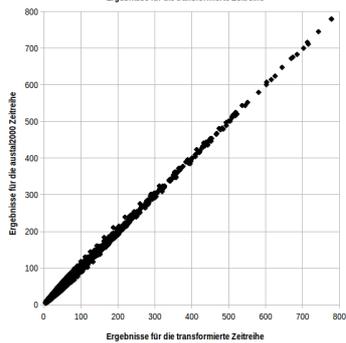
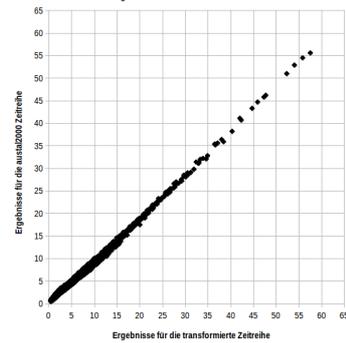
anno95



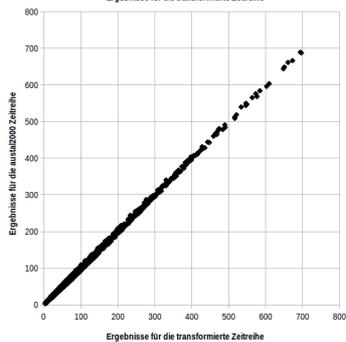
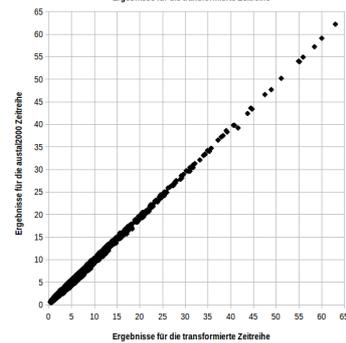
anno96



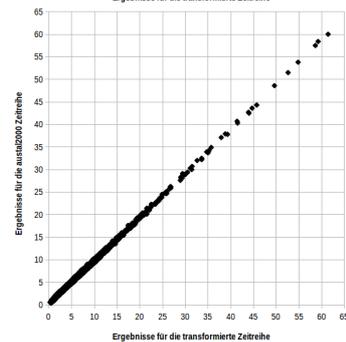
anno97



anno98



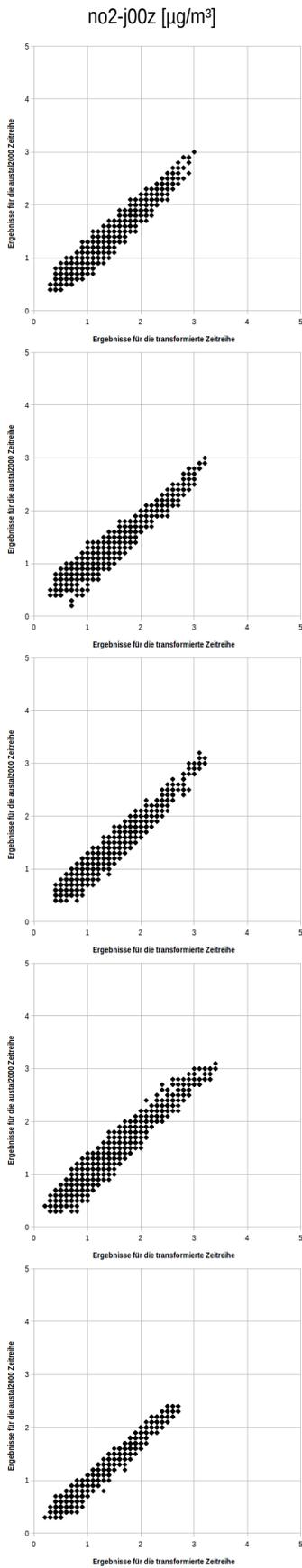
anno99





Transformation von Ausbreitungsklassenstatistiken in entsprechende Zeitreihen

Fassung Oktober 2013 mit Präzisierungen aus März 2014



höhere Punktquelle

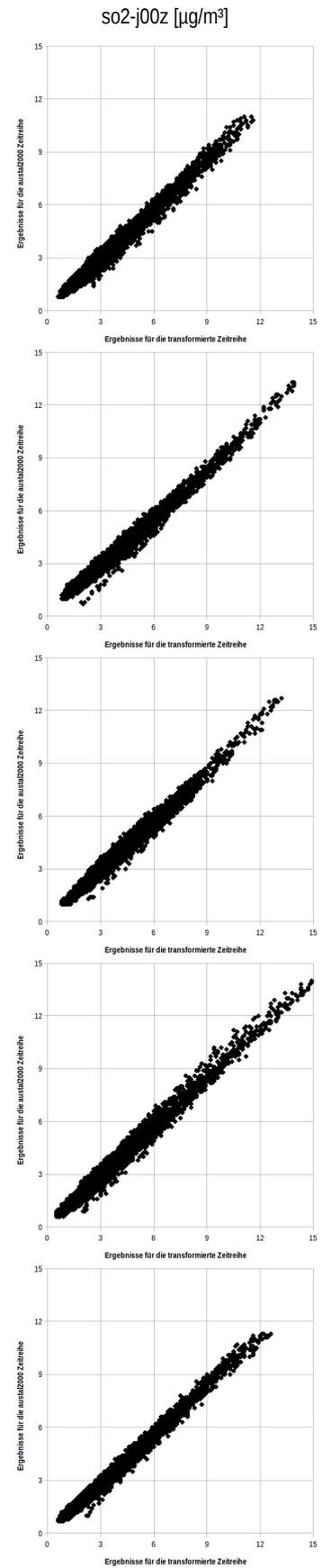
anno95

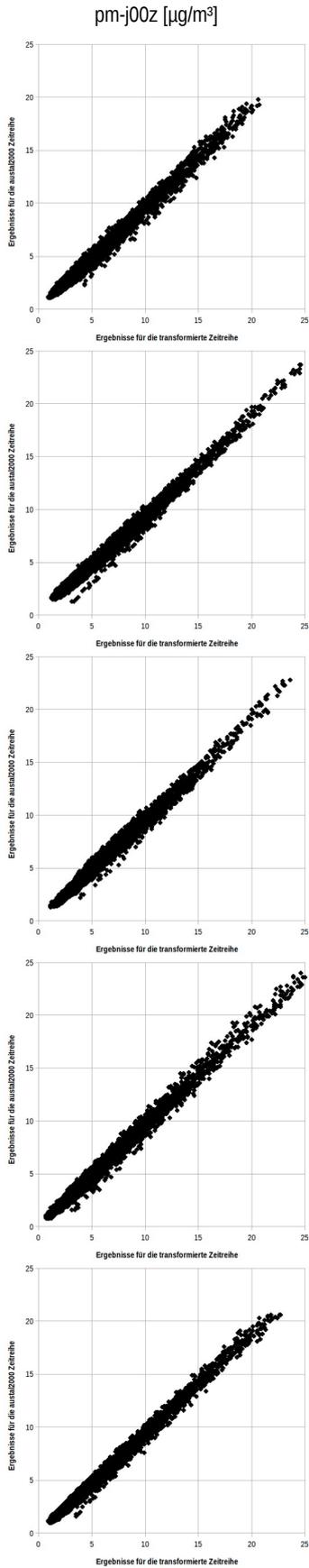
anno96

anno97

anno98

anno99





höhere Punktquelle

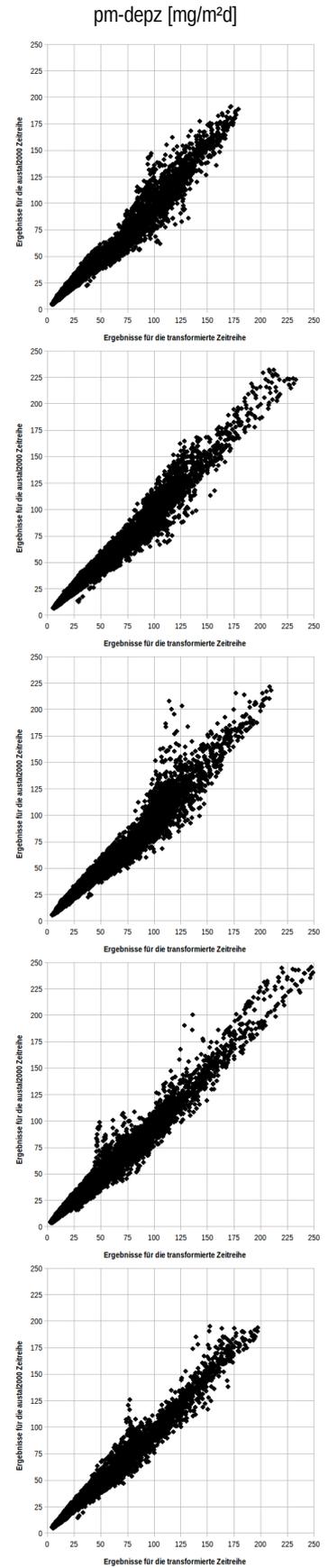
anno95

anno96

anno97

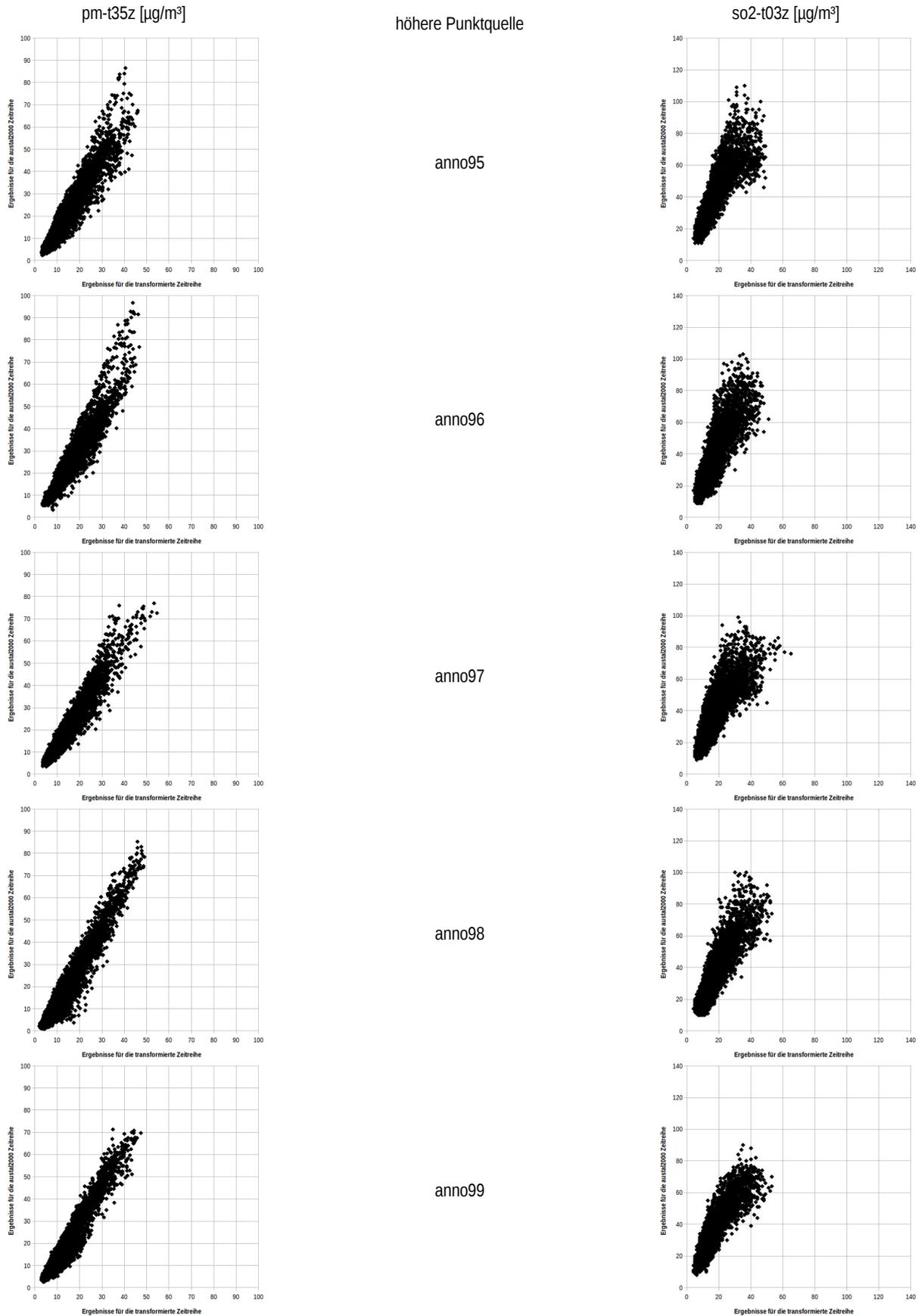
anno98

anno99



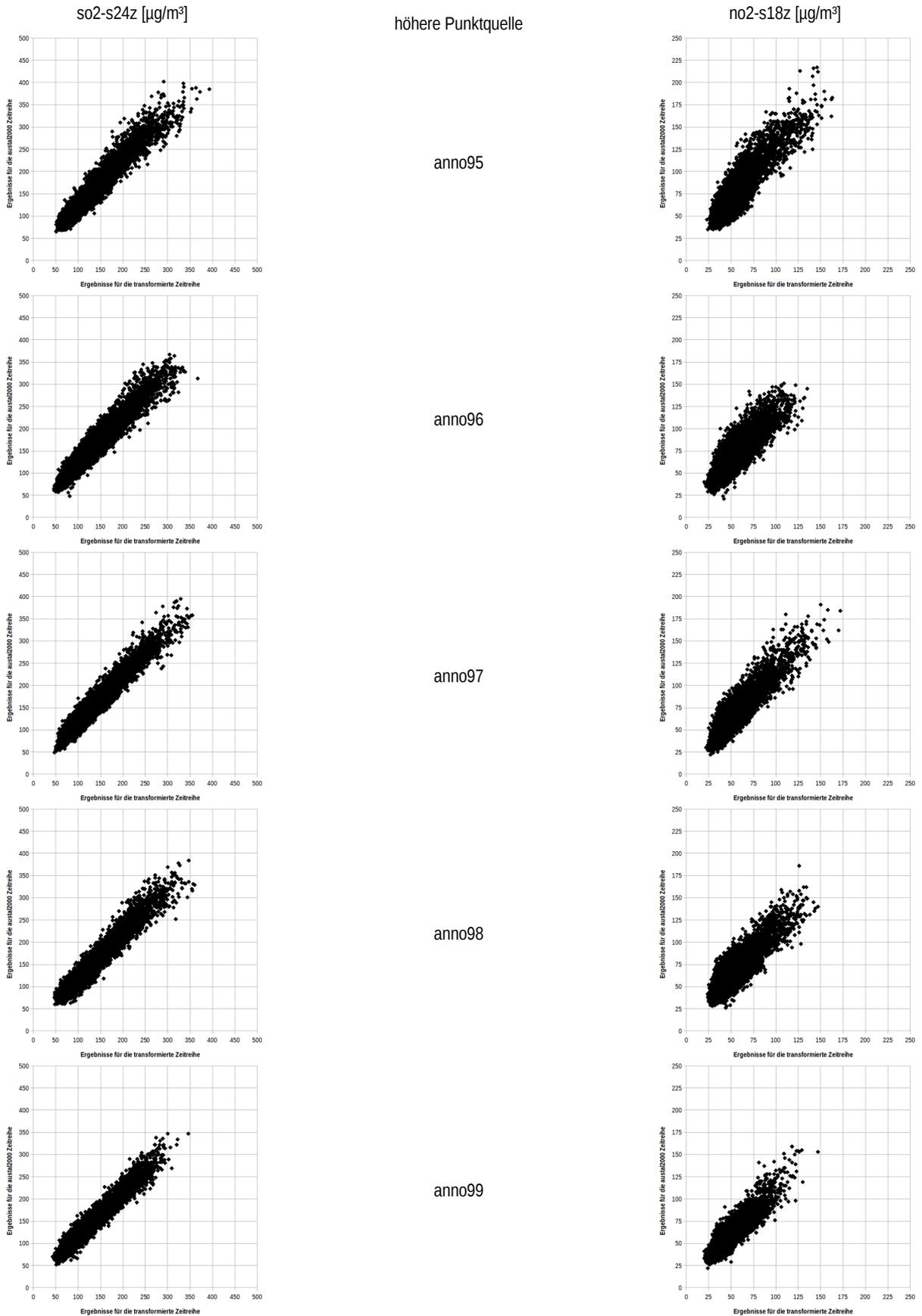


3.5 Ergebnisvergleich Immissions-Tages-Zusatzbelastung (ITZ)





3.6 Ergebnisvergleich Immissions-Stunden-Zusatzbelastung (ISZ)





4 Diskussion und Fazit

In der nachfolgenden Tabelle sind die Parameter der Funktion $y = mx + n$ zu den in den Diagrammen dargestellten Ergebnissen bei erzwungenem Nulldurchgang ($n = 0$) enthalten, wobei die y-Werte für die Ergebnisse zu den jeweiligen austal2000 Zeitreihen und die x-Werte für die Ergebnisse zu den entsprechend transformierten Zeitreihen stehen.

Zeitreihe	IJZ						ITZ		ISZ	
	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
<i>m̄ (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

Die Ergebnisse der Berechnungen für die mit austal2000 bereit gestellten 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 ist das bei der Immissions-Tages-Zusatzbelastung (ITZ) und der Immissions-Stunden-Zusatzbelastung (ISZ) anders, was auf die ausgeglicheneren Verhältnisse in den transformierten Zeitreihen und ggf. auch auf geringere Möglichkeiten der Akkumulation zurück zu führen ist. Dennoch kann eine gute Schätzung durch Anbringen eines für jede Kenngröße spezifisch Korrekturfaktors (z.B. mit dem o.g. jeweiligen mittleren linearen Anstieg \bar{m}) erfolgen.

Damit bietet sich die hier beschriebene Methode zur Transformation von Ausbreitungsklassenstatistiken in entsprechende Zeitreihen für Immissionsprognosen unter Beachtung der o.g. Besonderheiten an.

5 Literatur

- Lit. 1 TA Luft:
Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24. Juli 2002.
- Lit. 2 austal2000:
Ing.-Büro Janicke; Lagrangesches Partikelmodell nach VDI 3945 Blatt 3, Version 2.5.1-LI-x | Austal2000 Programmbeschreibung zu Version 2.5., Stand 2011-08-01 (<http://www.austal2000.de>).

