

Abschätzung der Überschreitungshäufigkeiten nach der EU-Luftqualitätsrahmenrichtlinie

Im Auftrag des Umweltbundesamtes FG II 6.4
IVU Umwelt GmbH
mailto: GW@IVU-Umwelt.de
URL <http://www.IVU-Umwelt.de>
Fon +49(0)7641 53046
Fax +49(0)7641 53047

Äquivalenz Überschreitungshäufigkeit und Perzentil

Grenzwerte der Luftqualitätsrahmenrichtlinie der EU sind als Mittelwerte
oder als Überschreitungshäufigkeiten definiert.

Überschreitungshäufigkeiten kann man auch als Perzentile auffassen.

1. Tochterrichtlinie (1999/30/EG)
 - NO₂ als 99.79%-Wert der Stundenmittelwerte
 - PM₁₀ als 90.41%-Wert der Tagesmittelwerte
 - SO₂ als 99.73%-Wert der Stundenmittelwerte
 - SO₂ als 99.18%-Wert der Tagesmittelwerte
2. Tochterrichtlinie (2000/69/EG)
 - CO als 100%-Wert (Maximum) der gleitenden 8-Stundenmittelwerte

Diese hohen Perzentile sind aus EU-konformen Messungen oder aus stündlichen Modellergebnissen, zu berechnen. Es gibt aber Fälle, in denen man keine stündlichen Modellergebnisse erhalten kann. In diesen Fällen ist man auf statistische Modelle, die sich auf historische Zeitreihen stützen, angewiesen.

Zur Äquivalenz der Überschreitungshäufigkeit und des Perzentils

Der Grenzwert als Überschreitungshäufigkeit ist bei 100%-Belegung der Zeitreihe äquivalent mit einem bestimmten Perzentil. Da die Zeitreihe im Normalfall nicht voll belegt ist, reduziert sich das Perzentil. Folgendes Beispiel zeigt, dass die Auswirkung bei Einhaltung des Mindestbelegungsgrades nach Richtlinie 1996/62/EG zu vernachlässigen ist.

	Belegungsgrad	Äquivalentes Perzentil
Maximal	100.0%	99.79% ~ 99.8%
Minimal	85.3%	99.76% ~ 99.8%

Es genügt also den 99.8%-Wert der Zeitreihe zu betrachten, wenn man an den Überschreitungen des NO₂-Grenzwertes interessiert ist.

Möglichkeiten der Modellierung von statistischen Kennwerten der Immissionszeitreihen

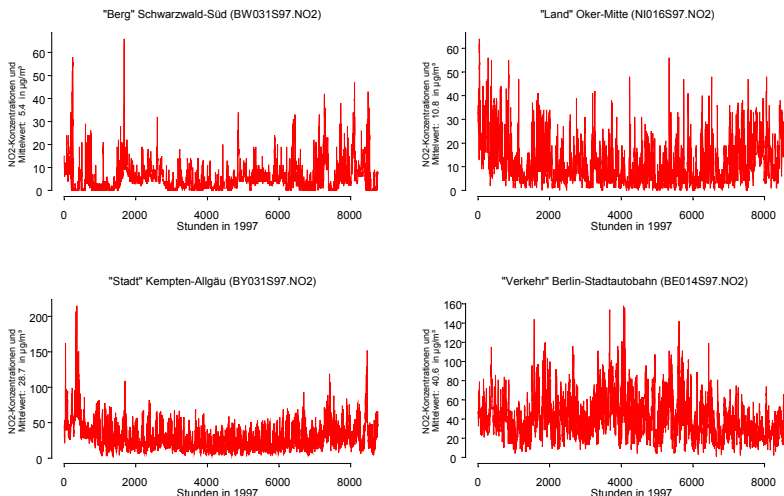
- Überschreitungshäufigkeit können anhand der gemessenen oder berechneten stündlichen Zeitreihe ermittelt werden.
- Hilfsweise können hohe Perzentile aber auch durch statistische Funktionen auf der Basis von historischen Zeitreihen geschätzt werden.
- Es gibt Fälle, in denen die direkte Ermittlung nahezu unmöglich ist, z.B. bei NO₂ oder wenn man zur Berechnung keine Zeitreihe der meteorologischen Variablen zur Verfügung hat.

Clusteranalyse

- Das Ableiten einer statistischen Beziehung zwischen Überschreitungshäufigkeit und Jahresmittelwert setzt einen möglichst homogenen Bestand an Zeitreihen voraus, auf den sich die statistische Analyse abstützt.
- Die Zeitreihen von unterschiedlichen Stationstypen (Berg, Land, Stadt, Verkehr) sind verschieden.
- Die Einteilung in Stationstypen wurde vom UBA in Rahmen der Ozonproblematik erstellt und zur Verfügung gestellt.
- Die Einteilung der Beispielszeitreihen (siehe unten) in Stationstypen erfolgte mit einem Verfahren, das subjektive Elemente enthält.
- Bevor die statistischen Beziehungen abgeleitet werden, sollte man ein objektives Klassifikationsverfahren einsetzen. Ein solches Klassifikationsverfahren ist die Clusteranalyse.
- Damit die Clusteranalyse nicht nach dem Niveau klassifiziert, sondern nach den Zeitreihencharakteristika, muss man alle Zeitreihen transformieren (Mittelwert=0, Varianz=1).

Die Luftschadstoff-Immissionswerte von verschiedenen Stationen unterscheiden sich hinsichtlich:

- des Niveaus
- der Frequenzanteile (Jahresgang, Wochengang, Tagesgang)

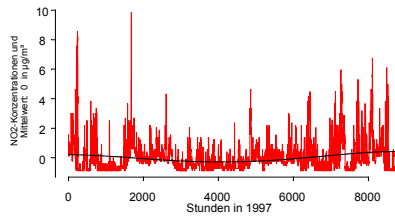


Fehlwertersetzte Zeitreihen. Verwendet wurde ein Verfahren, das von IVU GmbH im Auftrag der HLFU erstellt wurde (Auswertung von Immissionsdaten, Fehlwertersetzun g in Immissionszeitreihen, Hessische Landesanstalt für Umwelt, Heft 120 der Reihe Umweltplanung, Arbeits-Umweltschutz, August 1991)

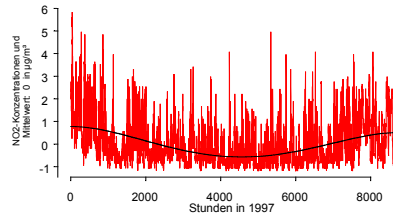
Standardisierung und Saisonbereinigung

Das Niveau und die Variation wird angeglichen durch z-Transformation (Mittelwert Null und Standardabweichung Eins) und der Jahresgang wird durch ein einfaches Saison-modell (Polynom 4. Grades mit den Randbedingungen horizontaler Verlauf an den Rändern) bese

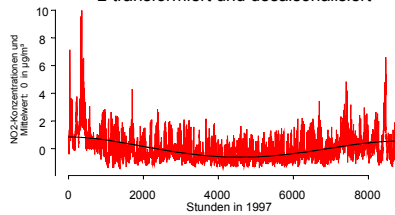
“Berg“ Schwarzwald-Süd
z-transformiert und desaisonalisiert



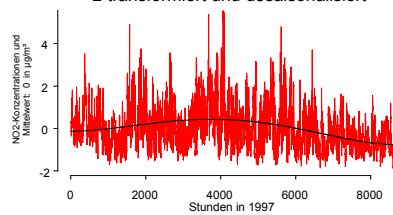
“Land“ Oker
z-transformiert und desaisonalisiert



“Stadt“ Kempten-Allgäu
z-transformiert und desaisonalisiert

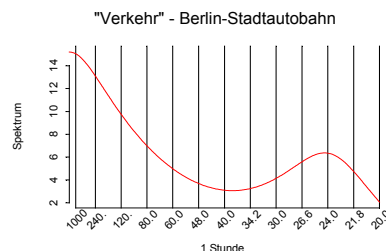
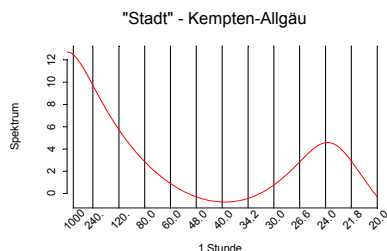
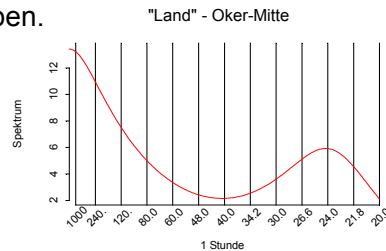
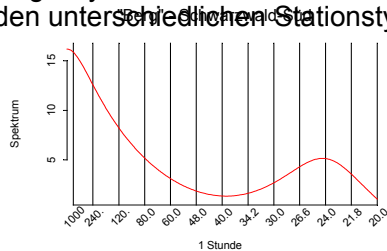


“Verkehr“ Berlin-Stadtautobahn
z-transformiert und desaisonalisiert



Spektralschätzung des Autoregressiven-Modells der Beispilsdaten

Der Peak bei den niedrigen Frequenzen ist auf verbleibende längere Zyklen (Wochengang und „synoptische“ Zyklen) zurückzuführen. Der zweite Peak ist der Tageszyklus, man erkennt die unterschiedliche Intensität des Tagesgangs bei den unterschiedlichen Stationstypen.



Änderung der Zuordnung den NO₂-Cluster für die vier verschiedenen Stationstypen

Neue Zuordnung Clusteranalyse

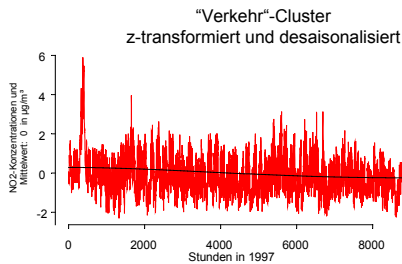
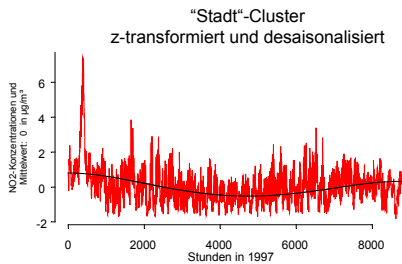
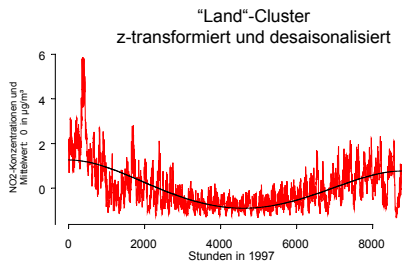
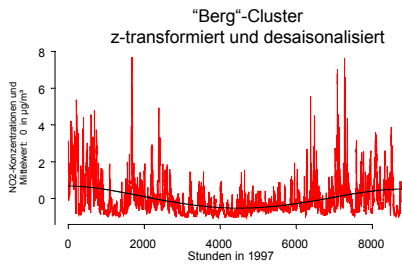
Alte Zuordnung UBA

		neu	neu	neu	neu			
		Land	Stadt	Verkehr	Berg	verändert	unverändert	gesamt
alt	Land	0	18	0	2	20	31	51
alt	Stadt	16	0	6	0	22	174	196
alt	Verkehr	0	62	0	0	62	6	68
alt	Berg	2	0	0	0	2	1	3
	verändert	18	80	6	2	106		
	unverändert	31	174	6	1		212	
	gesamt	49	254	12	3			318

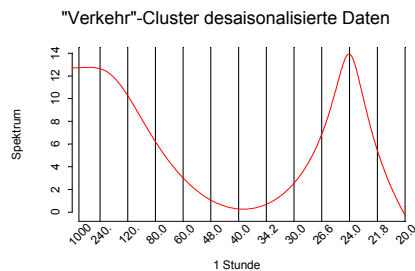
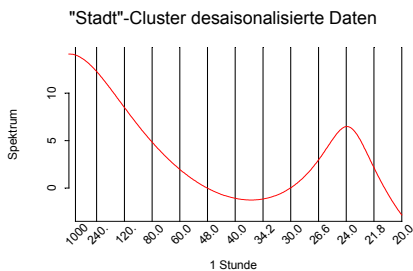
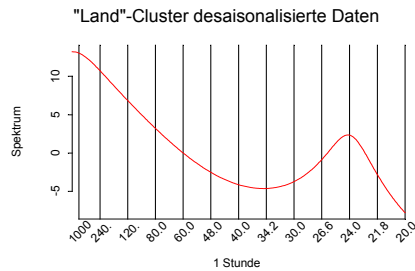
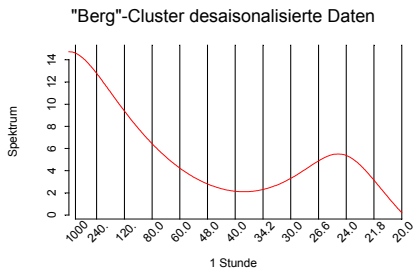
Veränderte Zuordnung (106 von 423 Stationen)

Nr.	Code	Name	Neu	Alt	Nr.	Code	Name	Neu	Alt	Nr.	Code	Name	Neu	Alt
1	BB001	Burg	Land	Stadt	36	HE008	Frankfurt-Ost	Stadt	Verkehr	71	NW021	Bottrop-Welheim	Stadt	Verkehr
2	BB018	Oranienburg	Verkehr	Stadt	37	HE009	Frankfurt-Sindlingen	Stadt	Verkehr	72	NW028	Essen-Schuir (LUA)	Stadt	Verkehr
3	BW002	Karlsruhe-West	Stadt	Verkehr	38	HE010	Gießen	Stadt	Verkehr	73	NW038	Mülheim-Styrum	Stadt	Verkehr
4	BW011	Stuttgart-Zuffenhausen	Stadt	Verkehr	39	HE011	Hanau	Stadt	Verkehr	74	NW042	Krefeld-Linn	Stadt	Verkehr
5	BW013	Stuttgart-Bad Cannstatt	Stadt	Verkehr	40	HE012	Kassel-Bettenhausen	Stadt	Verkehr	75	NW047	Neuss	Stadt	Verkehr
6	BW014	Stuttgart-Hafen	Stadt	Verkehr	41	HE014	Kassel-Nord	Stadt	Verkehr	76	NW050	Dormagen-Horrem	Stadt	Verkehr
7	BW016	Neckarsulm	Stadt	Verkehr	42	HE015	Maintal	Stadt	Verkehr	77	NW053	Köln-Chorweiler	Stadt	Verkehr
8	BW023	Weil am Rhein	Land	Stadt	43	HE016	Mainz-Kastel	Stadt	Verkehr	78	NW054	Leverkusen	Stadt	Verkehr
9	BW025	Esslingen	Stadt	Verkehr	44	HE017	Offenbach	Stadt	Verkehr	79	NW059	Köln-Rodenkirchen	Stadt	Verkehr
10	BW026	Plochingen	Stadt	Verkehr	45	HE018	Raunheim	Stadt	Verkehr	80	NW062	Bonn-Auerberg	Stadt	Verkehr
11	BW033	Pforzheim-West	Stadt	Verkehr	46	HE019	Viemheim	Stadt	Verkehr	81	NW064	Eifel (Simmerath)	Berg	Land
12	BW036	Tübingen	Stadt	Verkehr	47	HE020	Wetzlar	Stadt	Verkehr	82	RP003	Ludwigshafen-Mundenheim	Stadt	Verkehr
13	BW040	Waldshut	Land	Stadt	48	HE022	Wiesbaden-Süd	Stadt	Verkehr	83	RP008	Mainz-Goetheplatz	Stadt	Verkehr
14	BW041	Rheinfelden	Land	Stadt	49	HE029	Dillenburg	Stadt	Verkehr	84	RP015	Westeifel Wascheid	Berg	Land
15	BW042	Bernhausen	Stadt	Verkehr	50	HE030	Marburg	Stadt	Verkehr	85	RP021	Neuwied-Hafenstraße	Stadt	Verkehr
16	BW047	Calw	Stadt	Verkehr	51	HE031	Fulda	Stadt	Verkehr	86	RP024	Koblenz-Friedrich-Ebert-Ring	Stadt	Verkehr
17	BW053	Künzelsau	Land	Stadt	52	HE033	Borken	Land	Stadt	87	RP026	Frankenthal-Europaring	Stadt	Verkehr
18	BW059	Tauberbischofsheim	Land	Stadt	53	HE034	Nidda	Land	Stadt	88	SH006	Schleswig	Stadt	Land
19	BW065	Ravensburg	Stadt	Verkehr	54	HE035	Kassel-Süd	Stadt	Verkehr	89	SH007	Kiel-Schützenwall	Verkehr	Stadt
20	BY004	Kleinwallstadt	Land	Stadt	55	MV001	Selmsdorf	Stadt	Land	90	SH008	Bornhöved	Stadt	Land
21	BY005	Aschaffenburg/Bussardweg	Stadt	Verkehr	56	MV002	Rostock	Verkehr	Stadt	91	SH011	Brunsbüttel	Stadt	Land
22	BY034	Lauf a.d.Pegnitz	Stadt	Verkehr	57	MV003	Neubrandenburg	Verkehr	Stadt	92	SL008	Nonnweiler	Land	Stadt
23	BY037	München/Stachus	Stadt	Verkehr	58	MV004	Gülsow	Stadt	Land	93	SN024	Klingenthal	Land	Stadt
24	BY049	Nürnberg a.d.Donau/Eining	Land	Stadt	59	MV005	Schwerin	Verkehr	Stadt	94	SN051	Radebeul-Wahnsdorf	Stadt	Land
25	BY053	Nürnberg/Bahnhofstr.	Stadt	Verkehr	60	MV006	Stralsund	Verkehr	Stadt	95	ST011	Wemigerode	Stadt	Land
26	BY061	Passau	Stadt	Verkehr	61	MV007	Rostock-Stuthof	Stadt	Land	96	ST073	Dessau/Verkehr	Stadt	Verkehr
27	BY063	Regensburg/Rathaus	Stadt	Verkehr	62	MV012	Lüdnitz	Stadt	Land	97	ST076	Magdeburg/Verkehr	Stadt	Verkehr
28	BY068	Schweinfurt	Stadt	Verkehr	63	NI028	Duderstadt	Land	Stadt	98	ST082	Amsdorf	Stadt	Land
29	BY079	Bad Reichenhall	Land	Stadt	64	NI031	Wilhelmshaven/Voslapp	Land	Stadt	99	TH024	Ilmenau	Stadt	Land
30	BY092	Weilheim i OB	Land	Stadt	65	NI041	Rinteln	Land	Stadt	100	TH040	Großer Eisenberg	Land	Berg
31	HE001	Darmstadt	Stadt	Verkehr	66	NI051	Wurmberg/Braunlage	Land	Berg	101	UB006	Hohenwestedt	Stadt	Land
32	HE003	Frankfurt-Bockenheim	Stadt	Verkehr	67	NW008	Dortmund-Eving	Stadt	Verkehr	102	UB007	Bassum	Stadt	Land
33	HE004	Frankfurt-Griesheim	Stadt	Verkehr	68	NW010	Unna-Königsbom	Stadt	Verkehr	103	UB009	Meinerzhagen	Stadt	Land
34	HE005	Frankfurt-Höchst	Stadt	Verkehr	69	NW013	Schwerte	Stadt	Verkehr	104	UB020	Schwerin	Stadt	Land
35	HE007	Frankfurt-Niederrad	Stadt	Verkehr	70	NW015	Marl-Sickingmühle	Stadt	Verkehr	105	UB026	Ueckermünde	Stadt	Land
										106	UB027	Teterow	Stadt	Land

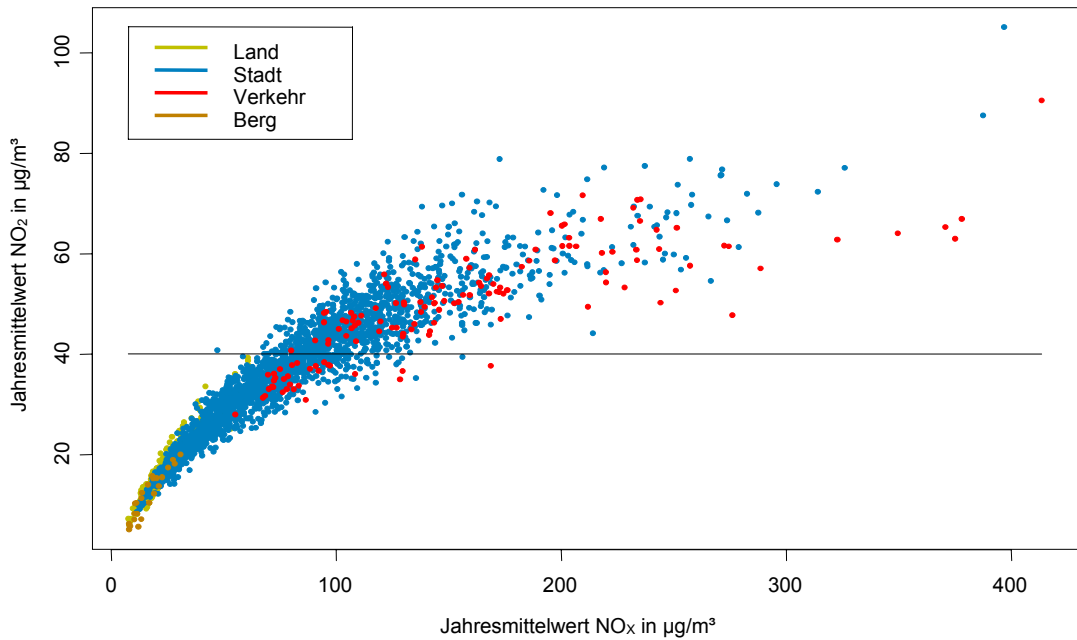
Mittlung der einzelnen Cluster
 Die so entstandenen Zeitreihen werden - wie die Beispielszeitreihen - standardisiert und saisonbereinigt.



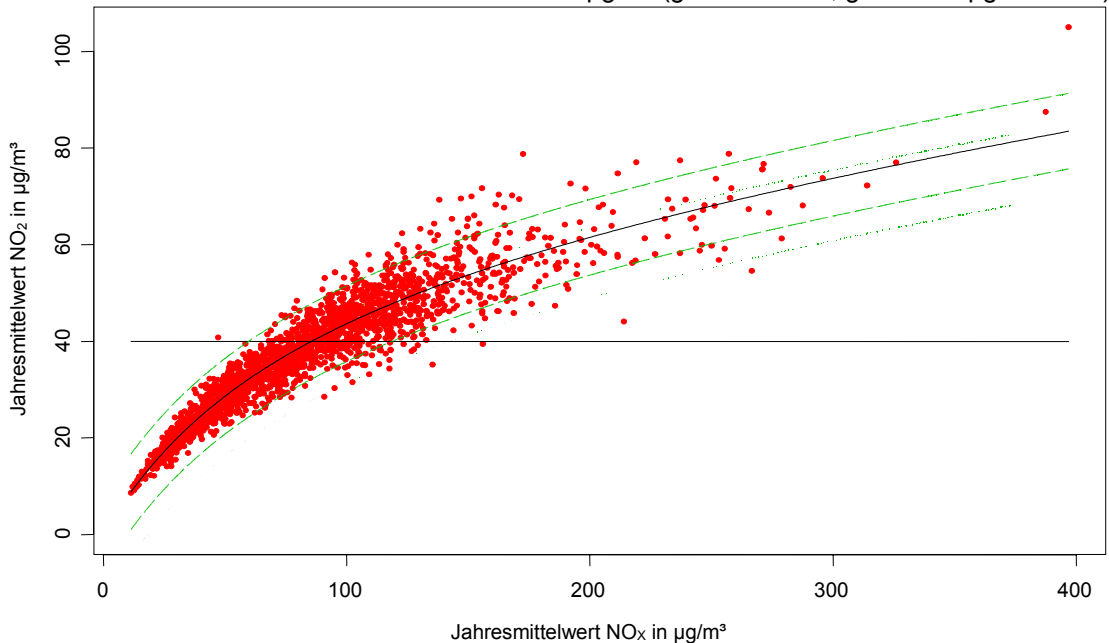
Spektralschätzung des autoregressiven Modells der Cluster der unterschiedlichen Stationstypen



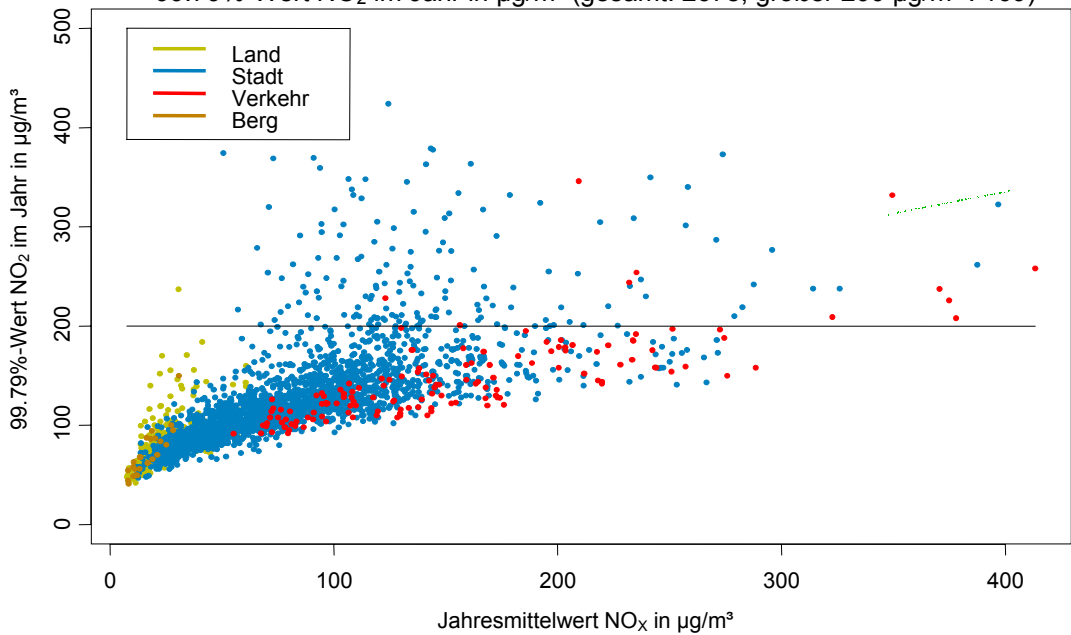
Jahresmittelwert NO₂ in µg/m³ (gesamt: 2678, größer 40 µg/m³: 1015)



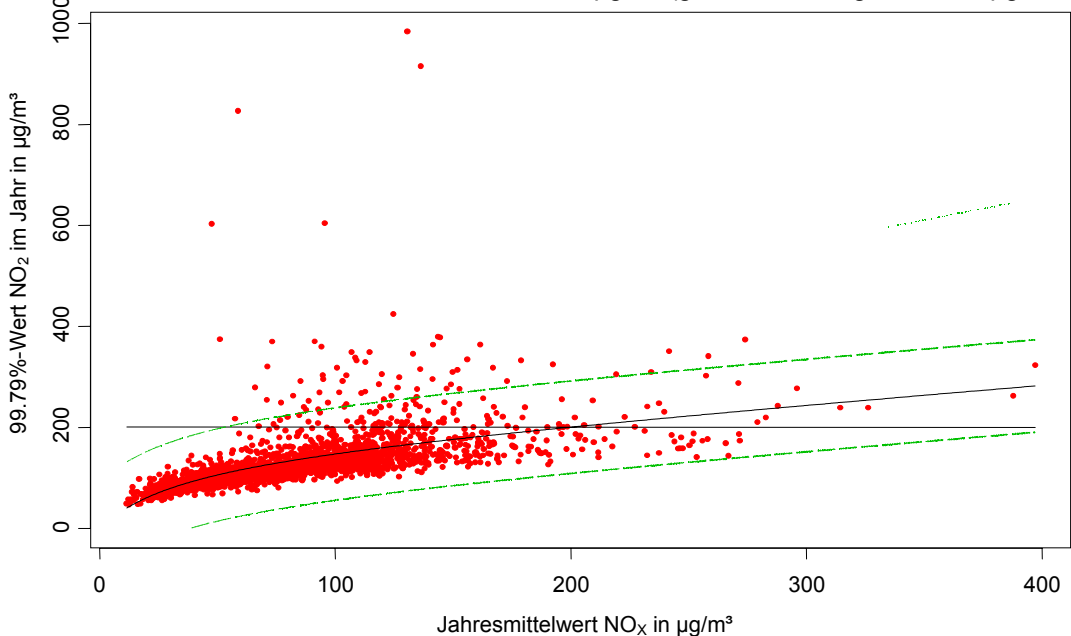
Stadtstationen: Jahresmittelwert NO₂ in µg/m³ (gesamt: 2198, größer 40 µg/m³ : 905)



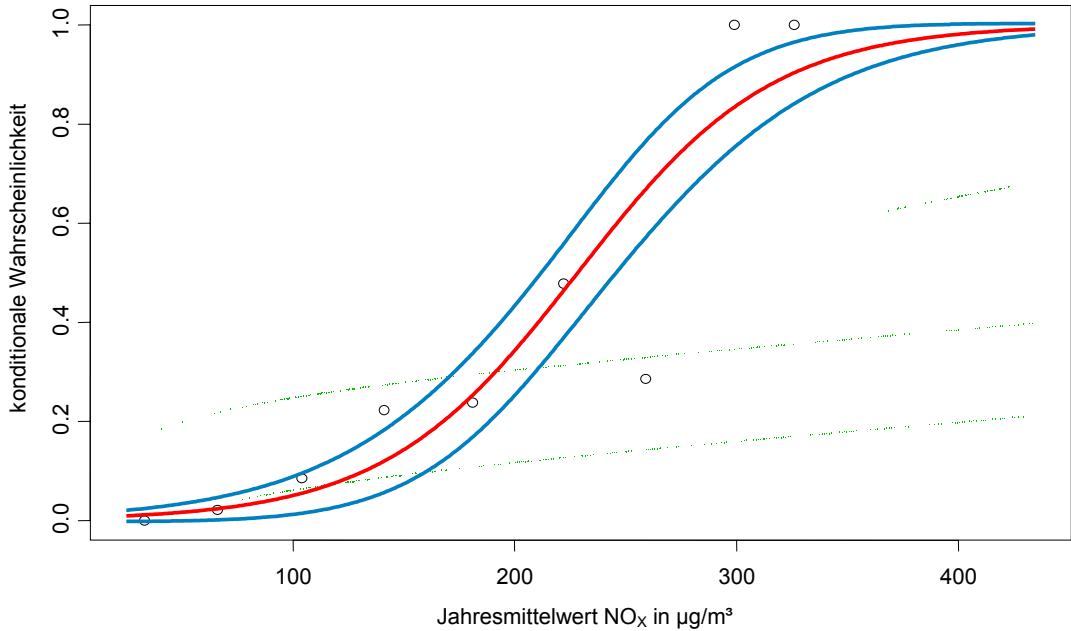
99.79%-Wert NO₂ im Jahr in µg/m³ (gesamt: 2678, größer 200 µg/m³ : 169)



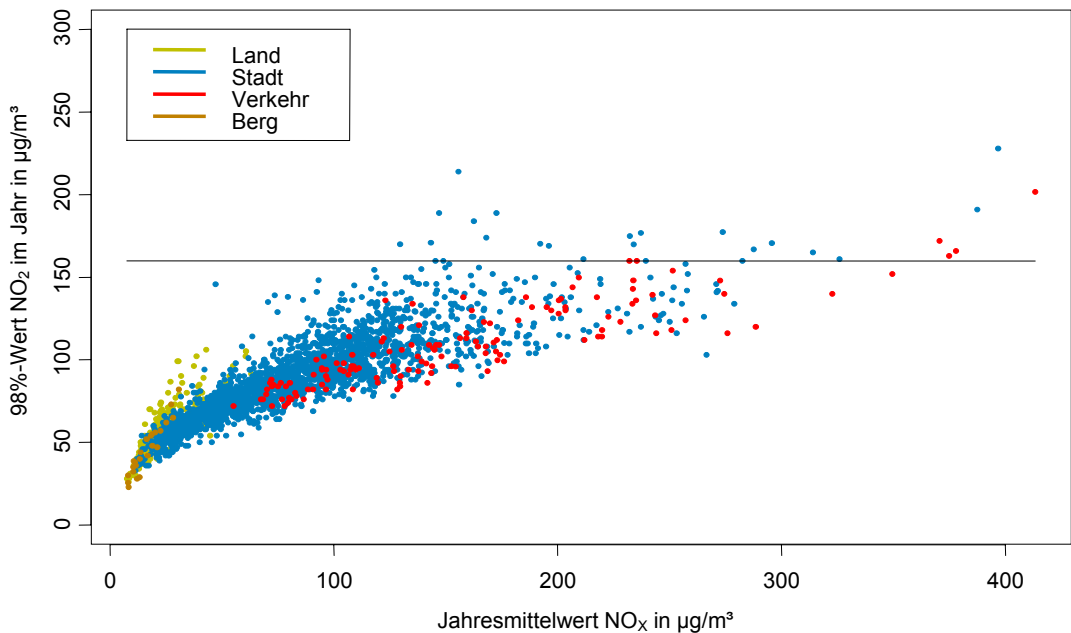
Stadtstationen: 99.79%-Wert NO₂ im Jahr in µg/m³ (gesamt: 2198, größer 200 µg/m³: 157)



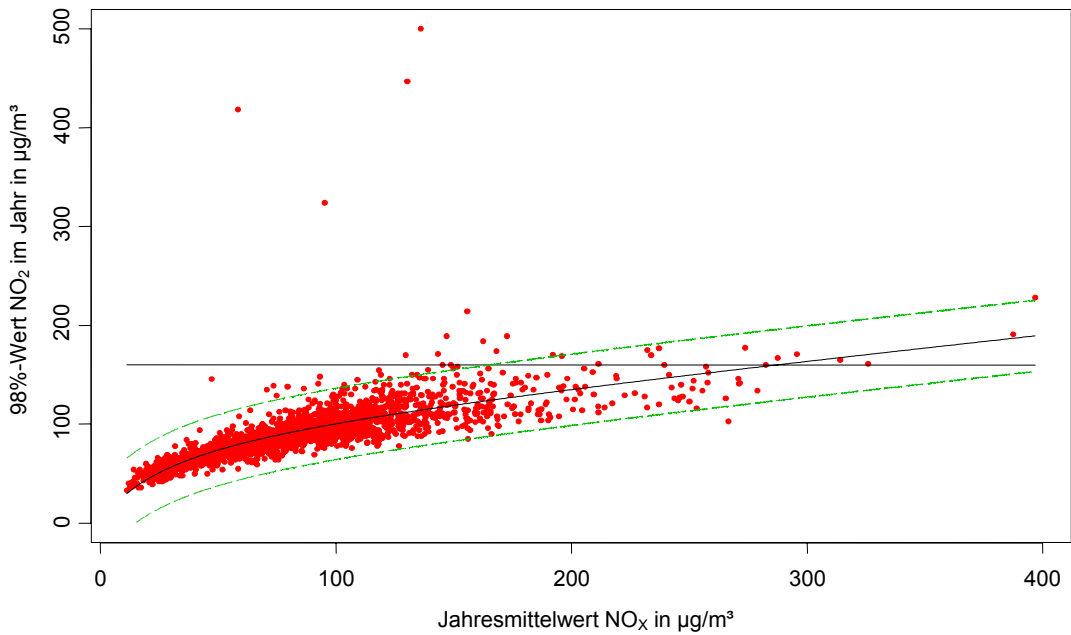
Stadtstationen: konditionale Wahrscheinlichkeit der Überschreitung des 99.79%-Wertes versus Jahresmittelwert NO_x in µg/m³



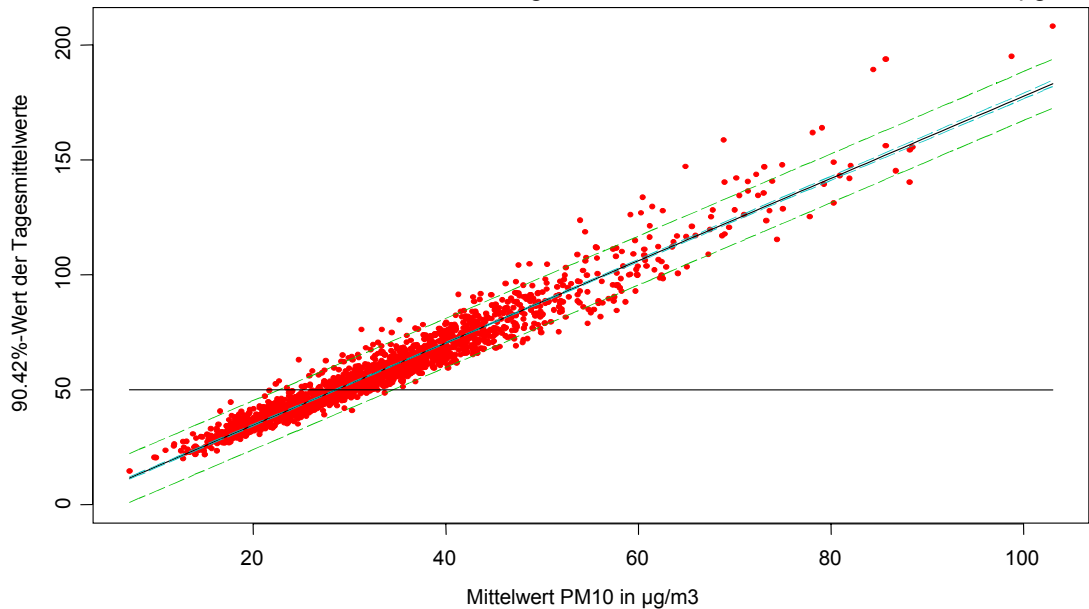
98%-Wert NO₂ im Jahr in µg/m³ (gesamt: 2678, größer 160 µg/m³: 28)



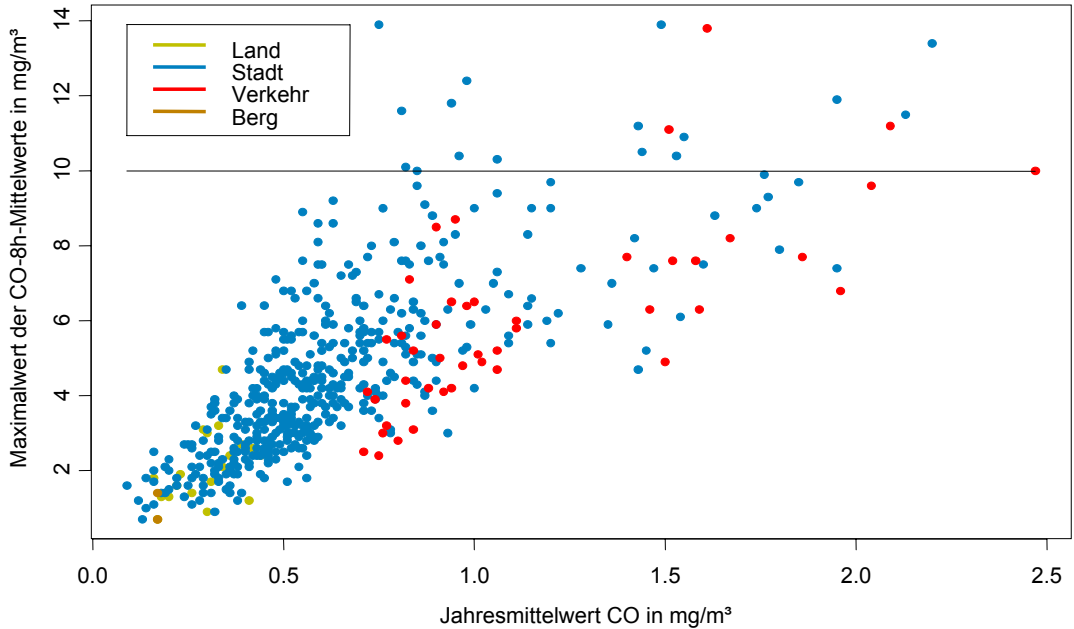
Stadtstationen: 98%-Wert NO₂ im Jahr in µg/m³ (gesamt: 2198, größer 160 µg/m³: 24)



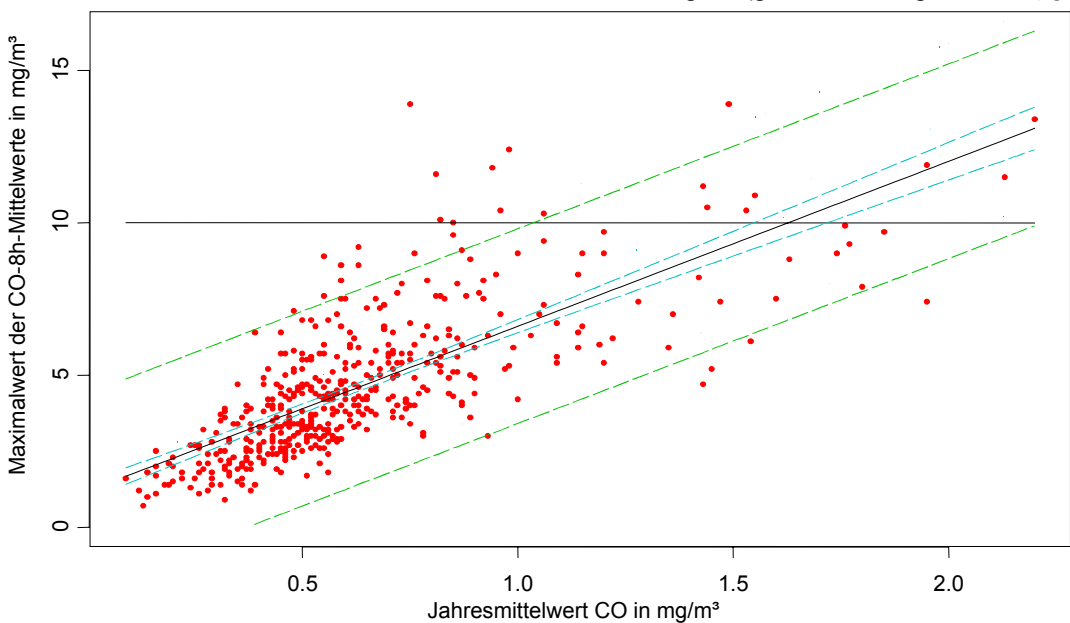
Stadtstationen: 90.42%-Wert der Tagesmittelwerte versus Mittelwert PM₁₀ in µg/m³



Maximalwert der CO-8h-Mittelwerte in mg/m³ (gesamt: 542, größer 10 µg/m³: 18)



Stadtstationen: Maximalwert der CO-8h-Mittelwerte in mg/m³ (gesamt: 474, größer 10 µg/m³: 1)



Das automatische Klassifikationsverfahren ermöglicht die Zuordnung aller verfügbaren Stationen

Die Abschätzung der hohen Perzentile ist unter Berücksichtigung der Klassifikation der Stationen mit hoher statistischer Genauigkeit möglich.

Die Genauigkeit kann angegeben werden, wie es von der EU-Luftqualitätsrahmenrichtlinie gefordert wird.