

# Belastungen von inner- und außerörtlichen Straßen

Workshop  
Niederschlagswasserbe-  
seitigung in Deutschland

Belastungen von inner-  
und außerörtlichen  
Straßen

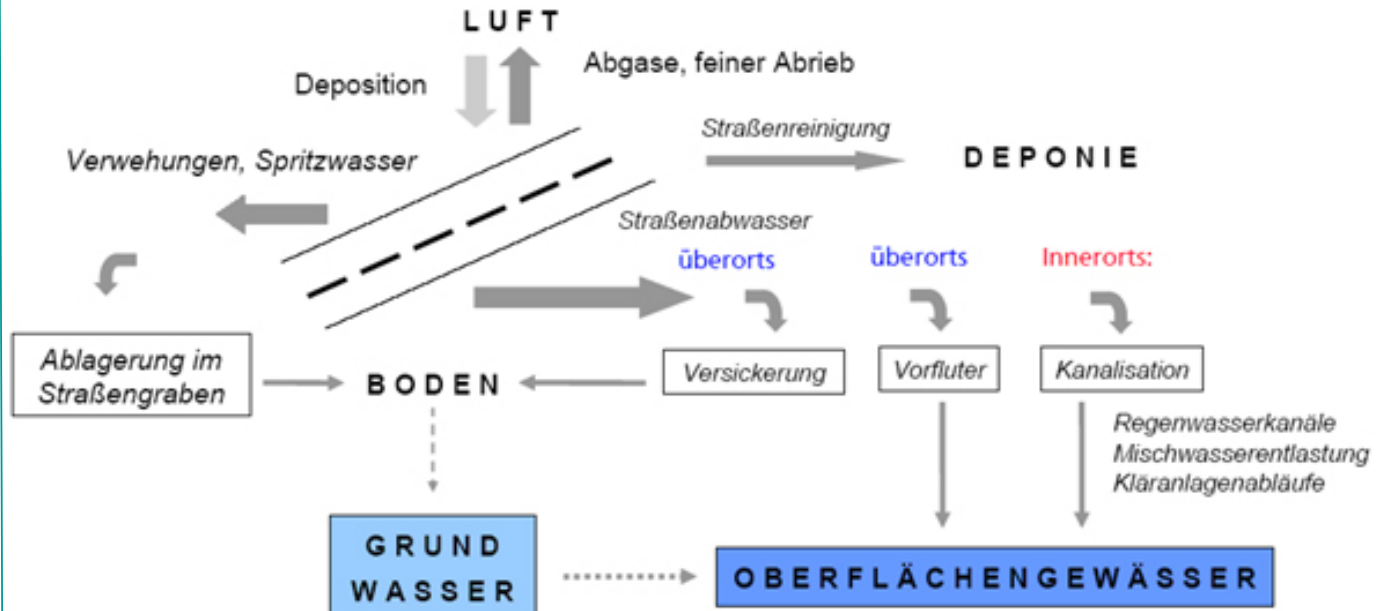
27.11.2006

Dr.-Ing. U. Kasting

- Grundlagen
- Stoffkonzentrationen
- Zusammenfassung / Ausblick

# Grundlagen

## Emissionspfade Straßenverkehr in Gewässer und Boden



verändert nach HILLENBRAND et al. 2004

Workshop  
Niederschlagswasserbe-  
seitigung in Deutschland

Belastungen von inner-  
und außerörtlichen  
Straßen

27.11.2006

Dr.-Ing. U. Kasting

# Grundlagen

## Schadstoffe in Straßenabflüssen

- abfiltrierbare Stoffe (AFS)
- chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)/ gesamter organ. gebundener Kohlenstoff (TOC)
- Schwermetalle: u. a. Cd, Cu, Pb, Zn, Pd, Pt
- Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW)
- polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)
- Methyl-Tertiär-Butyl-Ether (MTBE)
- Chlorid

Workshop  
Niederschlagswasserbe-  
seitigung in Deutschland

Belastungen von inner-  
und außerörtlichen  
Straßen

27.11.2006

Dr.-Ing. U. Kasting

# Grundlagen

## Herkunftsbereiche I

Herkunft	Emittierte Stoffe	Literaturquelle
Abgase	Pb (3), Ni (2), Stickstoffverbindungen (1), Kohlenwasserstoffe (2-3), Ruß, partikuläres Material	GOLWER 1991, KRAUTH & STOTZ 1987
Bremsenabrieb	Cr (3), Cu (2/3), Ni (2), Stäube	Yousef 1986 - zit. in KRAUTH & STOTZ 1987
	Pb (3), Zn (1-3), Asbest	Muschak 1989 - zit. in UNGER & PRINZ 1992
Reifenabrieb	Cd (3), Zn (1-3), Ruße, organische Substanzen Kautschuk, Schwefel (1-2)	KRAUTH & STOTZ 1987
	Pb (3), Cr (3), Cu (2/3), Ni (2)	Muschak 1989 - zit. in UNGER & PRINZ 1992
Straßenabrieb	Partikel, Si (0), Ca (0), Mg (1), Asphalt, Bitumen (2-3)	KRAUTH & STOTZ 1987
	Pb (3), Cr (3), Cu (2/3), Ni (2), Zn (1-3)	Muschak 1989 - zit. in UNGER & PRINZ 1992
Abrieb von Fahrbahnmarkierungen	Titanoxid (TiO <sub>2</sub> )	GOLWER & SCHNEIDER 1983a
	Lösungsmittel, (CKW in Abbeizmitteln)	SCHALLES 1988

ASCHERL/FLOSS [1995]

Workshop  
Niederschlagswasserbe-  
seitigung in Deutschland

Belastungen von inner-  
und außerörtlichen  
Straßen

27.11.2006

Dr.-Ing. U. Kasting

# Grundlagen

## Herkunftsbereiche II

Herkunft	Emittierte Stoffe	Literaturquelle
Tropfverluste (Treibstoffe, Schmierstoffe, Bremsflüssigkeit, Unterbodenschutz, Frostschutz)	Pb (3), Ni (2), Zn (1-3), organische Stoffe, Öle, Fette, C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> (2-3)	KRAUTH & STOTZ 1987
	Cu (2/3), Va (2), Cr (3)	Muschak 1989 - zit. in UNGER & PRINZ 1992
Korrosion, Verschleiß	Al (1), Cu (2/3), Fe (1), Co, Mn (1)	Yousef 1986 - zit. in KRAUTH & STOTZ 1987
Baustoffe	Mineralstoffe, Bindemittel (Bitumen, Kalk, Zement), alternative Baustoffe	GOLWER 1991
Tausalzstreuung	NaCl (0), CaCl (0)	BROD 1993
Straßenunterhaltung	Markierungsfarbe (Titan), Reinigungsmittel, Pflanzenbehandlungsmittel, Schädlingsbekämpfungsmittel	GOLWER 1991
Unfälle	alle Arten wassergefährdender Stoffe	STATISTISCHES BUNDESAMT 1986-1994

ASCHERL/FLOSS [1995]

Workshop  
Niederschlagswasserbe-  
seitigung in Deutschland

Belastungen von inner-  
und außerörtlichen  
Straßen

27.11.2006

Dr.-Ing. U. Kasting

# Grundlagen

## Gefährdungspotenzial für Gewässer (stofflich)

- akute/verzögerte Wirkungen:
  - Sauerstoffdefizite
  - Ammoniak-Toxizität / Fischgiftigkeit
  
- Langzeitwirkungen:
  - Akkumulation Schwermetalle, PAK
  - Euthrophierung
  - Verschlammung

Workshop  
Niederschlagswasserbe-  
seitigung in Deutschland

Belastungen von inner-  
und außerörtlichen  
Straßen

27.11.2006

Dr.-Ing. U. Kasting

# Stoffkonzentrationen

## Messprogramme

Straße	DTV	Ort	Literaturquelle
Nationalstraße 1	72.000	Zürich	DAUBNER et al. (1979)
BAB A81	41.000	Pleidelsheim	KRAUTH/KLEIN (1982)
BAB A6	47.000	Obereisesheim	KRAUTH/KLEIN (1982)
BAB A8/B10	40.600 / 11.500	Ulm-West	KLEIN (1982)
Marienburger Str. P5	14.200	Hildesheim	PAULSEN (1984)
Marienburger Str. P5	14.200	Hildesheim	GROTTKER/SIEKER (1987)
Waldstadt/Elbinger Str.	3.200	Karlsruhe	XANTHOPOULOS (1992)
B33/34	9.900	Singen	KRAUTH/STOTZ (1993)
Biesdorf-Süd	k.A.	Berlin	SCHÜTTE (1997)
BAB A4	114.500	Köln	LANGÉ et al. (2003)
BAB A59	55.000	Köln	LANGÉ et al. (2003)

Workshop  
Niederschlagswasserbe-  
seitigung in Deutschland

Belastungen von inner-  
und außerörtlichen  
Straßen

27.11.2006

Dr.-Ing. U. Kasting

# Stoffkonzentrationen

## Einflussfaktoren Einzugsgebiet

- Entwässerungsart (Straßenablauf / Kanal, bewachsene Muldenrinne etc.)
- Kreuzungsbereich / Steigungsstrecken
- Seiten- und Parkstreifen
- Baumbestand (Hundeklo)
- Winterbetrieb
- Häufigkeit Straßenreinigung
- Windexponiertheit
- Fahrgeschwindigkeiten
- Niederschlagsverhältnisse
- etc.

Workshop  
Niederschlagswasserbe-  
seitigung in Deutschland

Belastungen von inner-  
und außerörtlichen  
Straßen

27.11.2006

Dr.-Ing. U. Kasting



# Stoffkonzentrationen

## mittlere Konzentrationen

frachtgewogene Gesamtmittelwerte, Messprogramme Straßenabflüsse							
Parameter	Anzahl Messprogr.		Minimum	25% Quantil	Median	75% Quantil	Maximum
AFS	10	[mg/l]	85	125	155	234	564
Chlorid	10	[mg/l]	7	84	120	157	357
BSB <sub>5</sub>	4	[mg/l]	9		14		18
CSB	10	[mg/l]	37	77	99	121	141
NH <sub>4</sub> -N	10	[mg/l]	0,20	0,50	0,60	0,76	2,31
P ges	6	[mg/l]	0,25	0,29	0,31	0,34	0,49
Cadmium	10 <sup>1)</sup>	[µg/l]	< 1	1,7	3,6	5,5	6,4
Chrom	7 <sup>1)</sup>	[µg/l]	< 5	6,3	15,0	23,3	24,2
Blei <sup>2)</sup>	10	[mg/l]	0,06	0,09	0,18	0,29	0,34
Kupfer	10	[mg/l]	0,04	0,07	0,11	0,12	0,14
Nickel	6 <sup>1)</sup>	[mg/l]	<0,01		0,026		0,057
Quecksilber	4 <sup>1)</sup>	[µg/l]	<0,2		0,40		
Zink	10	[mg/l]	0,25	0,33	0,46	0,52	0,62
PAK (TVO)	7	[µg/l]	0,24	2,08	2,54	2,79	3,39
PAK (EPA)	2	[µg/l]	4,4		5,19		5,98
MKW H18 <sup>3)</sup>	8 <sup>1)</sup>	[mg/l]	0,005	0,21	1,44	4,75	7,02
pH-Wert	4	[ - ]	7,1		7,35		7,6

1) bei einigen Messprogrammen wurde die Bestimmungsgrenze unterschritten

2) die Bleikonzentration ist durch die Einführung des bleifreien Benzins gesunken: Mittelwert der Messprogramme seit 1993: 0,08 mg/l

3) In den jüngsten Messprogrammen an Autobahnen an der BAB A 4 und BAB A 59 ist eine deutliche Abnahme der MKW zu verzeichnen, die dort bei < 0,1 – 0,25 mg/l liegen.

Workshop  
Niederschlagswasserbe-  
seitigung in Deutschland

Belastungen von inner-  
und außerörtlichen  
Straßen

27.11.2006

Dr.-Ing. U. Kasting

# Stoffkonzentrationen

## partikuläre und gelöste Anteile (Filtration 0,45 µm)

<b>Straße</b>	<b>Mittelwert</b> [µg/l]	<b>Median</b> [µg/l]	<b>Minimum</b> [µg/l]	<b>Maximum</b> [µg/l]	<b>Anteil gelöst</b> [%]
<b>Kupfer</b>					
A2	112	113	40	234	45
A3	141	86	39	691	40
A31	109	77	6	539	55
A42	75	50	27	256	42
B224	200	110	11	797	28
<b>Blei</b>					
A2	13	12	< 8	22	45
A3	16	12	< 8	65	43
A31	33	8	< 8	415	26
A42	35	11	< 8	285	14
B224	34	10	< 8	182	51
<b>Cadmium</b>					
A2	1,2	1,0	< 1,0	4,3	67
A3	1,2	1,0	< 1,0	2,5	90
A31	1,2	1,0	< 1,0	2,9	68
A42	2,3	1,9	< 1,0	4,8	72
B224	1,3	1,0	< 1,0	7,6	51

DIERKES [1999]

Workshop  
Niederschlagswasserbe-  
seitigung in Deutschland

Belastungen von inner-  
und außerörtlichen  
Straßen

27.11.2006

Dr.-Ing. U. Kasting

# Stoffkonzentrationen

## Anlagerung der SM an die Feststoffe

Workshop  
Niederschlagswasserbe-  
seitigung in Deutschland

Belastungen von inner-  
und außerörtlichen  
Straßen

27.11.2006

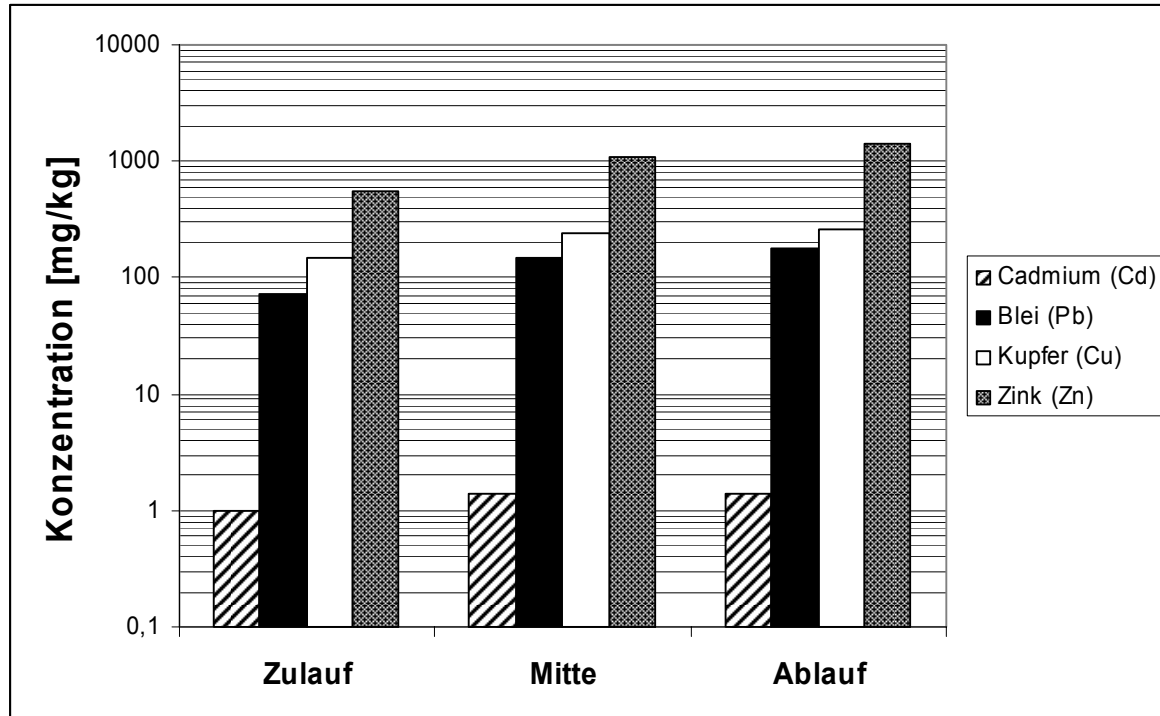
Dr.-Ing. U. Kasting

Kornfraktion	Pb [%]	Cd [%]	Zn [%]	Cu [%]	Ni [%]
> 600 $\mu\text{m}$	6	11	8	1	<1
60-600 $\mu\text{m}$	14	18	25	18	12
6-60 $\mu\text{m}$	80	71	67	81	87
Summe	100	100	100	100	100

XANTHOPOULOS [1990]

# Stoffkonzentrationen

## SM-Konzentrationen in Absetzbecken



IFS [2005]

Workshop  
Niederschlagswasserbe-  
seitigung in Deutschland

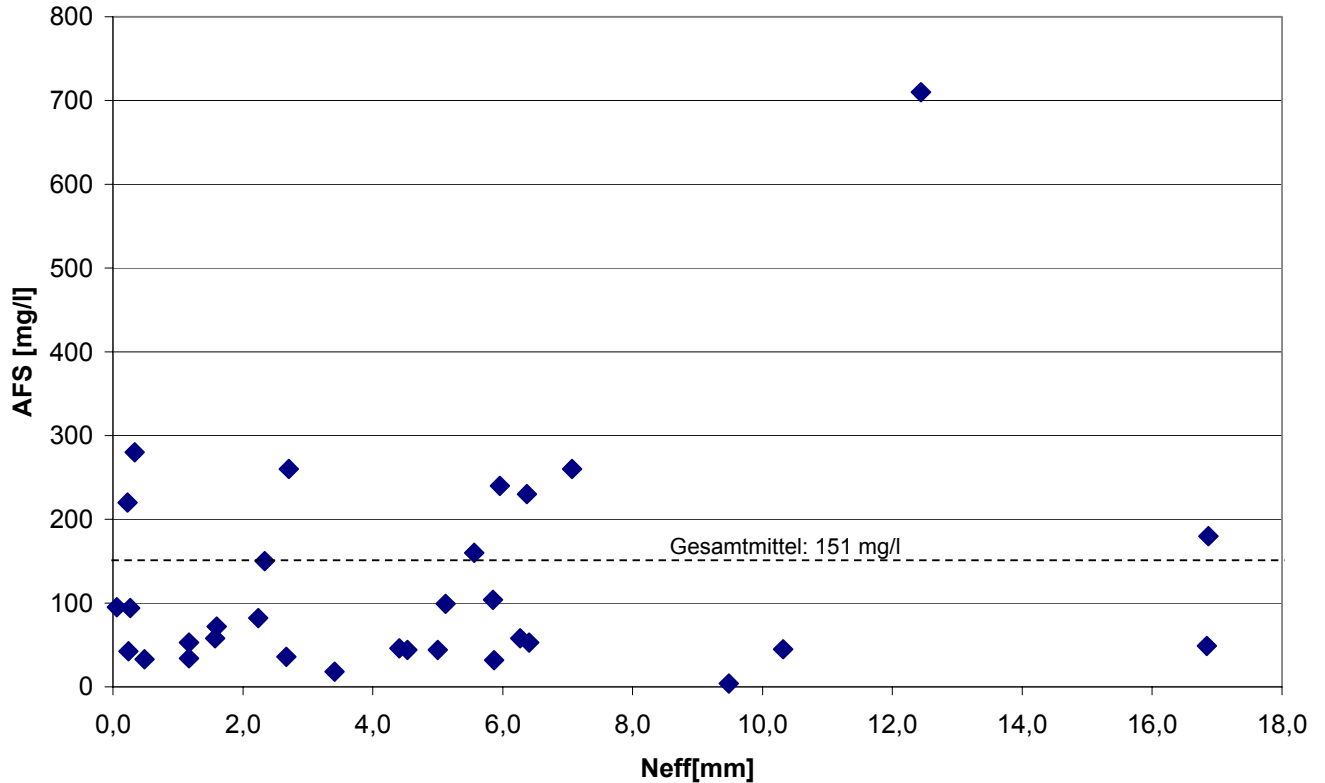
Belastungen von inner-  
und außerörtlichen  
Straßen

27.11.2006

Dr.-Ing. U. Kasting

# Stoffkonzentrationen

## Einzelereigniskonzentrationen



Messprogramm BAB A4

Workshop  
Niederschlagswasserbe-  
seitigung in Deutschland

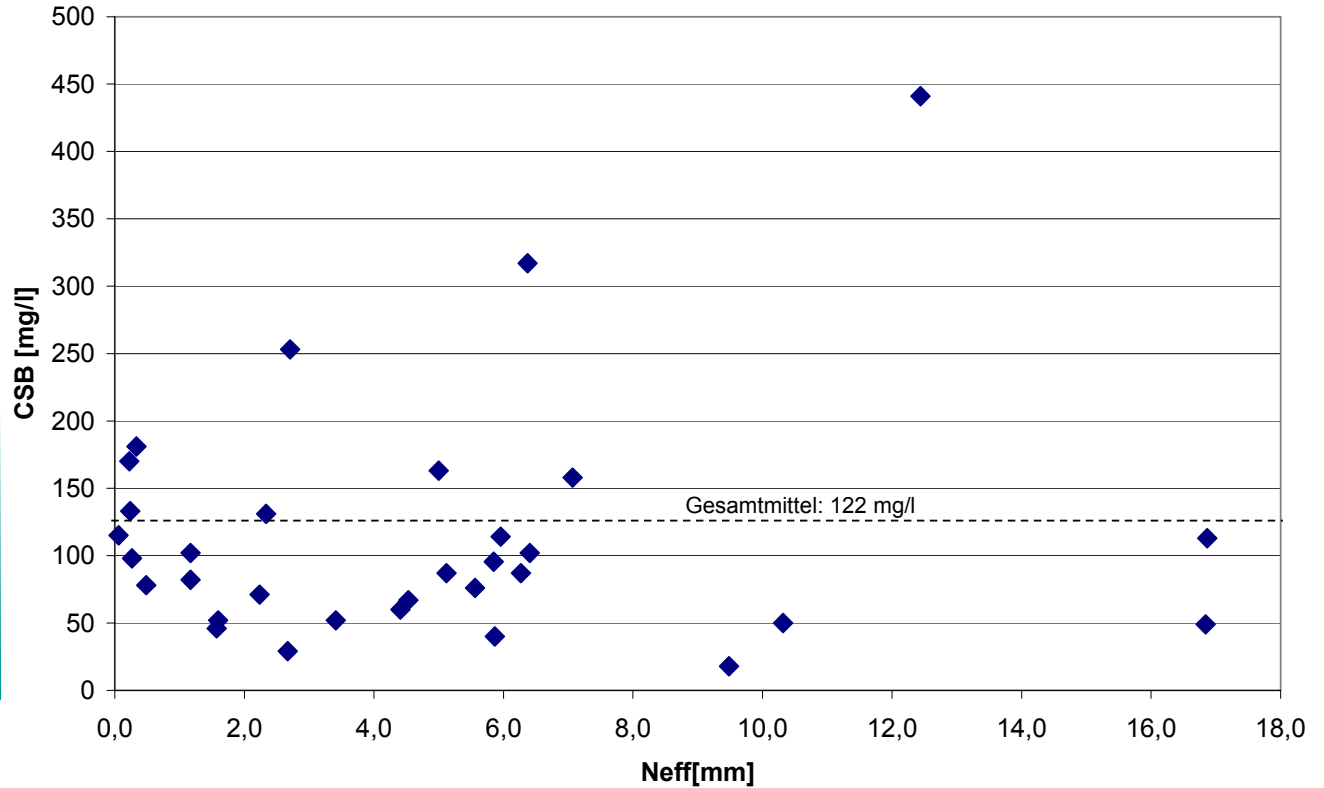
Belastungen von inner-  
und außerörtlichen  
Straßen

27.11.2006

Dr.-Ing. U. Kasting

# Stoffkonzentrationen

## Einzelereigniskonzentrationen



Workshop  
Niederschlagswasserbe-  
seitigung in Deutschland

Belastungen von inner-  
und außerörtlichen  
Straßen

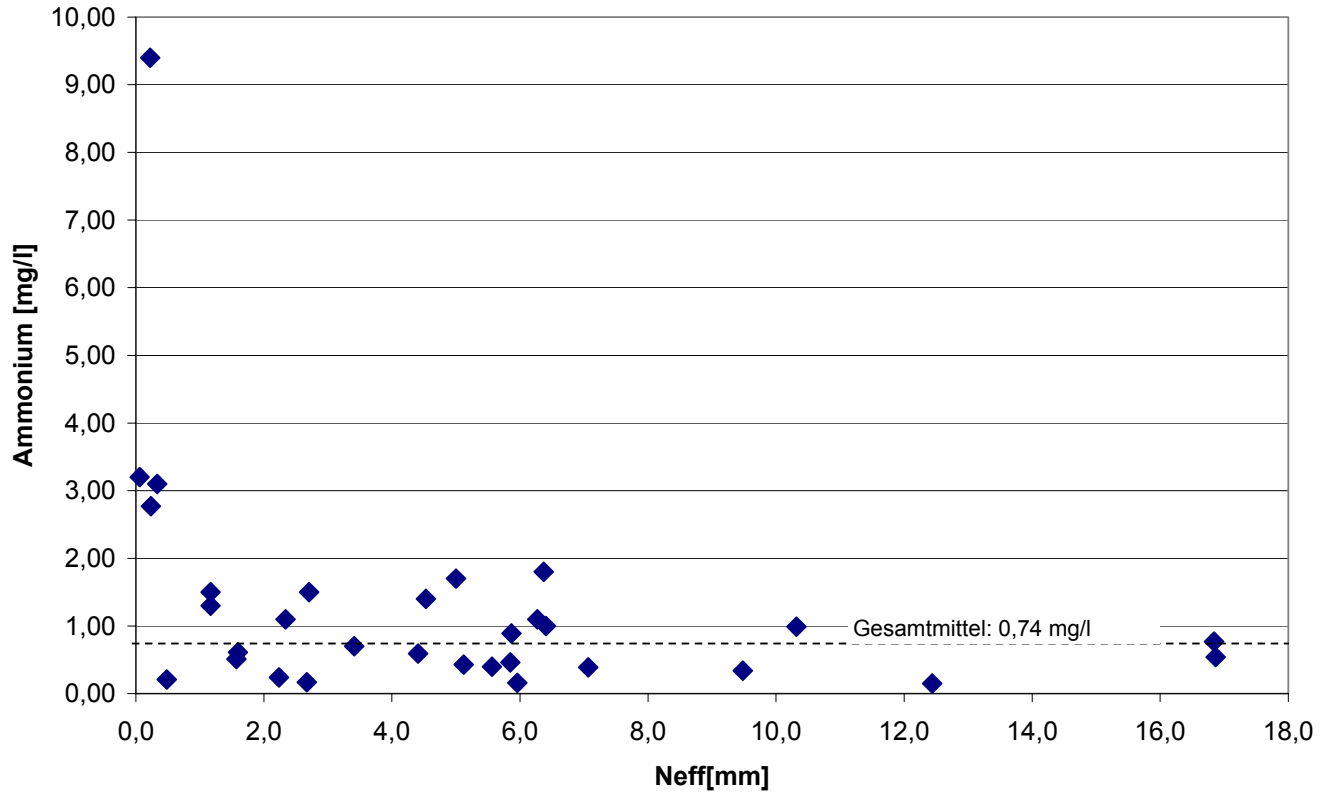
27.11.2006

Dr.-Ing. U. Kasting

Messprogramm BAB A4

# Stoffkonzentrationen

## Einzelereigniskonzentrationen



Workshop  
Niederschlagswasserbe-  
seitigung in Deutschland

Belastungen von inner-  
und außerörtlichen  
Straßen

27.11.2006

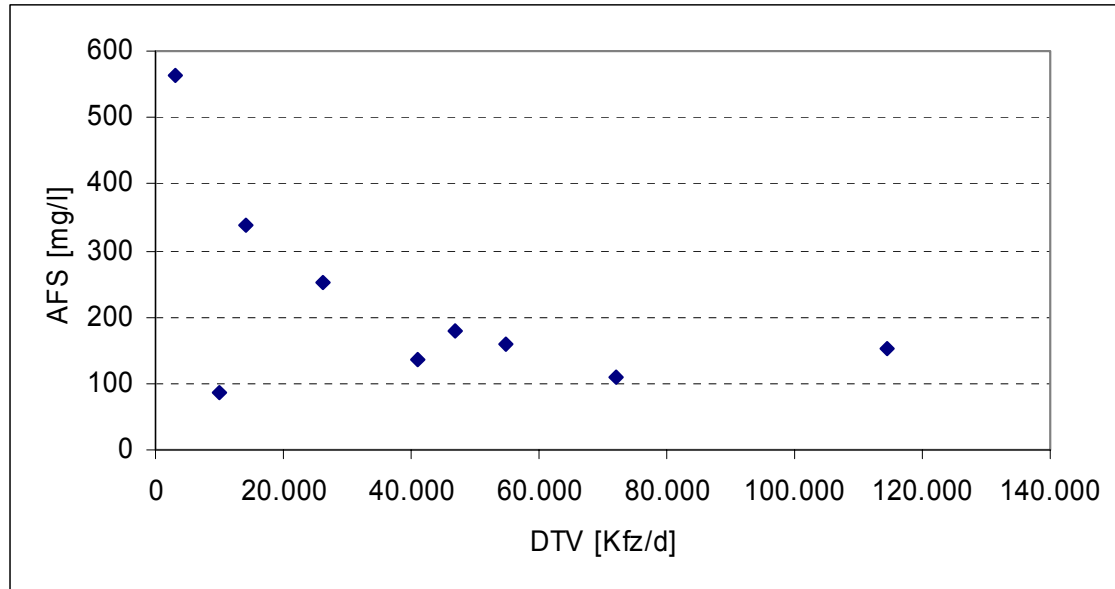
Dr.-Ing. U. Kasting

Messprogramm BAB A4

Standardvorgaben BWK-M3:W  
RW-Konzentration 5 mg/l NH4-N

# Stoffkonzentrationen

## Abhängigkeit DTV ?



Workshop  
Niederschlagswasserbe-  
seitigung in Deutschland

Belastungen von inner-  
und außerörtlichen  
Straßen

27.11.2006

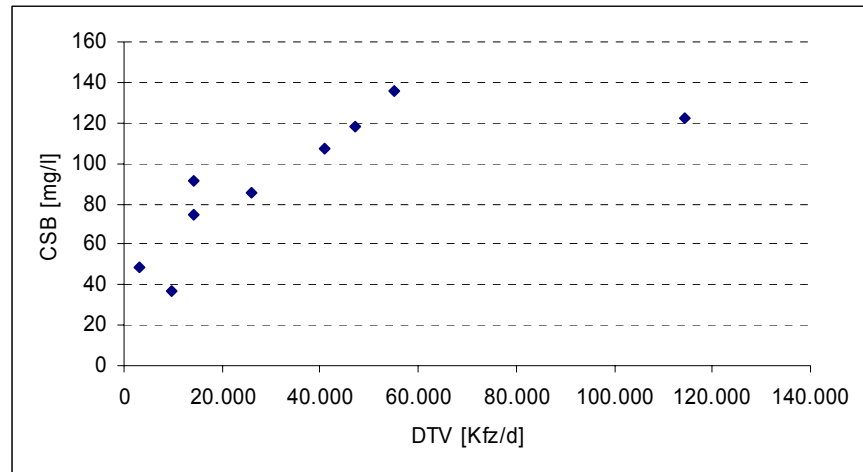
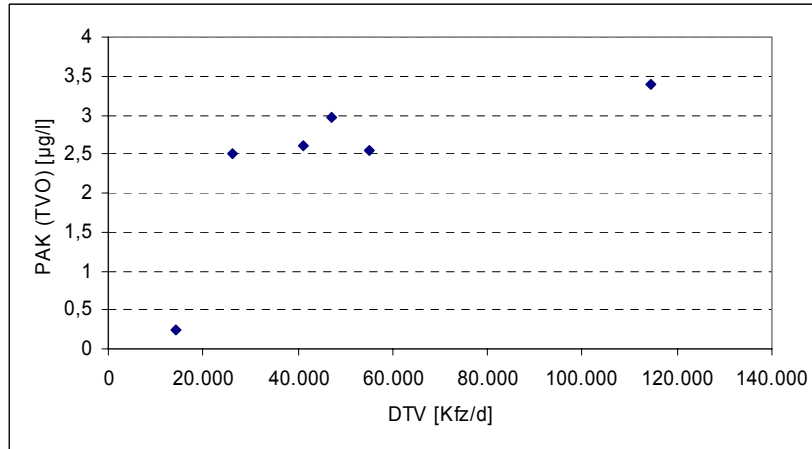
Dr.-Ing. U. Kasting

Daten ergänzt um  
Ergebnisse von  
innerörtlichen Straßen aus  
Hamburg von  
DANNEKER et al. 1988



# Stoffkonzentrationen

## Abhängigkeit DTV ?



Daten ergänzt um  
 Ergebnisse von  
 innerörtlichen Straßen aus  
 Hamburg von  
 DANNEKER et al. 1988

Workshop  
 Niederschlagswasserbe-  
 seitigung in Deutschland

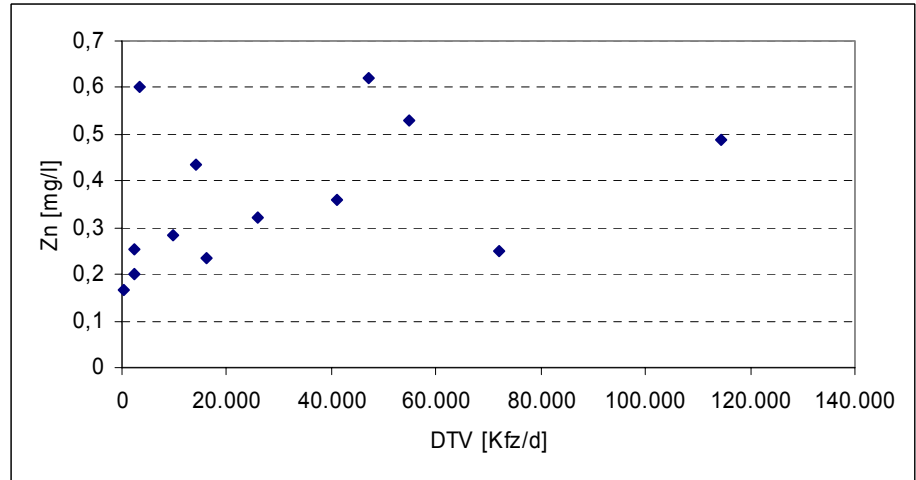
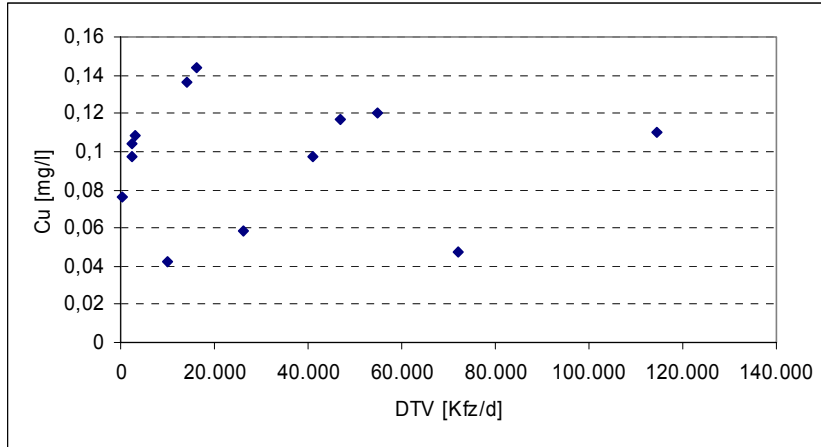
Belastungen von inner-  
 und außerörtlichen  
 Straßen

27.11.2006

Dr.-Ing. U. Kasting

# Stoffkonzentrationen

## Abhängigkeit DTV ?



Daten ergänzt um  
Ergebnisse von  
innerörtlichen Straßen aus  
Hamburg von  
DANNEKER et al. 1988

Workshop  
Niederschlagswasserbe-  
seitigung in Deutschland

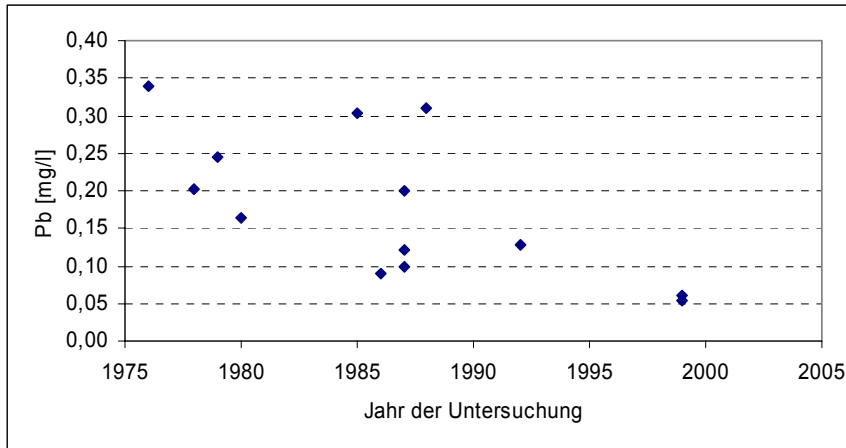
Belastungen von inner-  
und außerörtlichen  
Straßen

27.11.2006

Dr.-Ing. U. Kasting

# Stoffkonzentrationen

## Abhängigkeit Zeit



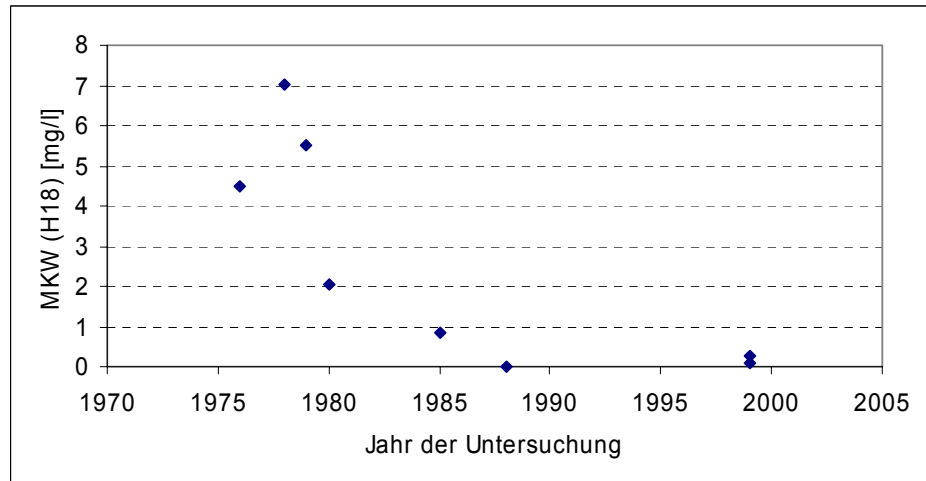
Workshop  
 Niederschlagswasserbe-  
 seitigung in Deutschland

Belastungen von inner-  
 und außerörtlichen  
 Straßen

27.11.2006

Dr.-Ing. U. Kasting

Daten ergänzt um  
 Ergebnisse von  
 innerörtlichen Straßen aus  
 Hamburg von  
 DANNEKER et al. 1988



## Zusammenfassung / Ausblick

Workshop  
Niederschlagswasserbe-  
seitigung in Deutschland

Belastungen von inner-  
und außerörtlichen  
Straßen

27.11.2006

Dr.-Ing. U. Kasting

- Straßenabflüsse beinhalten nur Anteil der Emissionen aus dem Straßenraum
- Funktionale Belastung der Straßenabflüsse derzeit nicht ableitbar
- Abhängigkeit von der Zeit für Pb, MKW und vom DTV für CSB (PAK) erkennbar
- Untersuchungsbedarf im Bereich von Straßen mit geringer Verkehrsbelastung (inner- und außerörtlich)