



Materials Science & Technology

# Entwicklung der Luftqualität in der Schweiz

Dr. Robert Gehrig  
Empa, Luftfremdstoffe/Umwelttechnik  
Dübendorf

SSM-Tagung 2010  
Campus Sursee: 22. September 2010

# Inhalt

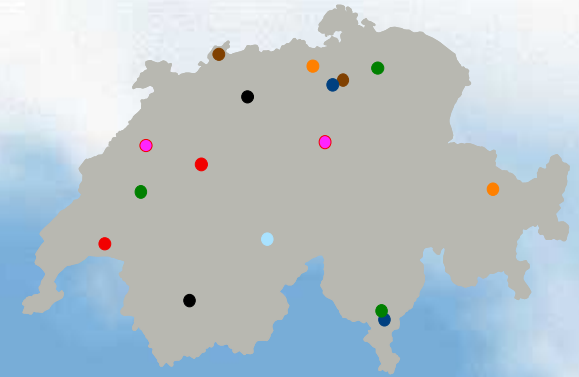
- **NABEL, das nationale Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe**
- **Wichtige Schadstoffe und ihre Quellen**
- **Entwicklung der Belastungen in den letzten 20 Jahren**
- **Belastung durch Stickstoffverbindungen**
- **Fazit**

# NABEL: Repräsentative Standorte



- Stadtzentrum stark verkehrsbelastet
- Stadtzentrum wenig verkehrsbelastet
- Ländlich, an Autobahn
- Stadtrand
- Ländlich < 1000 m ü. M.
- Ländlich > 1000 m ü. M.
- Wald
- Hochgebirge

# Aufgaben des NABEL



- Erfassen der lufthygienischen Situation  
(*Vergleich mit Grenzwerten der LRV, Schadstoffeintrag*)
- Verifizieren der Wirkung von Massnahmen  
(*Trendanalyse*)
- Daten für nationale Berichterstattung, internationale Protokolle und Forschung
- „state of the art“ Spurenanalytik, Harmonisierung der Methoden
- Früherkennung von neuen Messgrössen  
(*z.B. Ammoniak, PM1, EC*)

Messgrösse	EMEP			EMEP GAW			EMEP			EMEP GAW			EMEP			
	BAS	BER	CHA	DAV	DUE	HAE	JUN	LAE	LAU	LUG	MAG	PAY	RIG	SIO	TAE	ZUE
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	X		X		X	X	X			X	X	X	X			X
Stickoxide (NO <sub>x</sub> )	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Stickstoffmonoxid (NO)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
NO <sub>2</sub> photolytisch							X					X	X			
NO <sub>y</sub>							X									
Lachgas (N <sub>2</sub> O)							S									
Ozon (O <sub>3</sub> )	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Kohlenmonoxid (CO)		X			X	X	X,S		X	X		X	X			X
Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> )						X	X									
Gesamtkohlenwasserstoff					X					X						X
Methan (CH <sub>4</sub> )					X		X,S			X						X
Nichtmethankohlenwasserstoffe					X					X						X
BTX (Benzol, Toluol, Xylol)					S											
VOC Komponenten <sup>1)</sup>							4S						2S			S
Halogenierte Verbindungen <sup>1)</sup>							4S									
Ammoniak (NH <sub>3</sub> )						X					X	X			X	
Feinstaub PM10, HiVol	T	T	T		T	T	T		T	T	T	T	T	T	T	T
Feinstaub PM10, kont.	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Feinstaub PM2.5, HiVol	T	T										T	T			T
Feinstaub PM1, HiVol	T	T				T				T		T	T			
Feinstaub PM1, kont.						X										
Partikelanzahl	X	X				X				X			X			
Partikel-Grössenverteilung						X										X
EC/OC												3S	3S			
BC PM1	X	X			X	X				X						
BC PM2.5											X	X				X
Pb, Cd, As, Ni, Cu im PM10	J	J	J		J	J	J		J	J	J	J	J	J	J	J
Schwefel, partikelgebunden							T			T		T	T			
Staubniederschlag (SN)	M	M				M			M		M	M	M			M
Pb, Cd, Zn, Ti, As, Cu, Ni im SN	J	J				J			J		J	J	J			J
Regenmenge (Analytik)			W		W						W	T	T			
pH-Wert, Leitfähigkeit (Regen)			W		W						W	T	T			
Na <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> (Regen)			W		W						W	T	T			
Cl <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (Regen)			W		W						W	T	T			
Σ Ammonium + Ammoniak												T	T			
Σ Nitrat + Salpetersäure												T	T			
NH <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , HNO <sub>3</sub> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>											2W	2W	2W			
Druck	XA	X	X	X	X	X	XA	X	X	XA	XA	XA	X	XA	XA	X
Temperatur	XA	X	X	X	X	X	XA	X	X	XA	XA	XA	X	XA	XA	X
Feuchtigkeit	XA	X	X	X	X	X	XA	X	X	XA	XA	XA	X	XA	XA	X
Windrichtung	XA	X	X	X	X	X	XA	X	X	XA	XA	XA	X	XA	XA	X
Windgeschwindigkeit	XA	X	X	X	X	X	XA	X	X	XA	XA	XA	X	XA	XA	X
Windspitze	XA	X	X	X	X	X	XA	X	X	XA	XA	XA	X	XA	XA	X
Globalstrahlung	XA	X	X	X	X	X	XA	X	X	XA	XA	XA	X	XA	XA	X
Strahlungsbilanz	X	X	X	X	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X
Niederschlagsmenge (autom.)	XA	X	X	X	X	X		X	X	XA	XA	XA	X	XA	XA	X
Verkehrszähler		S				S			S					S		

# NABEL-Messprogramm

Luftschadstoffe mit Grenzwert in LRV

PM (PM10, PM2.5, PM1), EC/OC, Anzahl und Grössenverteilung

Stickstoffverbindungen (NH<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N<sub>2</sub>O)

Begleitgrössen: Meteo, Verkehrszählung



# Wichtige Schadstoffe und ihre Hauptquellen (1)

## Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)

Verbrennung schwefelhaltiger Brennstoffe (Industrie- und Hausfeuerungen)

## Kohlenmonoxid (CO)

Unvollständige Verbrennung (Strassenverkehr)

## Stickoxide (NO, NO<sub>2</sub>)

Verbrennungsprozesse (Strassenverkehr)

## Flüchtige organische Verbindungen (VOC)

Verdampfung, unvollständige Verbrennung, biologische Prozesse (Industrie und Gewerbe, Strassenverkehr)

## Ammoniak (NH<sub>3</sub>)

Biologische Prozesse (Nutztierhaltung in der Landwirtschaft)

# Wichtige Schadstoffe und ihre Hauptquellen (2)

## Feinstaub PM10

Unvollständige Verbrennung, mechanischer Abrieb, Erosion  
Sekundäre Partikelbildung aus Gasen  
(Verkehr, Industrie, Haushalte)

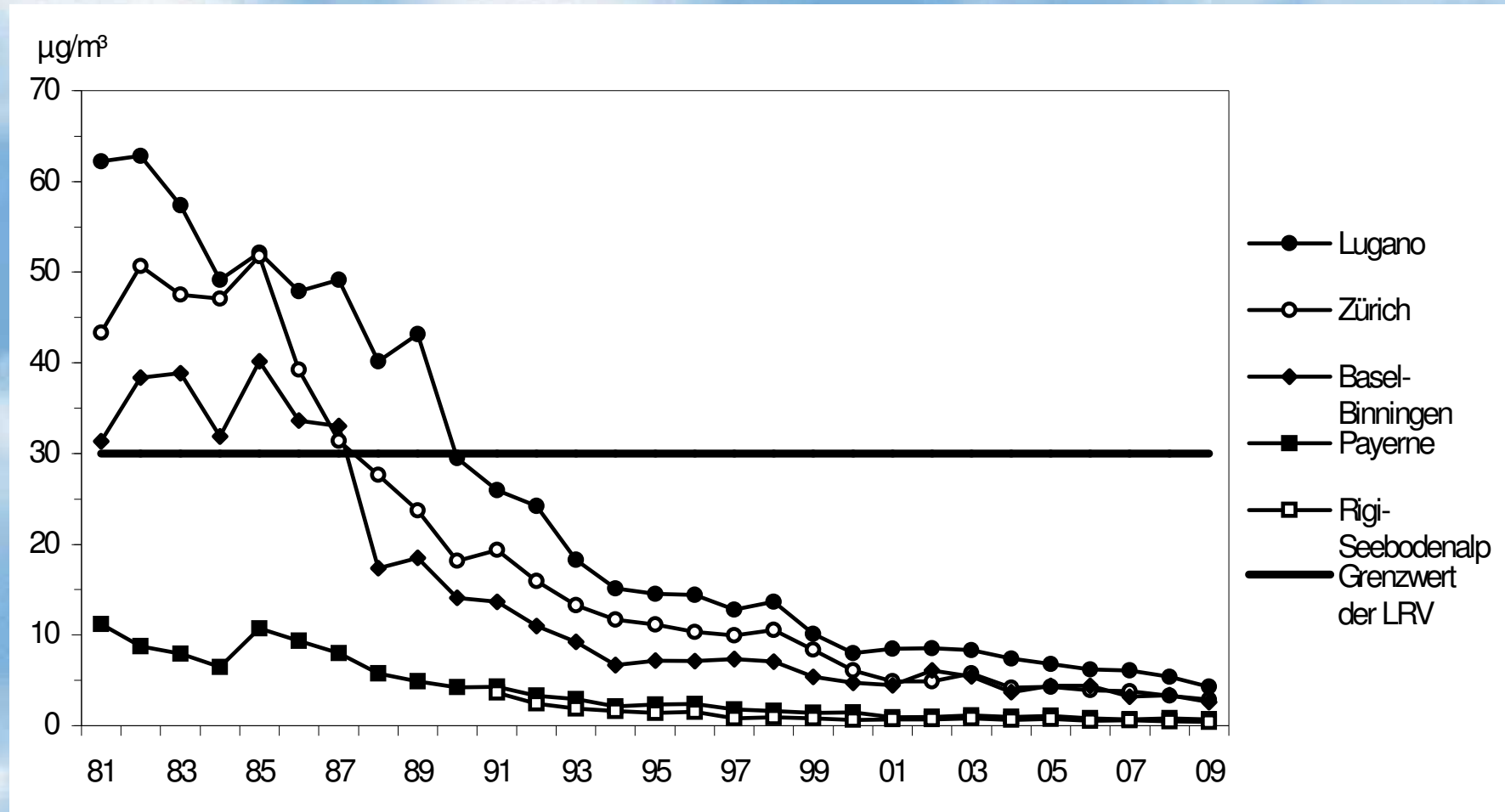
## Russ, polyaromatische Kohlenwasserstoffe

Unvollständige Verbrennung (Stationäre und mobile Dieselmotoren,  
Holzfeuerungen)

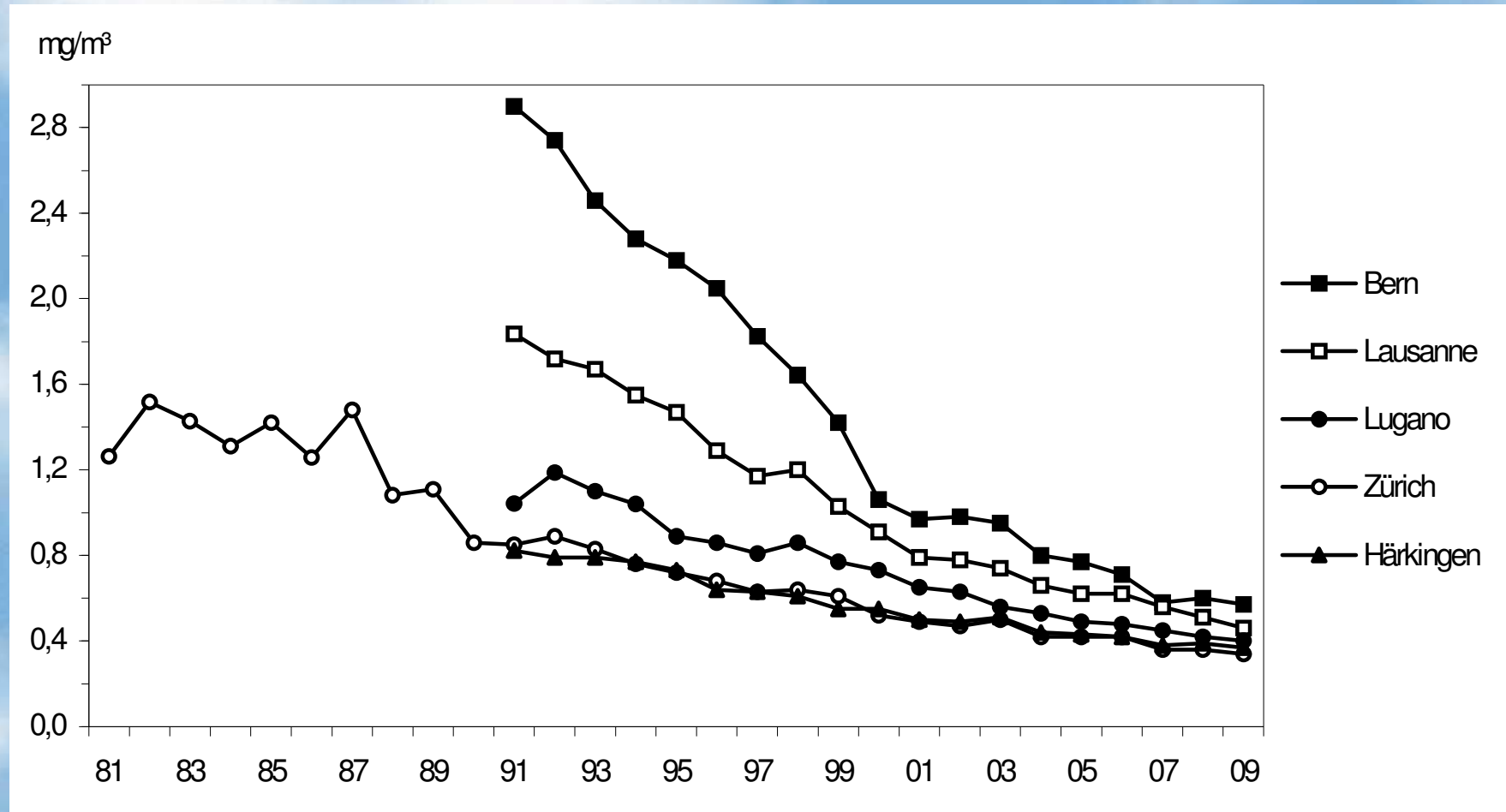
## Ozon (O<sub>3</sub>)

Photochemische Bildung aus Stickoxiden und VOC  
(Verkehr, Industrie, Haushalte, Natur)

# Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)

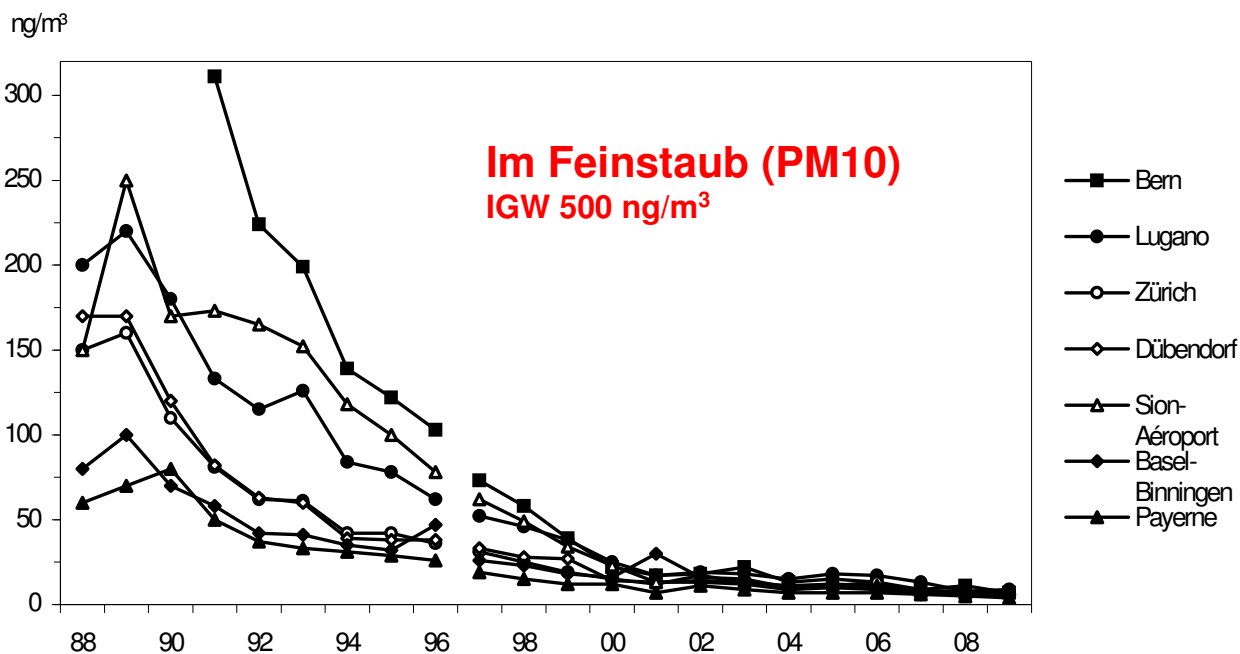
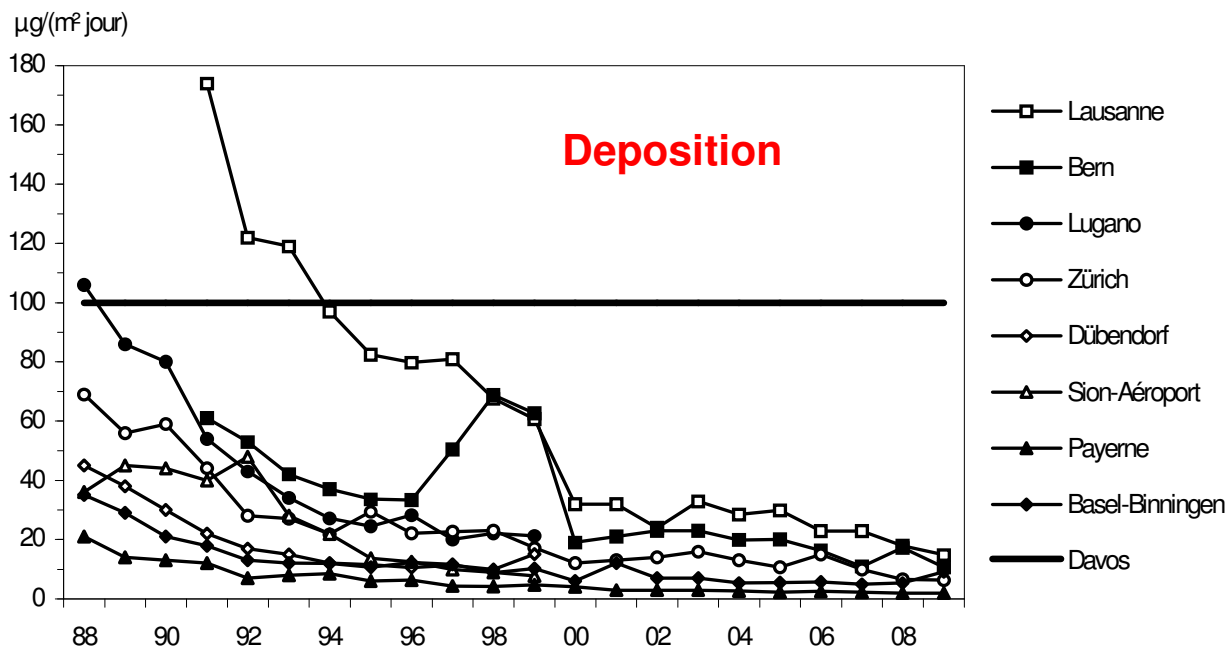


# Kohlenmonoxid (CO)

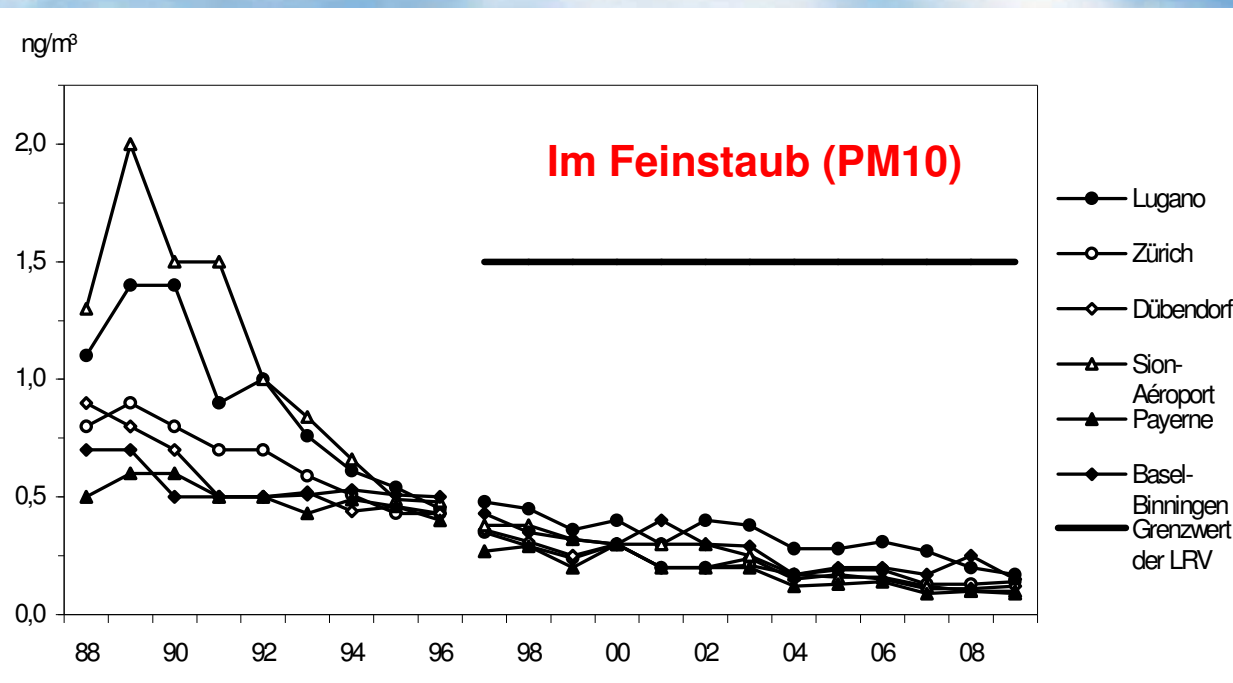
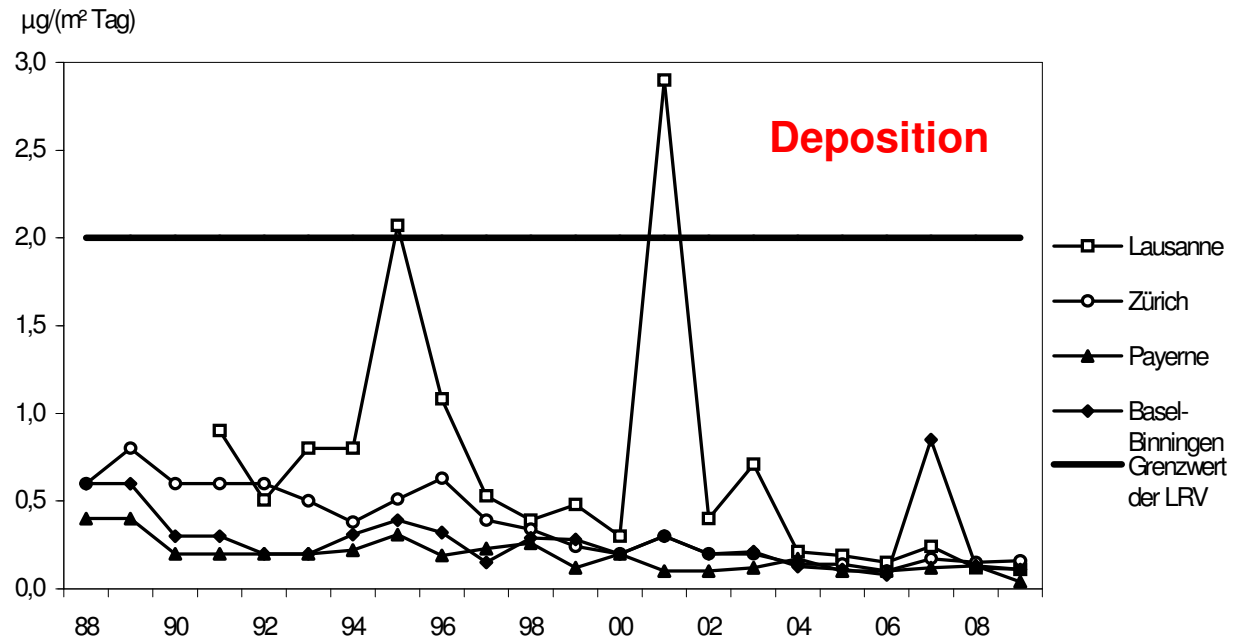


**IGW (8 mg/m<sup>3</sup>) für Tageswerte stets eingehalten**

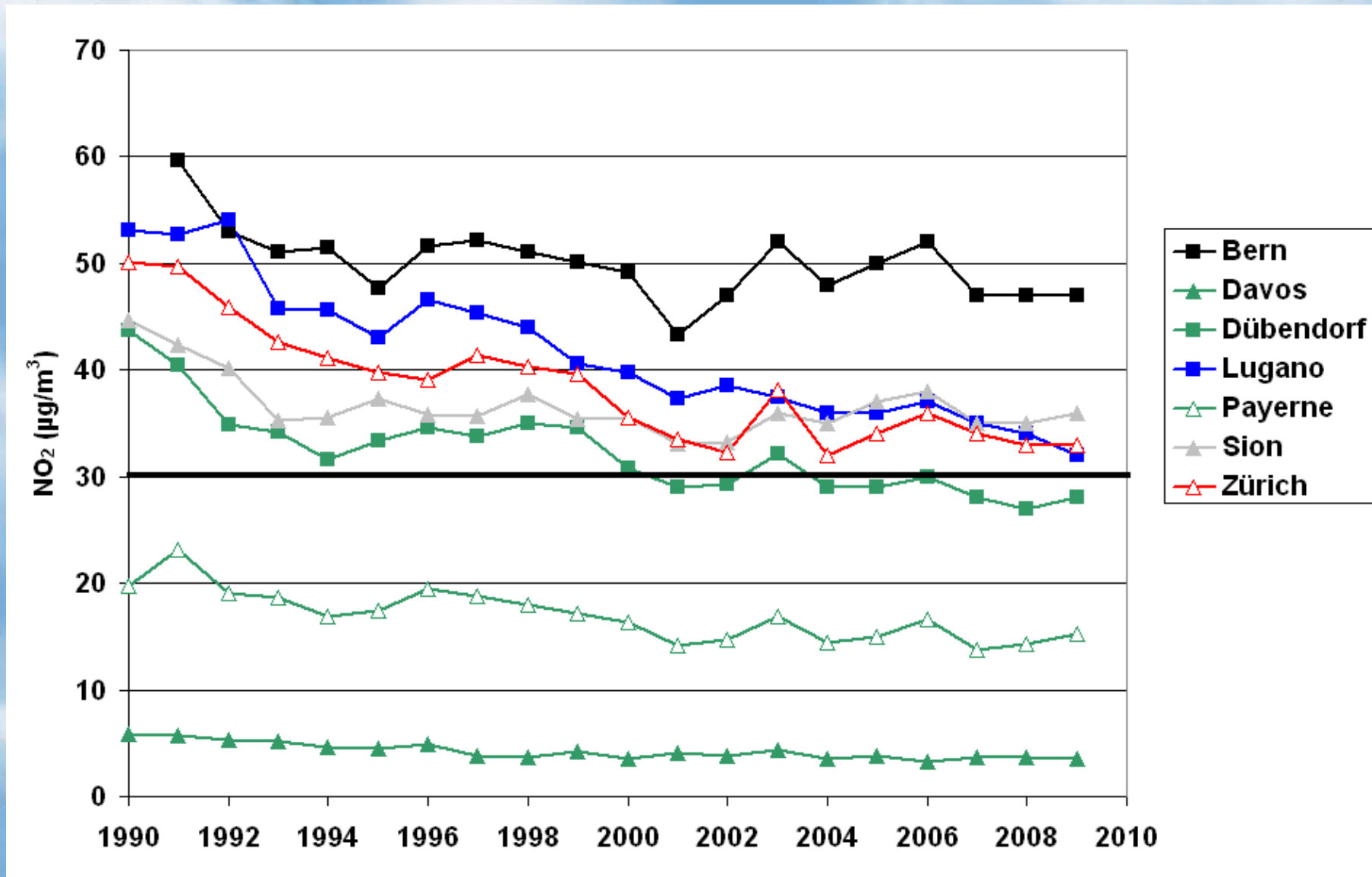
# Blei



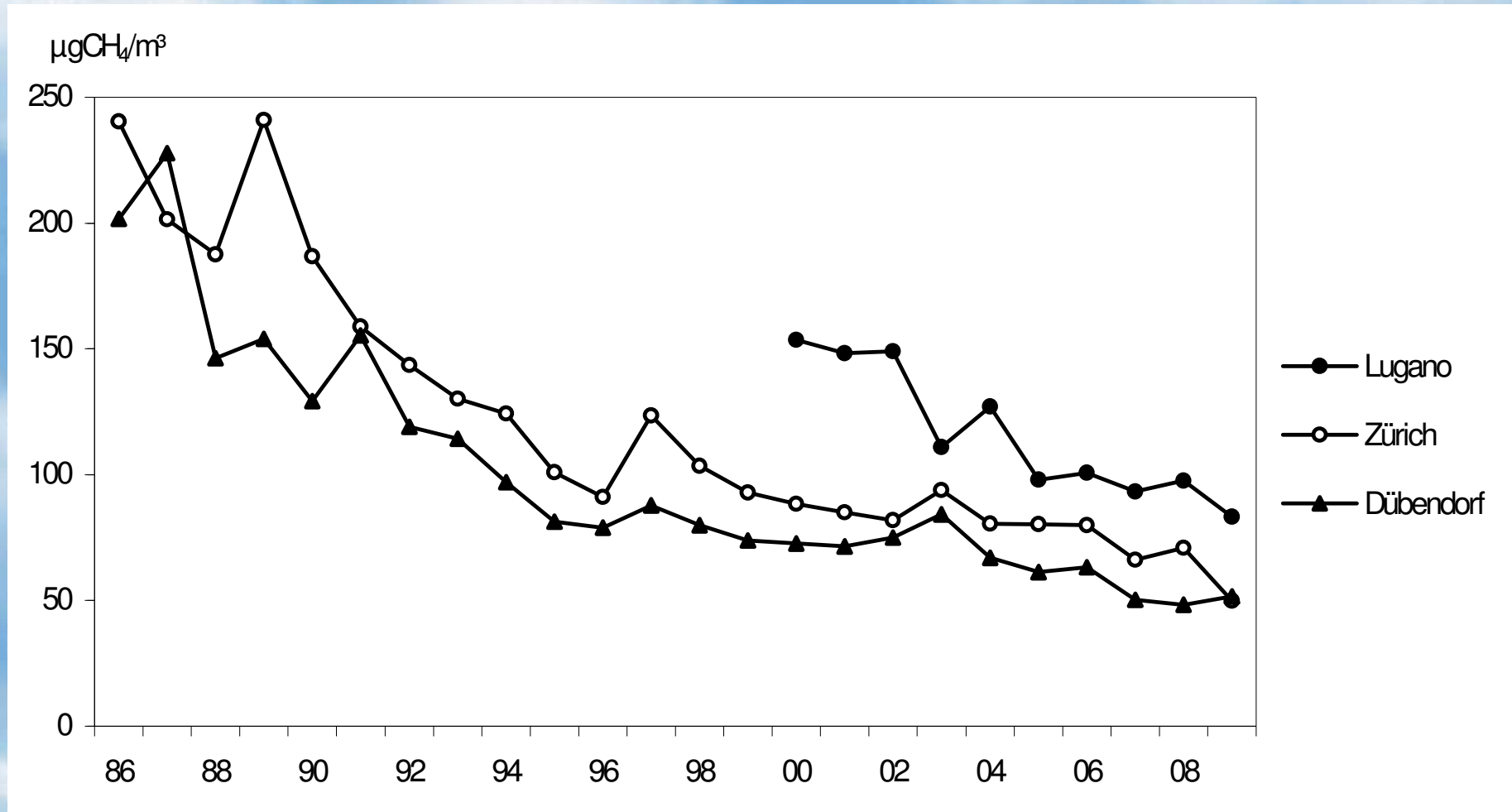
# Cadmium



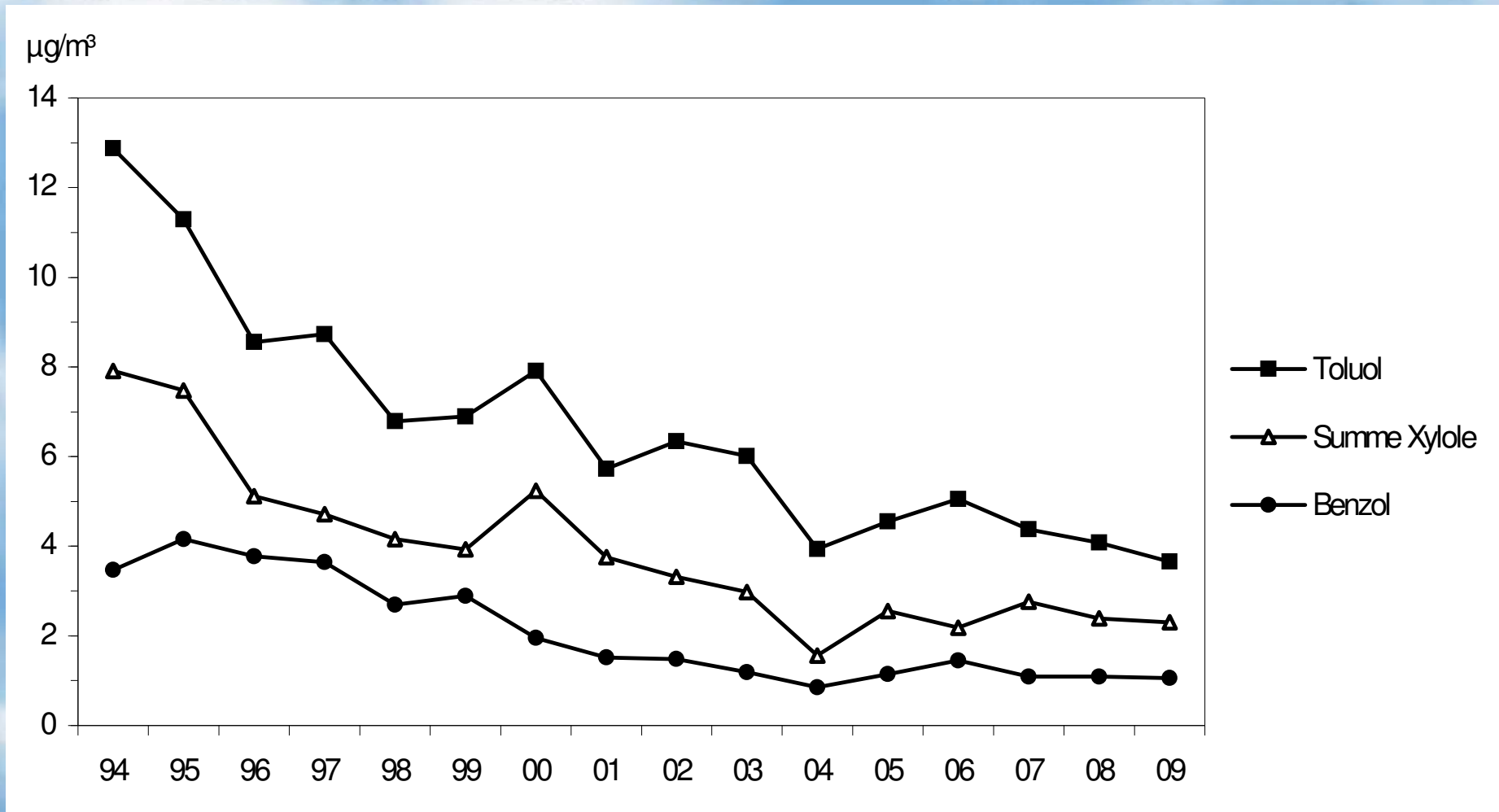
# Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>)



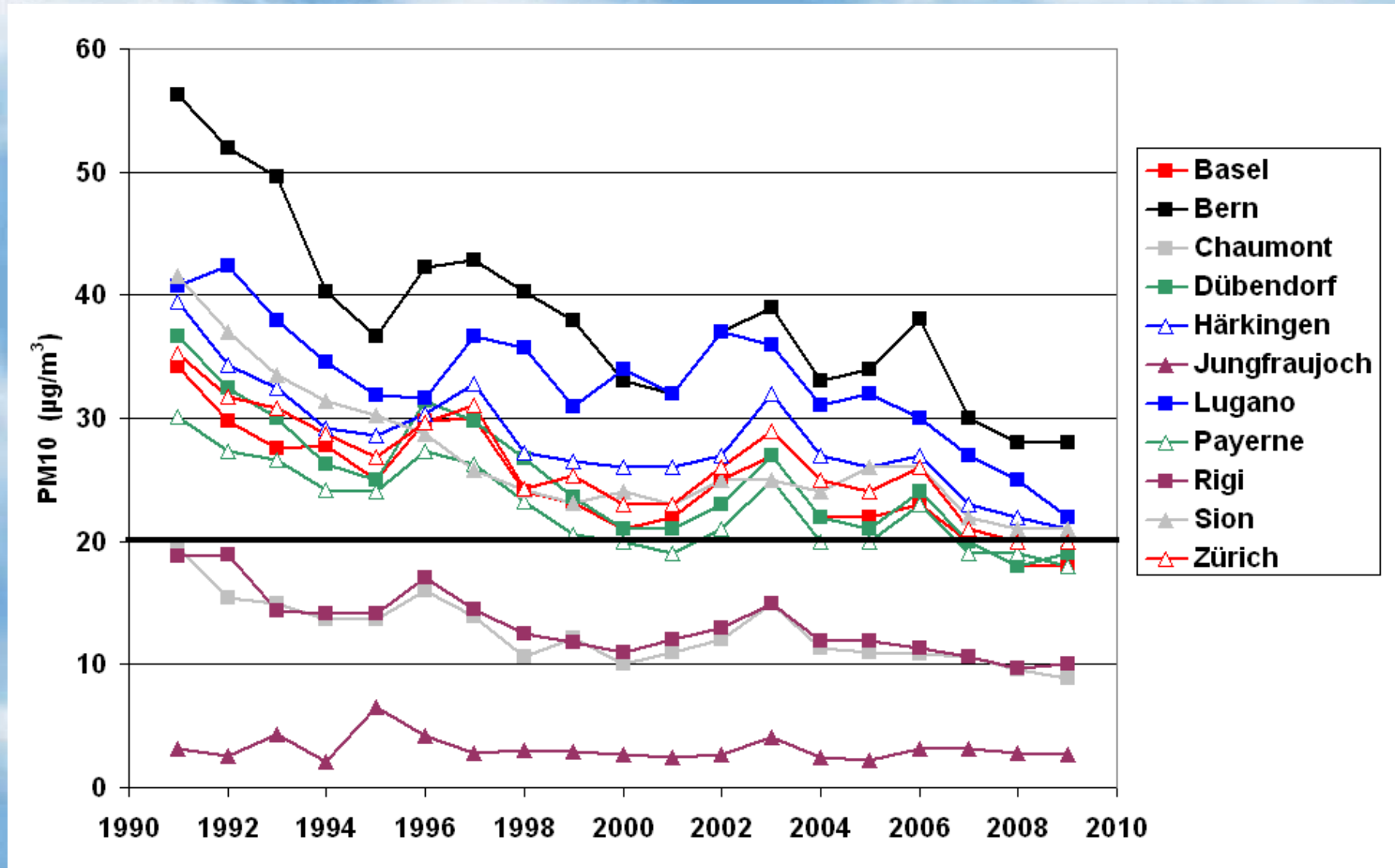
# Flüchtige organische Verbindungen (VOC)



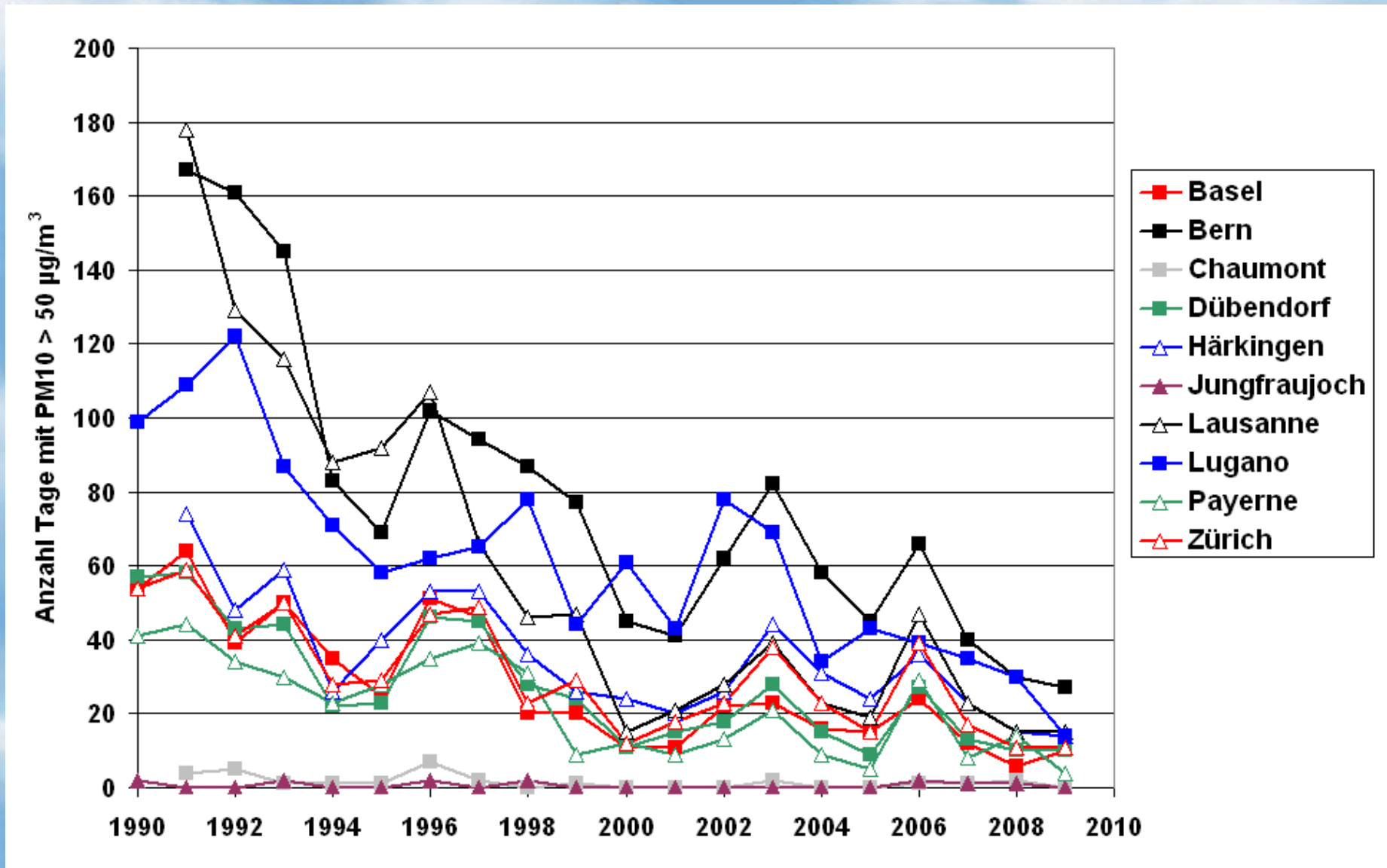
# Benzol, Toluol, Xylole (BTX) in Dübendorf



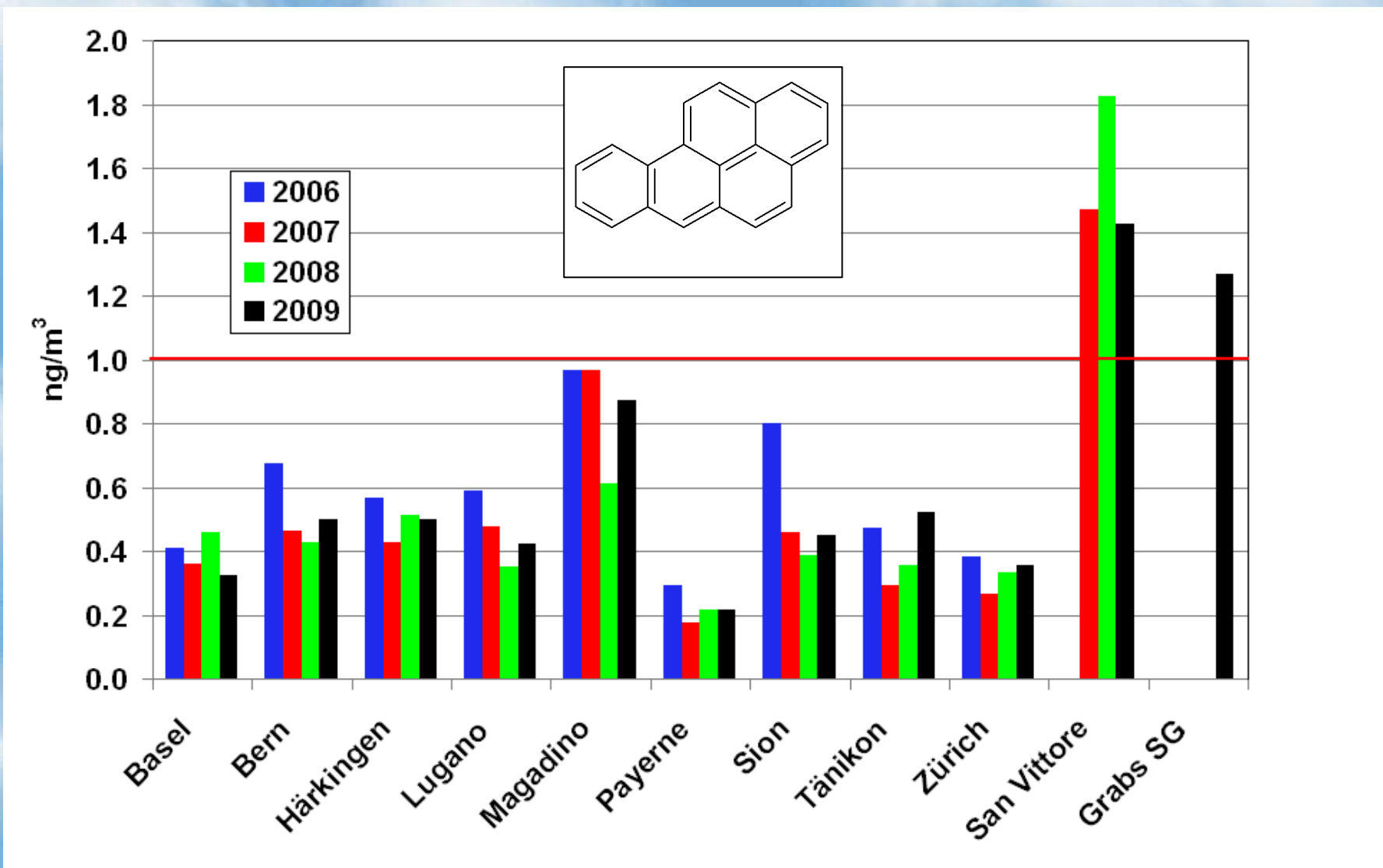
# Feinstaub PM10 (Jahresmittel)



# Feinstaub PM10 (Tage > 50 µg/m<sup>3</sup>)

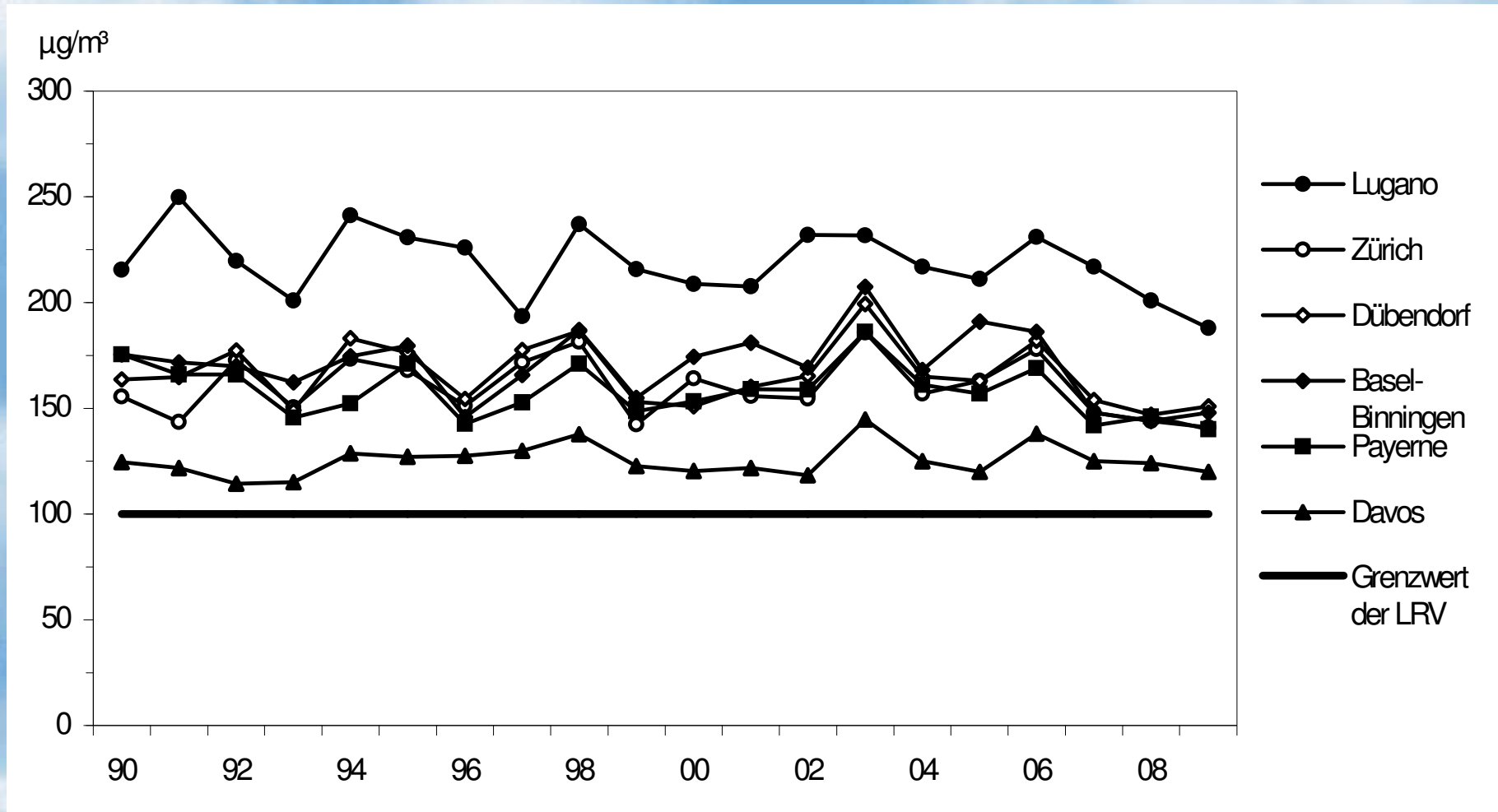


# Benzo(a)pyren



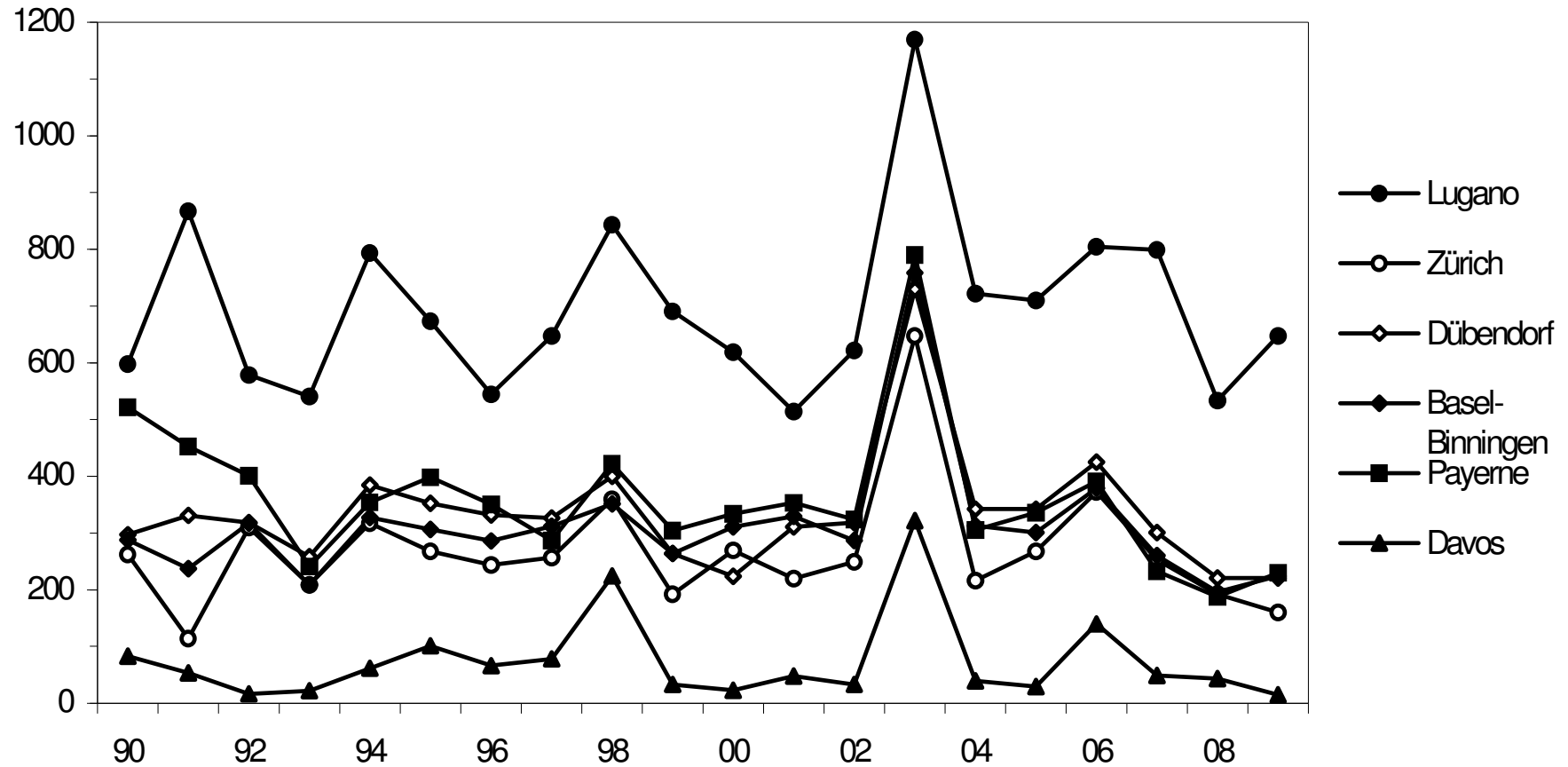
EU-Zielwert:  $1 \text{ ng/m}^3$  im PM10

# Ozon (98%-Werte des ozonreichsten Monats)

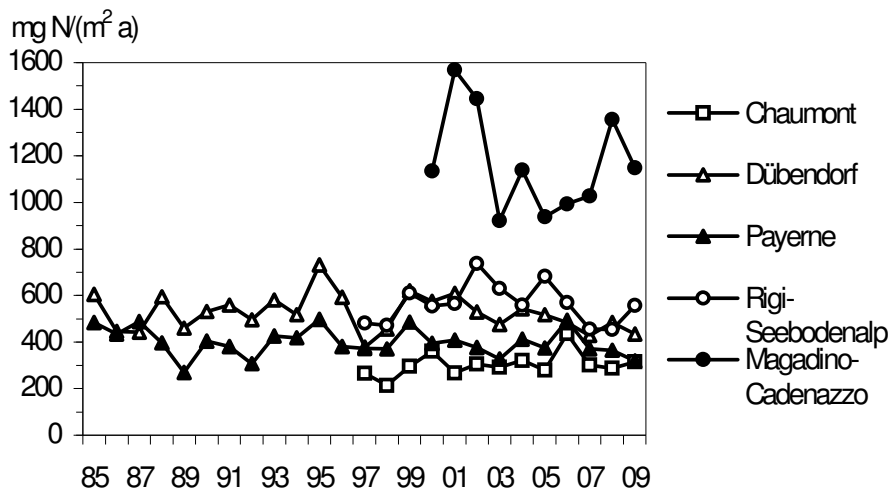


# Ozon: Überschreitungen des 1h-IGW (120 µg/m<sup>3</sup>)

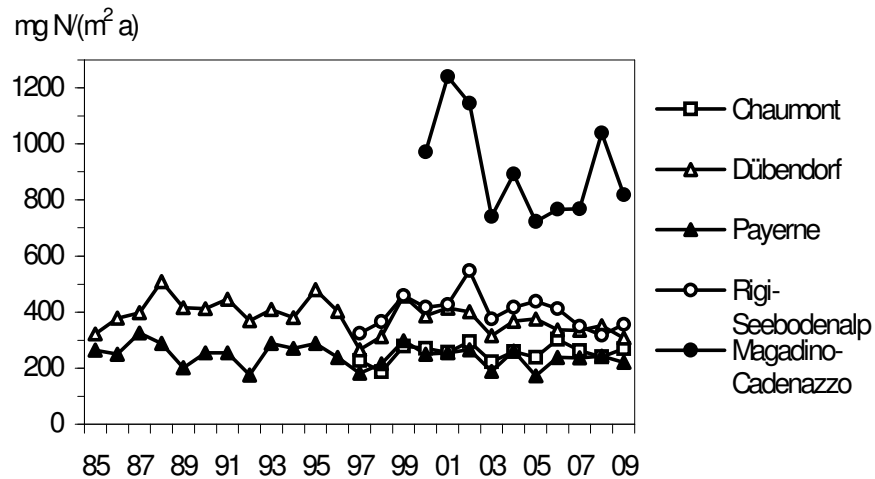
Stunden pro Jahr



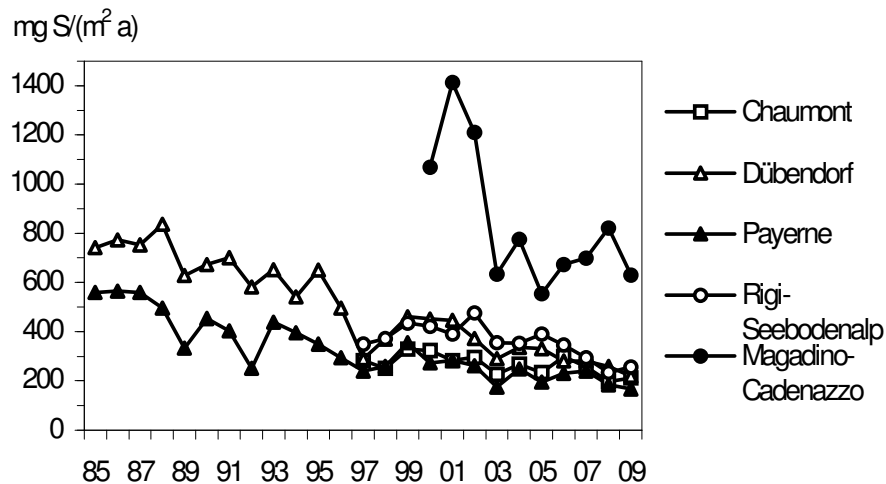
# Nasse Deposition mit Regen



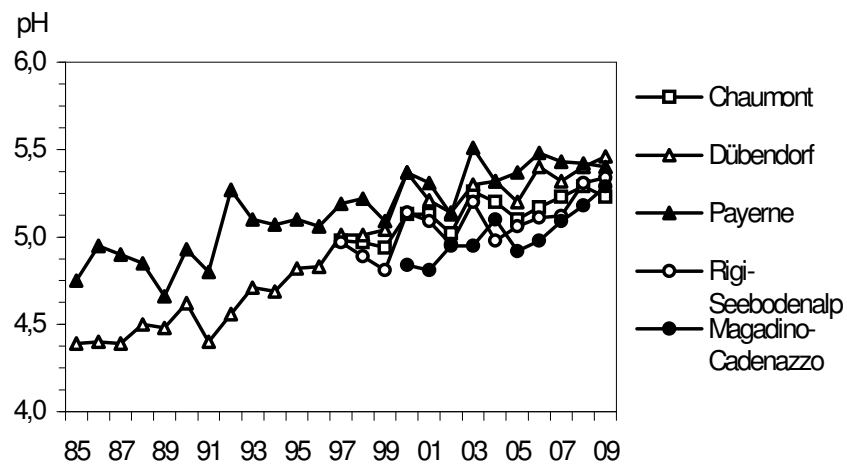
**Ammonium**



**Nitrat**



**Sulfat**



**pH-Wert**

## Übermässig belastete Ökosystemfläche (%) in der EU und in Europe (EMEP area)

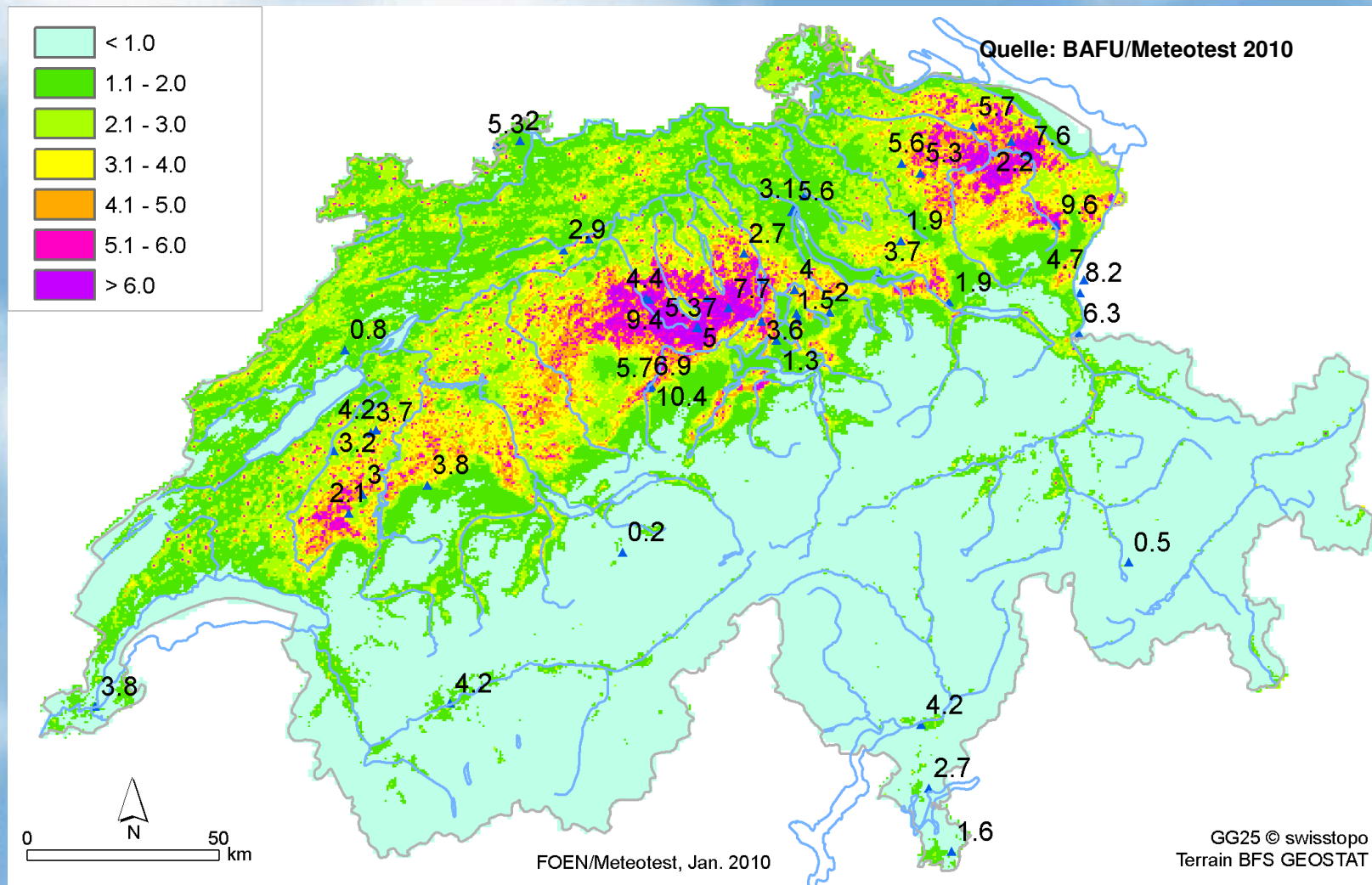
Acidification	1990	1995	2000	2004	2010
EU25	39.2	27.1	23.4	14.7	15.5
Europe	41.4	18.9	14.5	10.0	10.9

Eutrophication	1990	1995	2000	2004	2010
EU25	81.7	74.0	74.9	65.7	64.2
Europe	66.2	54.3	50.0	47.3	47.8

(EMEP Status Report 2006-1)

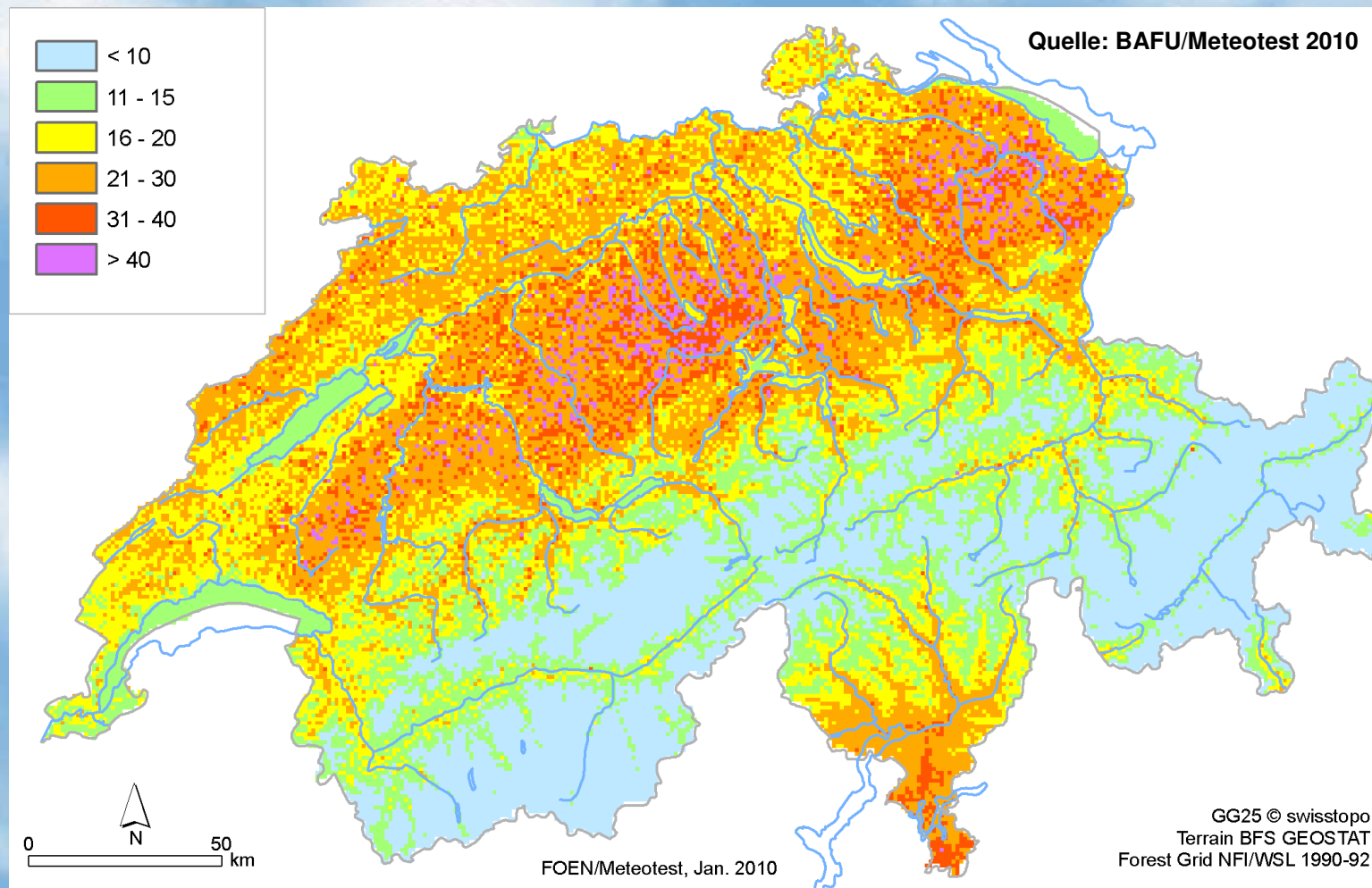
# Ammoniakkonzentrationen in der Schweiz 2007 (modellierte räumliche Verteilung)



Masseinheit:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

# Stickstoffdeposition in der Schweiz 2007

Totale Deposition (trocken und nass) von  $N_{ox}$  und  $N_{red}$  in  $kg\ N\ ha^{-1}\ a^{-1}$



## Beispiele von "critical loads" für Stickstoff:

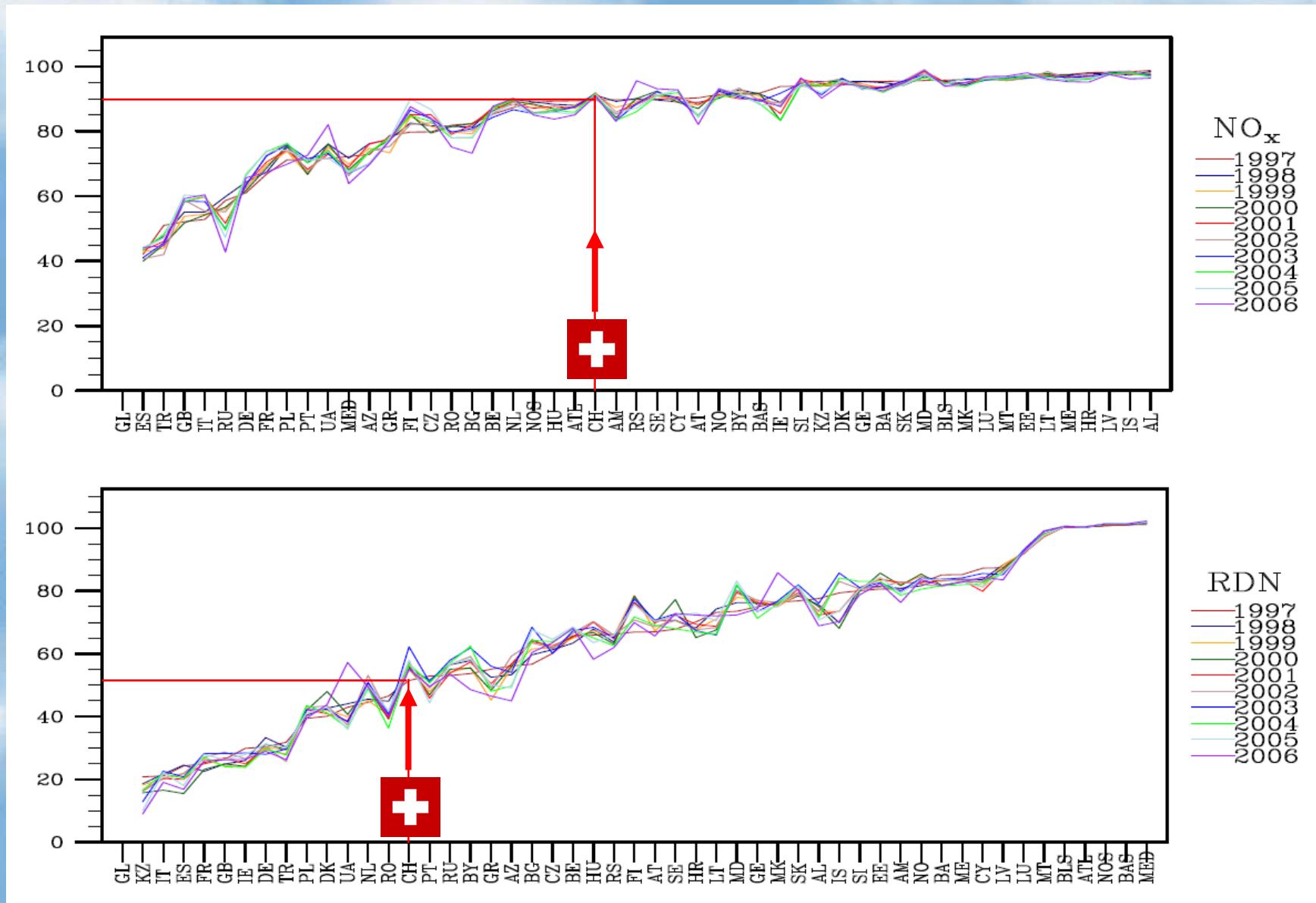
Waldökosysteme  $10-20\ kg\ N\ ha^{-1}\ a^{-1}$

Naturwiesen  $10-15\ kg\ N\ ha^{-1}\ a^{-1}$

Hochmoore  $5-10\ kg\ N\ ha^{-1}\ a^{-1}$

# Anteil von Ferntransport an der Deposition von oxidiertem und reduziertem Stickstoff

EMEP Status Report 1/2009



## Oxidierter Stickstoff Deposition in Tonnen N im Jahr 2007

	Deposition der CH-Emissionen in Europa	Deposition der europäischen Emissionen in CH
Total	21'600	16'200
<b>Schweiz</b>	<b>1'600</b>	<b>1'600</b>
Deutschland	2'200	2'200
Österreich	1'000	300
Frankreich	1'700	4'100
Italien	1'400	3'600
Mittelmeer	3'200	500
Russland	1'600	<100
Spanien	400	1'200
Grossbritannien	100	600
Polen	700	100
Diverse	7'700	2'000

EMEP Status Report 1/2009

**Export aus der Schweiz**  
**Import in die Schweiz**

**20'000 t Stickstoff**  
**14'600 t Stickstoff**

## Reduzierter Stickstoff Deposition in Tonnen N im Jahr 2007

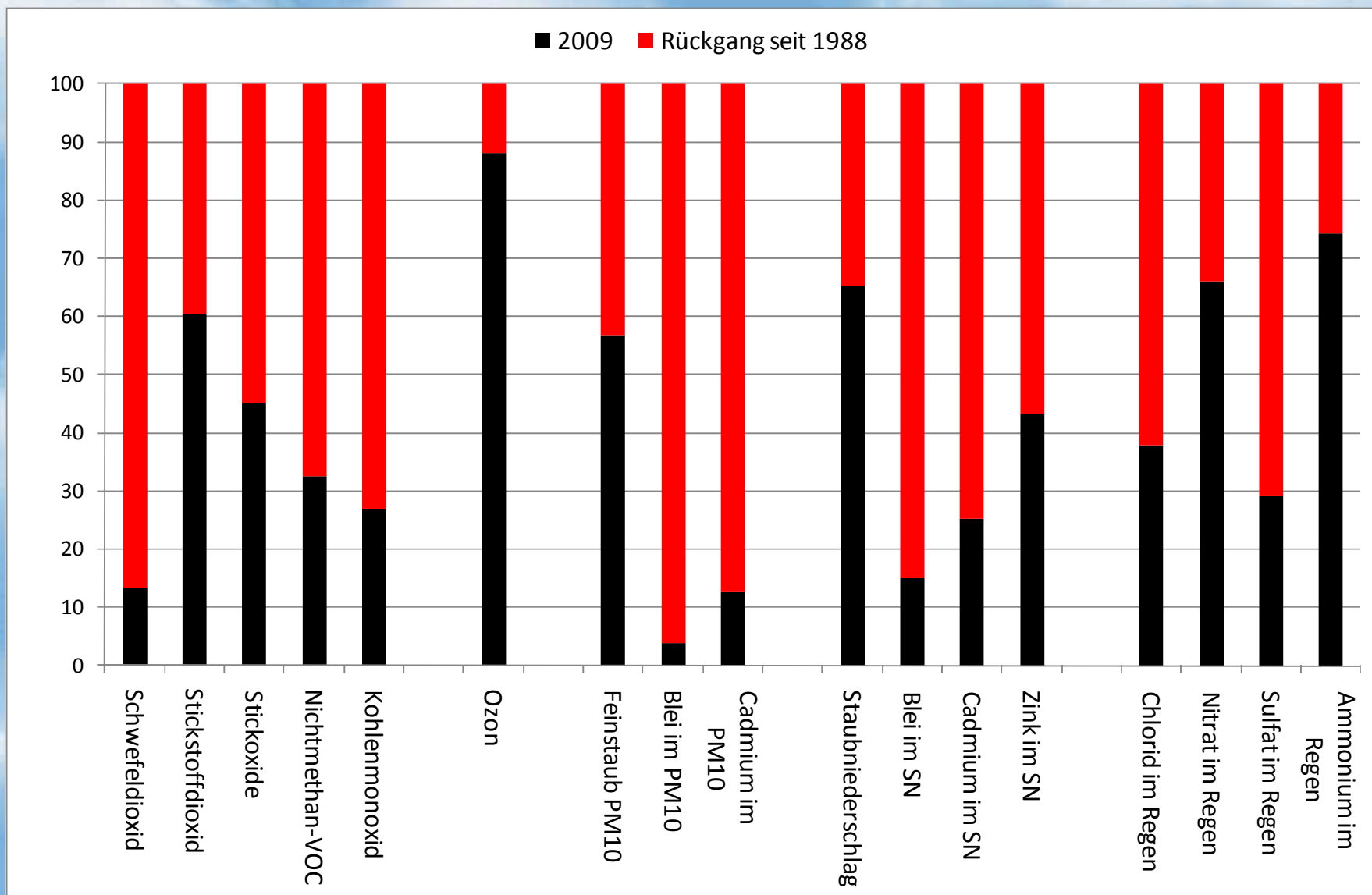
	Deposition der CH-Emissionen in Europa	Deposition der europäischen Emissionen in CH
Total	51'000	36'800
<b>Schweiz</b>	<b>21'000</b>	<b>21'000</b>
Deutschland	7'300	3'300
Österreich	3'000	300
Frankreich	4'300	5'000
Italien	2'200	4'800
Mittelmeer	2'900	< 100
Russland	1'300	< 100
Spanien	400	1'100
Grossbritannien	100	100
Polen	900	100
Diverse	7'600	1'100

EMEP Status Report 1/2009

**Export aus der Schweiz**  
**Import in die Schweiz**

**30'000 t Stickstoff**  
**15'800 t Stickstoff**

# Veränderung (%) der Luftbelastung in der Schweiz zwischen 1988 und 2009



Basierend auf den Daten aller NABEL-Stationen mit durchgehenden Messreihen, ausser den Bergstationen.

# Fazit



IGW eingehalten für **Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid, Schwermetalle**; getroffene Massnahmen erfolgreich.



Auf gutem Weg zur weitgehenden Einhaltung der IGW bis ca. 2020 bei **Stickstoffdioxid** und **VOC** dank bereits umgesetzten und weiteren vorgesehenen Massnahmen.



Problemschadstoffe: Einhaltung der IGW resp. Reduktionsziele nicht absehbar bei **Feinstaub, Ozon, Stickstoffeinträge** in Ökosysteme.

# Nützliche Internetlinks

- [www.bafu.admin.ch/luft](http://www.bafu.admin.ch/luft) NABEL-Daten on-line
- [www.empa.ch/nabel](http://www.empa.ch/nabel) Technische Informationen
- [www.emep.int](http://www.emep.int) Europäische Schadstoffdaten