



## Abstandsversuche mit NO<sub>2</sub>- Passivsammlern

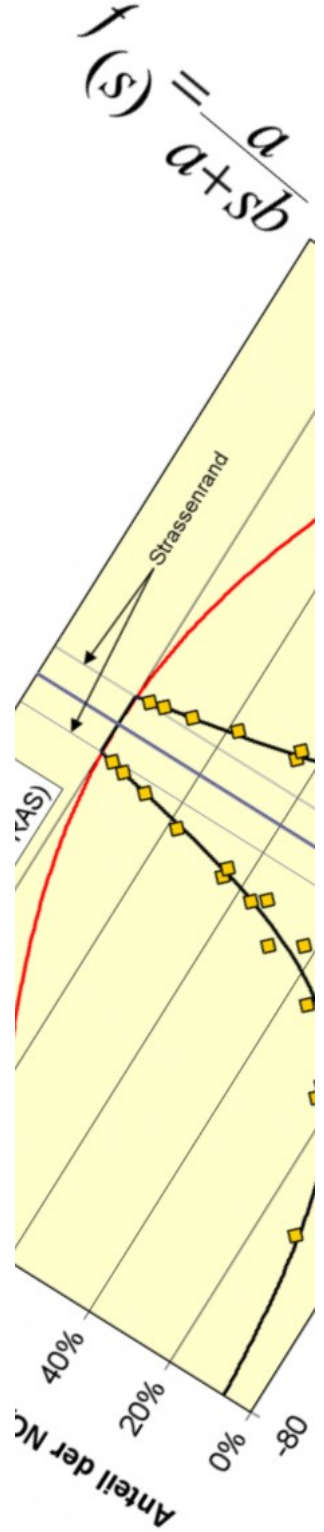
### BERECHNUNG DER DURCHSCHNITTLICHEN NO<sub>2</sub>-ABNAHME MIT ZUNEHMENDEM ABSTAND ZUR FAHRBAHN

Bericht Nr. 20060913

**Verfasser/in:**

Markus Scheller, wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Fachbereich Labor

Zürich, September 2006



## **Impressum**

### **Herausgeberin**

Stadt Zürich

Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich UGZ

Abteilung Umwelt  
Fachbereich Labor  
Walchestrasse 31  
8021 Zürich

### **Sachbearbeitung**

Markus Scheller

Susanne Schlatter

## INHALTSVERZEICHNIS

1	Zielsetzung .....	1
2	Messstandorte .....	2
3	Resultate.....	5
4	Anhang .....	11



# 1 Zielsetzung

Immissionsbelastungen können nicht an allen Orten gemessen werden. Die Alternative besteht in deren Berechnung. Dabei wird zu einer geschätzten Hintergrundbelastung eine Immissionsbelastung von nahe gelegenen Schadstoffquellen hinzugerechnet. Je weiter man sich von den Quellen entfernt, desto mehr nähert sich die Belastung dem lokalen Hintergrundwert. Die bis heute verwendete Abstandsfunktion zur Berechnung des Verhältnisses zwischen dem Abstand zur Quelle (Strasse) und der NO<sub>2</sub>-Immissionsbelastung stammt aus den Achtzigerjahren:

$$f(s) = \frac{9.1}{9.1 + s^{0.737}}$$

Einiges deutete darauf hin, dass sie nicht mehr den heutigen Verhältnissen in der Stadt Zürich entspricht.

Mit 26 Passivsammler-Messungen, verteilt auf sieben ausgesuchte Standorte in der Stadt Zürich, wurde 2005 die NO<sub>2</sub>-Abnahmefunktion neu ermittelt. Dabei wurden jeweils in den ersten 30 bis 50 Metern Abstand zum Fahrbahnrand drei bis vier Passivsammler positioniert.

Die neue Funktion wird bei punktuellen NO<sub>2</sub>-Belastungsabschätzungen aber auch bei Immissionsmodellierungen auf Stadtgebiet hilfreich sein.

## 2 Messstandorte

Aus über zwanzig möglichen Standorten wurden sieben geeignete Messorte ausgewählt. Alle zusammen sollten den „durchschnittlichen“ Verlauf der Abnahmefunktion von NO<sub>2</sub> zum Abstand einer Strasse in der Stadt Zürich repräsentieren.

Bei der Standortauswahl kamen die folgenden Kriterien zur Anwendung:

- **Beeinflussung:** Der Konzentrationsverlauf durfte nur von einer Quelle beeinflusst werden.
- **Abschirmung:** Die Messpunkte sollten möglichst nicht durch Objekte vom Strassenlink abgeschirmt sein.
- **Verkehrsaufkommen:** Die Abstandsreihe musste einen DTV von über 10'000 Fahrzeugen aufweisen.
- **Verteilung:** Es sollten Punkte in der Innenstadt als auch der Aussenquartiere vertreten sein.
- **Lokale Effekte:** Die Messwerte sollten frei von lokalen Effekten wie Hangwinden, etc. sein.



In den nächsten Abbildungen sind die sieben einzelnen Abstandsversuchsmessungen im Detail aufgeführt. Die Koordinaten sind jeweils auf 50 Meter gerundet.

### Bullingerhof

Koordinaten: 681'300 / 248'200

Lage: Bullingerstrasse 3  
vier Messpunkte in Richtung Hof und ein Hintergrundort.

Abstände: 0.5m, 6.5 m, 12 m, 38 m, 140m

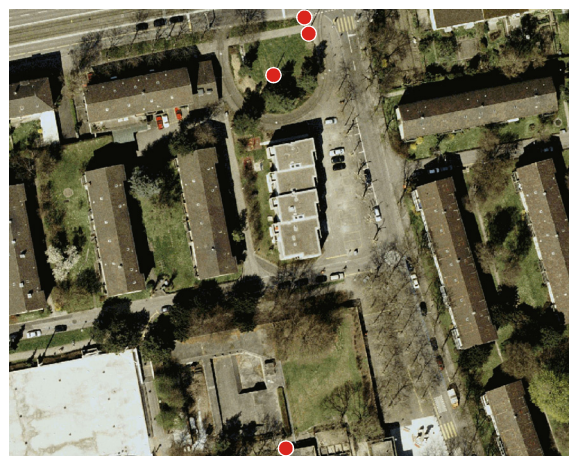


### Heuried

Koordinaten: 680'600 / 247'000

Lage: Birmensdorferstrasse 375  
bei der Tram-Wendeschlaupe

Abstände: 1m, 5m, 16.5m, 140m



### Rämistrasse

Koordinaten: 683'950 / 247'350  
Lage: Rämistrasse 62  
Zugang zur Kantonsschule

Abstände: 2m, 7.5m, 32m



### Riedtlistrasse

Koordinaten: 683350 / 249'250  
Lage: Riedtlistrasse 39  
beim Schulhaus Riedtli

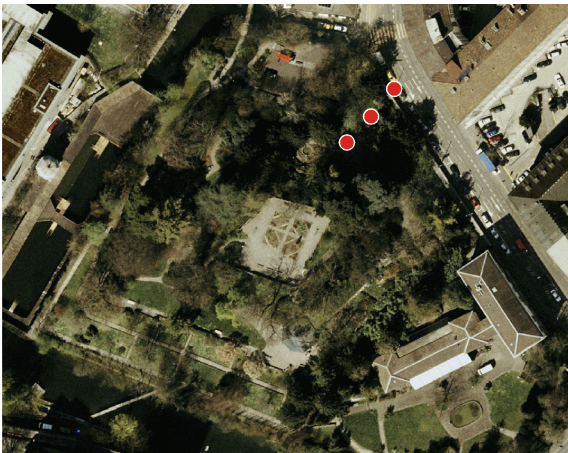
Abstände: 0.5m, 4m, 9m, 28m



### Talstrasse

Koordinaten: 682'750 / 247'350  
Lage: Talstrasse 74  
im alten botanischen Garten

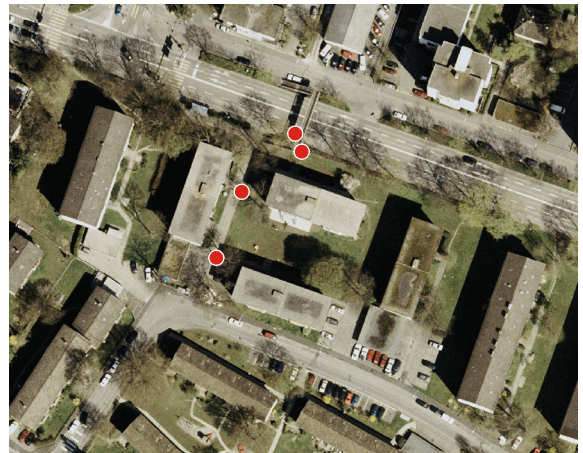
Abstände: 2m, 9m, 18m



### Ueberlandstrasse

Koordinaten: 686'150 / 251'450  
Lage: Ueberlandstrasse 155  
Durchgang Roswiesenstrasse

Abstände: 0.5m, 6m, 26m, 48m

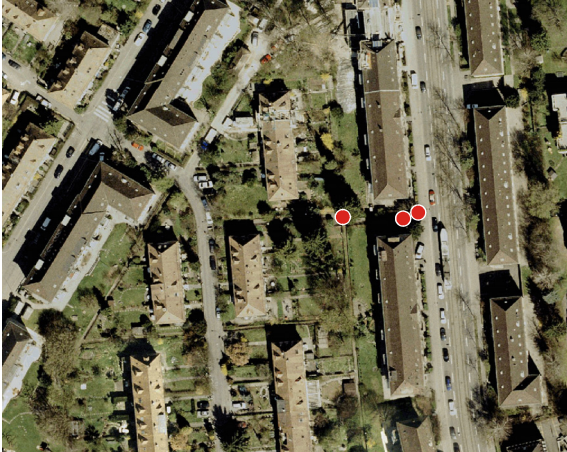


### Winterthurerstrasse

Koordinaten: 683'500 / 249'600

Lage: Winterthurerstrasse 107  
Durchgang Zanggerweg

Abstände: 3m, 8m, 28m





## 3 Resultate

### 3.1 Jahresmittelwerte

Die Mittelwerte der sieben Abstandsversuche reichen von knapp 63  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Bullingerhof 1) bis Werte unter 24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Heuried 4), dieser Wert wurde jedoch nicht direkt in den Abstandsversuch übernommen. Der Messort scheint durch besondere lokale Gegebenheiten beeinflusst worden zu sein und ergab deshalb einen sehr tiefen Wert. Der in der Auswertung verwendete Wert Heuried 4 entstand aus einer Mittelung des effektiven Messwertes und des Modellwertes aus der NO<sub>2</sub>-Belastungskarte. In Abbildung 1 und Abbildung 2 ist er bereits korrigiert dargestellt.

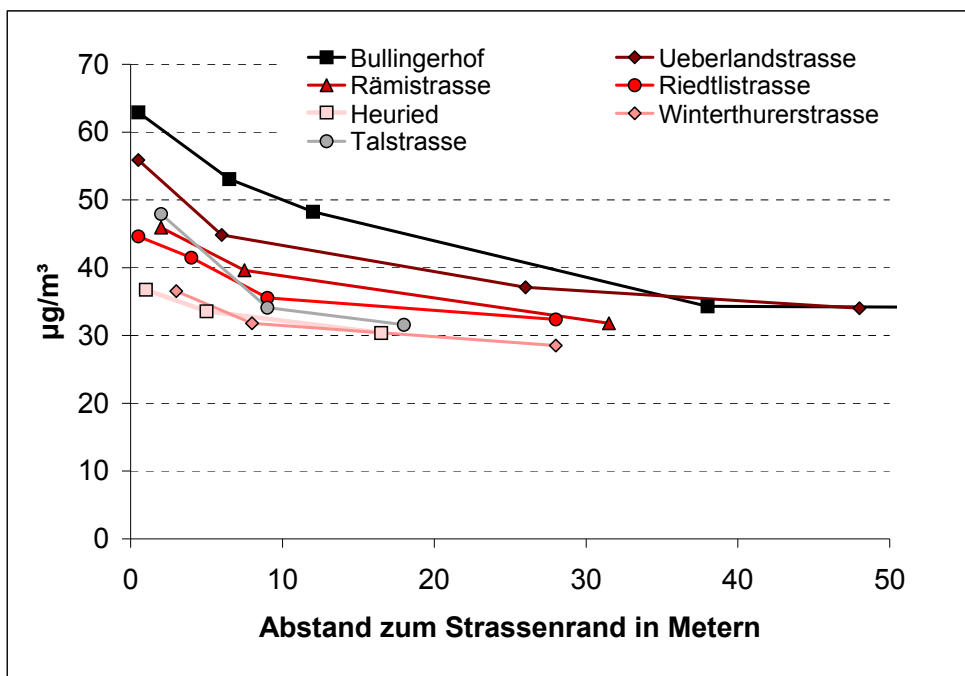


Abb. 1 Jahresmittelwerte der 26 Messungen für den PS-Abstandsversuch 2005

In der normalisierten Form sieht man, dass die beiden Standorte Talstrasse und Winterthurerstrasse, im Vergleich zu den anderen Messorten, einen deutlich steileren Belastungsrückgang aufweisen. Im Fall der Talstrasse kann dies durch die zwei erhöhten Abstands-Messpunkte erklärt werden. Ebenso dürfte der starke Pflanzenbewuchs zu diesem Ergebnis beigetragen haben. An der Winterthurerstrasse scheint die Abschirmung durch Grünbewuchs und durch Gebäude zum schnellen Belastungsrückgang geführt haben. Auf Grund dieser Gegebenheiten wurden diese beiden Standorte nicht in die Regression miteinbezogen.

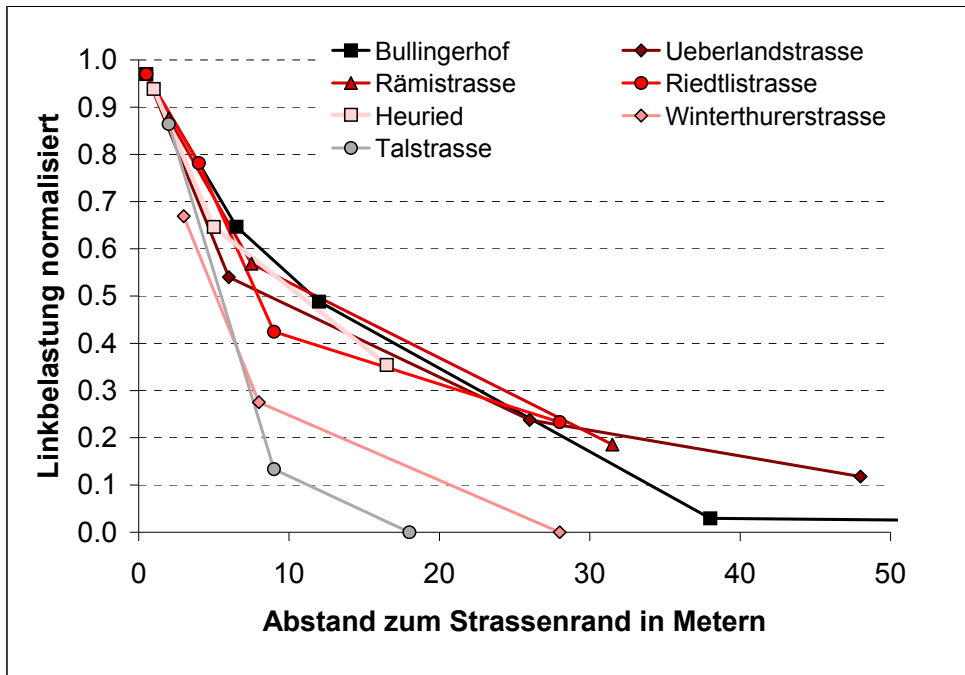


Abb. 2 Jahresmittelwerte in normalisierter Darstellung: Während der Wert „1.0“ der Linkbelastung in 0 Metern Abstand zum Fahrbahnrand entspricht, steht der Wert „0.0“ für den Hintergrundwert.

Die Messresultate in Tabellenform (Jahresmittelwerte in µg/m<sup>3</sup>):

	1	2	3	4	Referenz
Bullingerhof	62.9	53.1	48.2	34.3	33.4
Heuried	36.8	33.6	30.4		26.5*
Rämistrasse	45.9	39.6	31.8		
Riedtlistrasse	44.6	41.5	35.6	32.4	
Talstrasse	47.9	34.1	31.6		
Ueberlandstrasse	55.9	44.8	37.1	34.0	
Winterthurerstrasse	36.5	31.8	28.5		

\* Bereinigter Wert, unbereinigt beträgt er 23.7 µg/m<sup>3</sup>

### Normalisierte Werte

Der normalisierte Wert „1“ wird in einem Abstand zum Fahrbahnrand von 0 Metern gesetzt. Er soll die NO<sub>2</sub>-Belastung des Links mit 100 % beschreiben. In einem Abstand von 0.5 Metern wurde der Belastungsanteil 97 % angenommen. Dieser Abstand entspricht den strassennahsten Messpunkten. Der Hintergrundwert wird mit dem normalisierten Wert „0“ angegeben, da an diesem Punkt keine direkte Beeinflussung durch den Link mehr besteht.

## Normalisierte Jahresmittelwerte in Tabellenform

	1	2	3	4	Referenz
Bullingerhof	0.97	0.65	0.49	0.03	0
Heuried	0.94	0.65	0.35		0
Rämistrasse	0.88	0.57	0.19		
Riedtlistrasse	0.97	0.78	0.42	0.23	
Talstrasse	0.86	0.13	0		
Ueberlandstrasse	0.97	0.54	0.24	0.12	
Winterthurerstrasse	0.67	0.28	0		
	Belastung direkt am Fahrbahnrand: 1			Hintergrundwert: 0	

### 3.2 Regressionen, Funktionen

Mit Hilfe der Messergebnisse des Abstandversuches wurde die NO<sub>2</sub>-Abstandsfunktion bestimmt. Es kamen zwei Ansätze zur Anwendung.

Der erste Ansatz bestand darin, die Form der bis jetzt benutzten „INFRAS-Formel“ beizubehalten und lediglich durch die Veränderung der Parameter eine passende Funktion zu erhalten.

Im zweiten Ansatz wurde eine einfache Exponentialfunktion eingepasst. Diese hatte gegenüber der Infrass-Formel mit den neuen Parametern den Vorteil, dass sie im ersten Meter Abstand zum Fahrbahnrand keine Abflachung aufweist. Zudem fällt die Link-Belastung ab 70 Metern Entfernung gegen Null ab, was auch in der Realität in Zürich zu beobachten ist. Bei der Exponential-Funktion erhält man in 50 Metern Abstand eine Belastung von etwa 3 Prozent, während die Infrass-Formel mit neuen Parametern in derselben Distanz noch gut 10 Prozent des Anfangswertes ausweist (alte Infrass-Formel ca. 33 Prozent!).

#### Parameter der Abstandsformeln

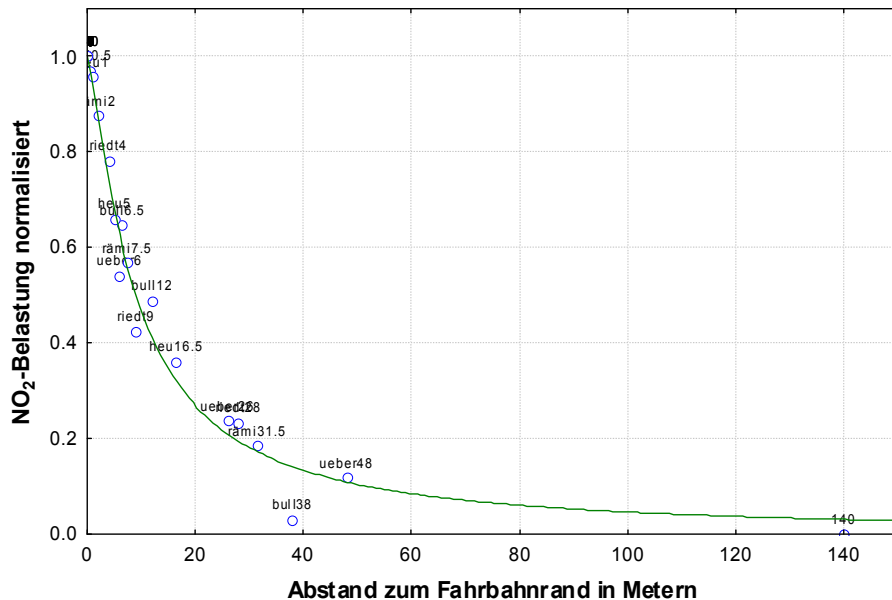
Die bisherige Berechnungsgrundlage bestand aus einem Bruch mit dem Exponent im Nenner:

$$f(s) = \frac{a}{a + s^b} \quad \text{a: 9.1} \quad \text{b: 0.737}$$

Die Regression mit den neuen Messergebnissen ergab die unten aufgeführten Parameter:

$$f(s) = \frac{a}{a + s^b} \quad \text{a: 16.1} \quad \text{b: 1.26}$$

Modell:  $y = a / (a + x^b)$   
 $y = (16.1) / ((16.1) + (x^{1.26}))$

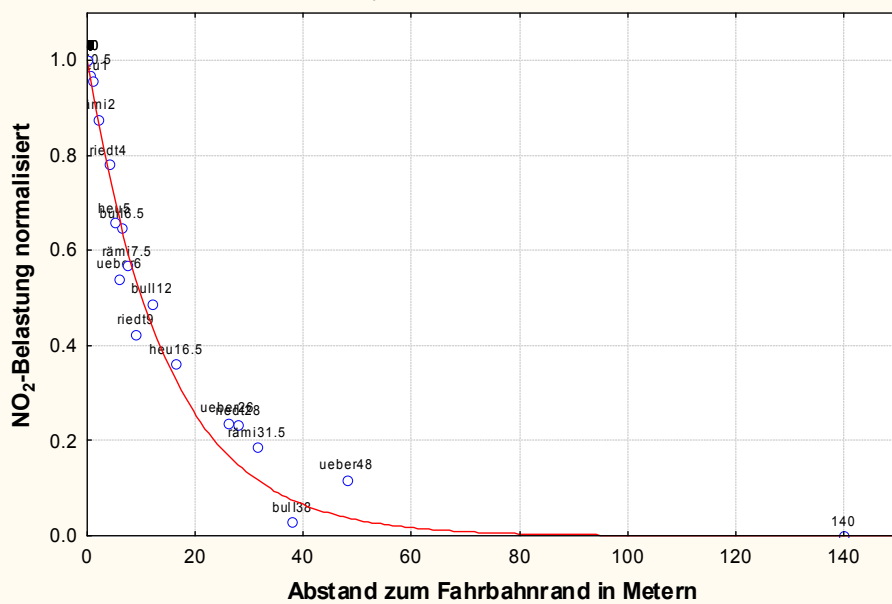


Der zweite Ansatz mit einer einfachen Exponentialfunktion führte zu den folgenden Parametern:

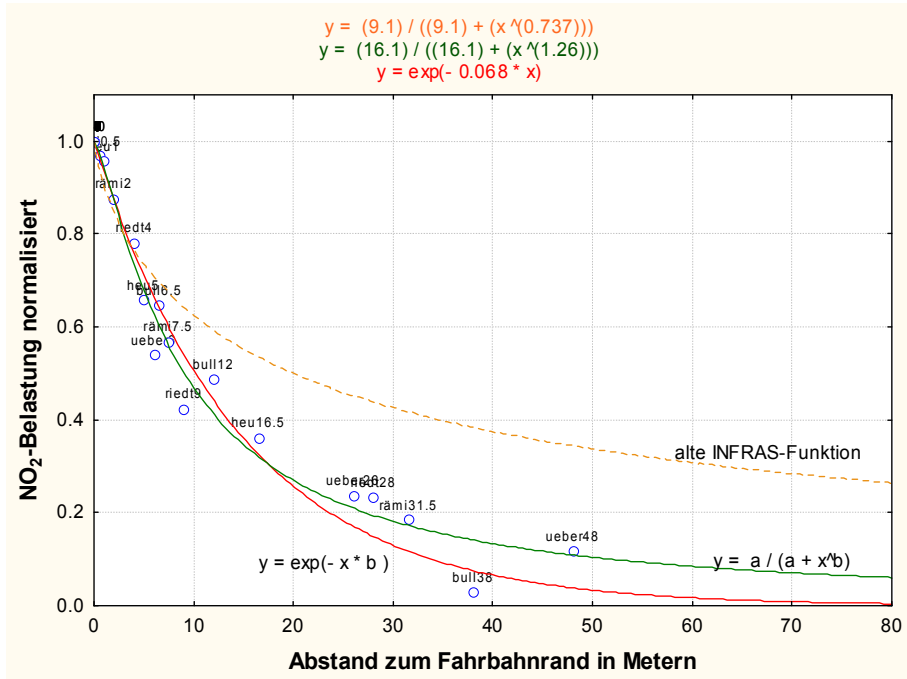
$$f(s) = e^{-b \cdot x}$$

b: 0.068

Modell:  $y = \exp(-b \cdot x)$   
 $y = \exp(-0.068 \cdot x)$



Die folgende Grafik zeigt die beiden neuen Funktionen mit der bis jetzt benutzten Formel.



### 3.3 Tabelle mit Werten

Die Tabelle zeigt, dass die drei Funktionen im Bereich von 3 bis 4.5 Metern Abstand zum Fahrbahnrand nur um 2 Prozent differieren. Bei der oft verwendeten Distanz von 5 Metern sind es 4 Prozent Unterschied.

<b>Belastungsverlauf in Funktion zum Fahrbahnrand</b>			
<b>Abstand zum Fahrbahnrand in Metern</b>	<b>alte Funktion</b>	<b>alte Funktion mit neuen Parametern</b>	<b>Exponential-Funktion</b>
0	1.00	1.00	1.00
0.5	0.94	0.98	0.97
1	0.90	0.95	0.93
1.5	0.87	0.92	0.90
2	0.85	0.89	0.87
2.5	0.82	0.85	0.84
3	0.80	0.82	0.82
3.5	0.78	0.79	0.79
4	0.77	0.76	0.76
4.5	0.75	0.73	0.74
5	0.74	0.70	0.71
6	0.71	0.65	0.66
7	0.68	0.60	0.62
8	0.66	0.56	0.58
9	0.64	0.52	0.54
10	0.63	0.49	0.51
11	0.61	0.46	0.47
12	0.59	0.43	0.44
13	0.58	0.41	0.41
14	0.57	0.38	0.39
15	0.55	0.36	0.36
20	0.50	0.28	0.26
30	0.43	0.19	0.13
40	0.38	0.14	0.07
50	0.34	0.11	0.03
100	0.23	0.05	0.00

## 4 Anhang

Die 14-Tages-Mittelwerte des Abstandversuches in Tabellenform:

Start	Bullingerhof					Heuried				Ueberlandstr.			
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4
04.01.05	63.0	56.2	52.9	47.3	46.1	46.4	44.1	43.7	36.4	54.7	52.3	45.1	43.2
18.01.05	51.5	46.0	42.4	31.7	30.8	35.5	33.1	30.0	24.2	48.9	40.7	35.7	32.9
01.02.05	53.4	43.7	39.0	38.4	39.2	43.8	41.1	37.2	28.7	56.1	48.2	44.2	41.2
15.02.05	59.4	46.8	44.4	32.6	28.7	37.4	33.9	31.2	25.1	56.4	47.6	38.8	38.0
01.03.05	65.3	54.9	51.6	37.5	36.4	40.3	35.8	32.1	27.0	62.5	52.5	42.3	40.1
15.03.05	62.7	55.0	48.4	37.1	35.2	37.1	35.8	32.3	27.2	55.9	43.9	38.2	35.3
29.03.05	57.7	52.6	48.7	35.4	29.1	34.9	30.8	26.7	15.5	55.1	45.1	37.2	34.5
12.04.05	66.7	56.9	51.7	32.9		34.7	30.6	26.7	21.2	56.5	43.4	33.8	30.7
26.04.05	60.1	54.6	52.7	30.9		33.4	28.2	25.0	18.5	55.3	39.9	29.7	29.7
10.05.05	71.9	57.2	51.9	31.7		34.4	30.1	26.1	19.3	59.2	48.1	35.4	31.0
24.05.05	72.7	60.1	53.6	28.4		33.9	29.7	26.8	17.6	63.4	47.3	37.9	31.8
07.06.05	64.1	53.8	45.1	29.8	26.2	30.2	29.4	24.4	17.4	58.9	45.7	35.0	29.5
21.06.05	78.8	61.4	49.8	29.2		33.5	29.5	22.7	18.0	63.1	50.0	38.2	33.0
05.07.05	72.4	56.7	55.0	32.2	27.0	32.0	31.8	23.3	17.9	57.8	43.2	33.3	28.0
19.07.05	61.6	51.1	44.7	25.9		28.2	25.0	21.5	15.0	52.8	39.3	30.5	25.7
02.08.05	63.5	53.2	45.6	26.7	23.5	31.3	27.3	23.7	12.2	51.1	38.3	31.3	25.2
16.08.05	75.6	60.0	52.4	30.0	27.1	36.6	31.0	26.4	17.8	58.5	47.2	36.0	33.0
30.08.05	73.8	60.7	52.0	33.8	29.7	36.1	33.0	30.4	21.8	65.2	45.8	38.7	34.1
13.09.05	65.7	51.4	50.0	36.0	36.1	34.6	32.7	31.3	23.5	56.0	44.6	36.9	32.8
27.09.05	59.6	53.5	49.0	35.3	33.8	38.3	35.5	33.6	25.8	54.5	41.1	37.1	33.8
11.10.05	54.3	48.2	42.6	37.8	36.1	41.1	38.6	36.0	31.5	47.8	42.1	36.5	35.6
25.10.05	61.6	52.3	51.0	43.7	43.3	42.4	38.3	37.2	33.4	57.0	45.9	39.5	37.2
08.11.05	60.5	50.0	44.3	39.9	38.8	45.4	41.1	40.0	35.7	55.6	48.3	40.5	40.1
22.11.05	54.0	49.9	45.6	36.7	34.6	40.7	38.2	34.6	29.8	53.1	44.7	38.3	36.8
06.12.05	54.2	49.4	41.7	34.9	33.2	35.9	33.0	32.3	24.6	49.7	41.0	37.4	34.3
20.12.05	51.3	44.5		36.0		37.8	35.4	34.3	30.8	47.3	40.0	36.9	36.8
<b>MW</b>	<b>62.9</b>	<b>53.1</b>	<b>48.2</b>	<b>34.3</b>	<b>33.4</b>	<b>36.8</b>	<b>33.6</b>	<b>30.4</b>	<b>23.7</b>	<b>55.9</b>	<b>44.8</b>	<b>37.1</b>	<b>34.0</b>

Start	Rämistr.			Talstr.			Riedtlistr.				Winterthurerstr.		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3
04.01.05	51.0	48.3	45.0	51.0	47.7	43.3	52.6	51.6	46.5	45.6	47.9	45.3	43.0
18.01.05	37.4	33.7	27.0	41.3	30.6	29.2	41.0	37.8	33.7	31.2	34.4	31.8	28.9
01.02.05	47.5	47.2	39.4	48.8	42.1	39.8	47.9	46.0	43.9	40.3	43.6	39.1	36.5
15.02.05	40.2	35.6	28.5	46.9	33.9	31.2	38.9	37.3	31.5	27.2	34.2	29.3	27.6
01.03.05	51.1	45.9	38.6	50.8	36.9	35.4	47.3	47.3	43.5	38.2	39.5	36.2	33.9
15.03.05	50.1	42.4	36.1	50.0	37.2	34.1	48.9	42.9	38.6	35.0	36.5	33.3	28.6
29.03.05	43.7	37.2	29.2	48.3	32.0	29.2	45.9	41.9	34.5	30.7	34.2	29.4	25.9
12.04.05	45.5	39.8	30.6	46.3	30.5	28.3	44.6	39.6	35.4	31.7	34.5	30.1	26.9
26.04.05	48.5	39.2	29.8	47.4	31.3	29.1		40.8	36.2	29.0	32.9	25.3	22.9
10.05.05	46.2	38.2	28.2	49.5	31.1	28.1	40.6	41.3	31.2		34.8	27.4	22.8
24.05.05	51.4	38.8	27.4	50.5	33.1	26.9	42.7	40.5	30.4		35.1	26.9	22.3
07.06.05	43.7	34.6	23.0	48.5	28.5	24.4	41.8	36.1	27.7	23.3	34.3	27.3	21.4
21.06.05	46.4	38.1	25.2	50.7			43.6	42.3	33.7	26.6	32.2	28.0	
05.07.05	43.3	35.5	25.6	47.1	28.9	24.3	46.2	40.0	32.0	26.4		25.4	20.8
19.07.05	39.4	33.3	23.6	40.1	25.3	22.3	38.2	33.0	27.1	22.6	28.1	22.7	18.4
02.08.05	43.0	35.1	22.2	43.9	25.0	23.1			28.0	23.7	28.2	22.9	18.6
16.08.05	47.7	39.3	27.5	45.8	29.9	27.4	44.2	43.6	32.8	26.7	33.4	28.3	22.4
30.08.05	49.8	42.0	29.4	53.6	33.7	29.8	44.2	40.7	33.1	27.2	34.4	30.6	25.3
13.09.05	50.3	40.3	32.9	53.6	35.7	34.2	45.3	41.8	36.7	31.1	36.5	31.9	27.5
27.09.05	46.8	40.4	35.0	48.4	36.0	35.5	49.0	42.2	37.7	37.0	38.9	34.2	30.5
11.10.05	46.0	41.5	36.4	47.7	38.3	35.0	39.7	37.4	35.0	34.8	38.3	34.0	32.4
25.10.05	52.2	46.9	43.9	52.1	43.0	41.2	53.0	48.9	46.3	44.9	48.2	43.4	40.3
08.11.05	48.4	43.6	38.7	50.6	38.7	39.6	46.4	41.7	38.9	38.9	40.6	39.4	37.2
22.11.05	41.7	40.2	36.2	46.2	35.1	35.0	44.8	41.3	35.9	37.3	39.3	36.5	33.2
06.12.05	42.2	36.9	34.6	42.4	33.6	30.4			36.6	32.0	35.8	33.1	32.3
20.12.05	40.5	36.7	32.5	43.9	34.7	33.1	39.6	39.9	37.5	35.5	37.5	35.2	33.4
<b>MW</b>	<b>45.9</b>	<b>39.6</b>	<b>31.8</b>	<b>47.9</b>	<b>34.1</b>	<b>31.6</b>	<b>44.6</b>	<b>41.5</b>	<b>35.6</b>	<b>32.4</b>	<b>36.5</b>	<b>31.8</b>	<b>28.5</b>