

Bilanzierung der Einträge von Kupfer, Zink und Blei Teil 2

Dominik Toussaint, Thomas Hillenbrand

Fraunhofer ISI, Karlsruhe

Abschlussfachgespräch

24.06.2004

Umweltbundesamt, Berlin

Trinkwasserversorgung (1)

Verwendung: Hausinstallationen aus Kupfer, Messing, Rotguss, verzinktem Stahl und in Altbauten z.T. Blei

Emissionsrelevanter Prozess: Korrosion, Abschwemmung, Entzinkung

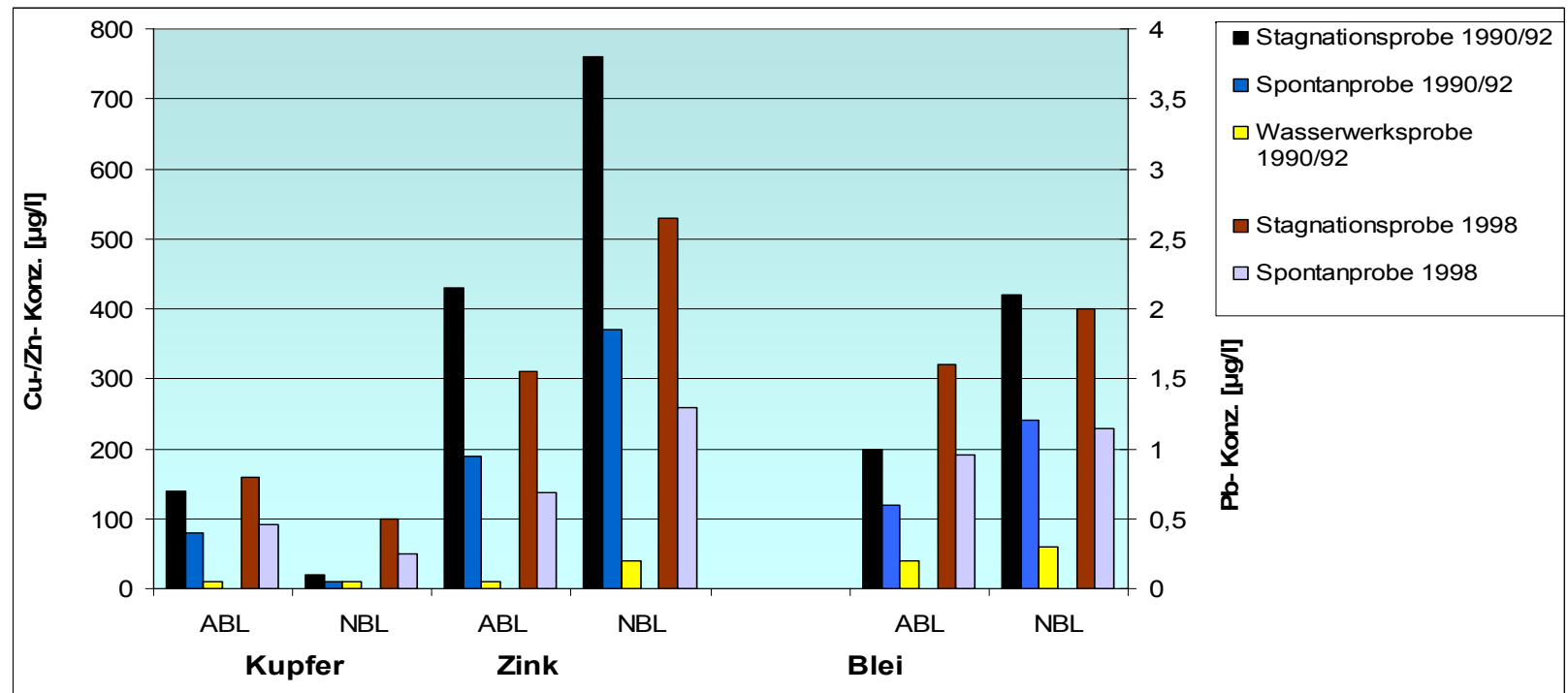
Eingangsparameter:

- Wasserwerkskonzentrationen auf Basis des Umweltsurvey 1990/92 und 1998 (Becker, 1997; Krause, 2001)
- Rohwasserbedingter Anteil (über Konzentrationen der Wasserwerksproben)
- Trinkwasserverbrauch in Deutschland in 2001 (StBA, 2003)

Trinkwasserversorgung (2)

Berechnungsgrundlage Umwelt-Survey:

- Erhebungen 1990/92 (Stagnationsprobe und Spontanprobe; ca. 4000 Proben) und 1998 (nur Stagnationsprobe; ca. 4800 Proben)
 --> Abschätzung der Spontanproben-Konzentrationen für 1998 anhand des Verhältnisses von 1990/92
- 1990/92: parallele Beprobung von Wasserwerksproben



Trinkwasserversorgung (3)

	Kupfer [t/a]	Blei [t/a]	Zink [t/a]
Emissionen Trinkwasserversorgung	329	3,75	580
davon: rohwasserbedingt (Abgabe durch das Wasserwerk)	38	0,8	52
Gewässer:	72	0,6	152
Boden:	143	1,8	255
Deponie:	114	1,3	173

Verzinkung

Zinkverbrauch der Oberflächenveredelungsbetriebe in Deutschland zum thermischen Verzinken (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle - BAFA, Sonderauswertung 2003)

Bereich	1998	1999	2000	2001	2002
Stückverzinken	88.529 t	86.728 t	95.229 t	99.109 t	95.420 t
Bandverz.(th.+elek.)	118.103 t	116.544 t	132.389 t	107.842 t	122.979 t
Drahtverzinken	4.420 t	2.584 t	5.042 t	4.815 t	4.849 t
Rohrverzinken	840 t	926 t	2.497 t	1.221 t	383 t
Summe	211.893 t	208.680 t	235.156 t	212.987 t	223.631 t

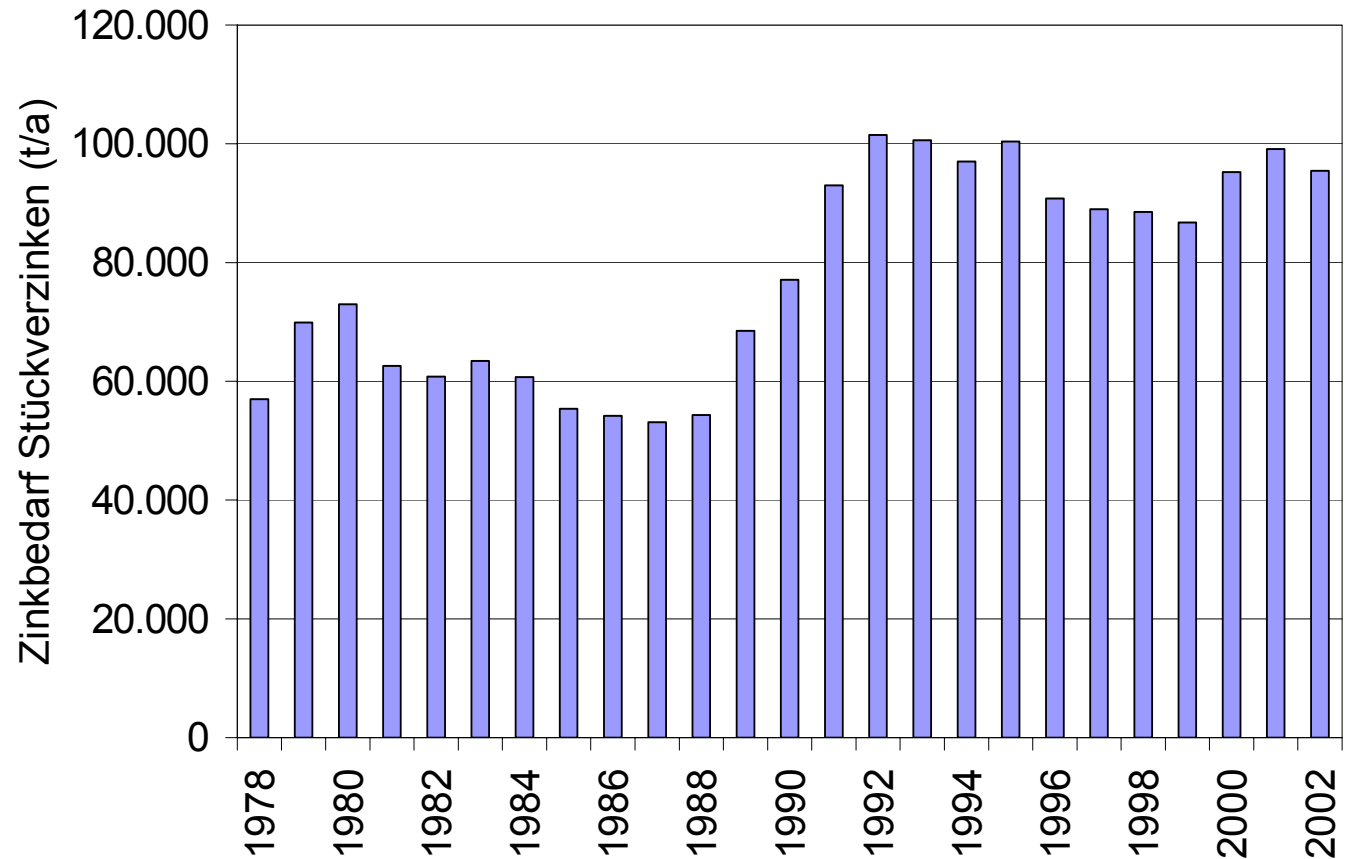
Spritzverzinken **30.000 t/a** (1999, **weltweit (!)**; GTS-Strahl, Okt. 2000)

Galv. Verzinken Keine Daten verfügbar (StBA, BAFA, DGO)

Stückverzinken (1)

Verwendung: Zink als Korrosionsschutzschicht

Emissionsrelevanter Prozess: Korrosion (Umwelt) und resultierende Abschwemmung



Stückverzinken (2)

Ausgangsparameter:

- Inlandsproduktion stückverzinkter Produkte 2001 (IFG, 2003):

Bauwesen	630.000 t/a	Transportwesen	85.000 t/a
Straßenausrüstung	116.000 t/a	Befestigungsteile	66.000 t/a
Ver-/Entsorgung	88.000 t/a	Industrieausrüstung	213.000 t/a
Landwirtschaft	97.000 t/a	Sonstige	76.000 t/a

Gesamtmenge **1.370.000 t/a**

Kontrollrechnung: Aufgebrachte Zinkmenge (Basisjahr 2001):

61.000 t/a (bei **90 bis 140 µm** Schichtdicke und **45 bis 85 m²/t**; IFG, 2004)
ca. 70.000 t/a (BAFA, 2003: **ca. 95.000 t/a** abzgl. verfahrensbedingte Zinkverluste **25 bis 30 %**)

- Netto-Importfaktor: **1,0** (IFG, 2004)
- Bestand stückverzinkte Produkte ehem. DDR (1978 bis 1990): **50 %** der Ausstattung in BRD

Stückverzinken (3)

Ausgangsparameter (Fortsetzung):

- Außenanteil, differenziert nach Anwendungsbereich: Straßenausrüstung **80 %**; Landwirtschaft und Industrieausrüstung **30 %**; Bauwesen, Ver-/Entsorgung, Transportwesen, Sonstiges **20 %**; Befestigungsteile **5 %**; (eigene Schätzung, abgestimmt mit IFG, 2004)
- Lebensdauer: **15 bis 25** Jahre (IFG, 2004)
- Korrekturfaktor Ausrichtung: **0,8 bzw. 0,95** (Straßenausrüstung wg. Spritzwasser, Streusalz; eig. Schätz.)
- Anteil Duplex-Beschichtung: **5 bis 20 %** (Zeitraum 1978 bis 1990), **15 bis 30 %** (Zeitraum 1991 bis 2002) (eigene Schätzung, abgestimmt mit IFG, 2004)
- Abschwemmrate: **3,0 g/(m².a)**

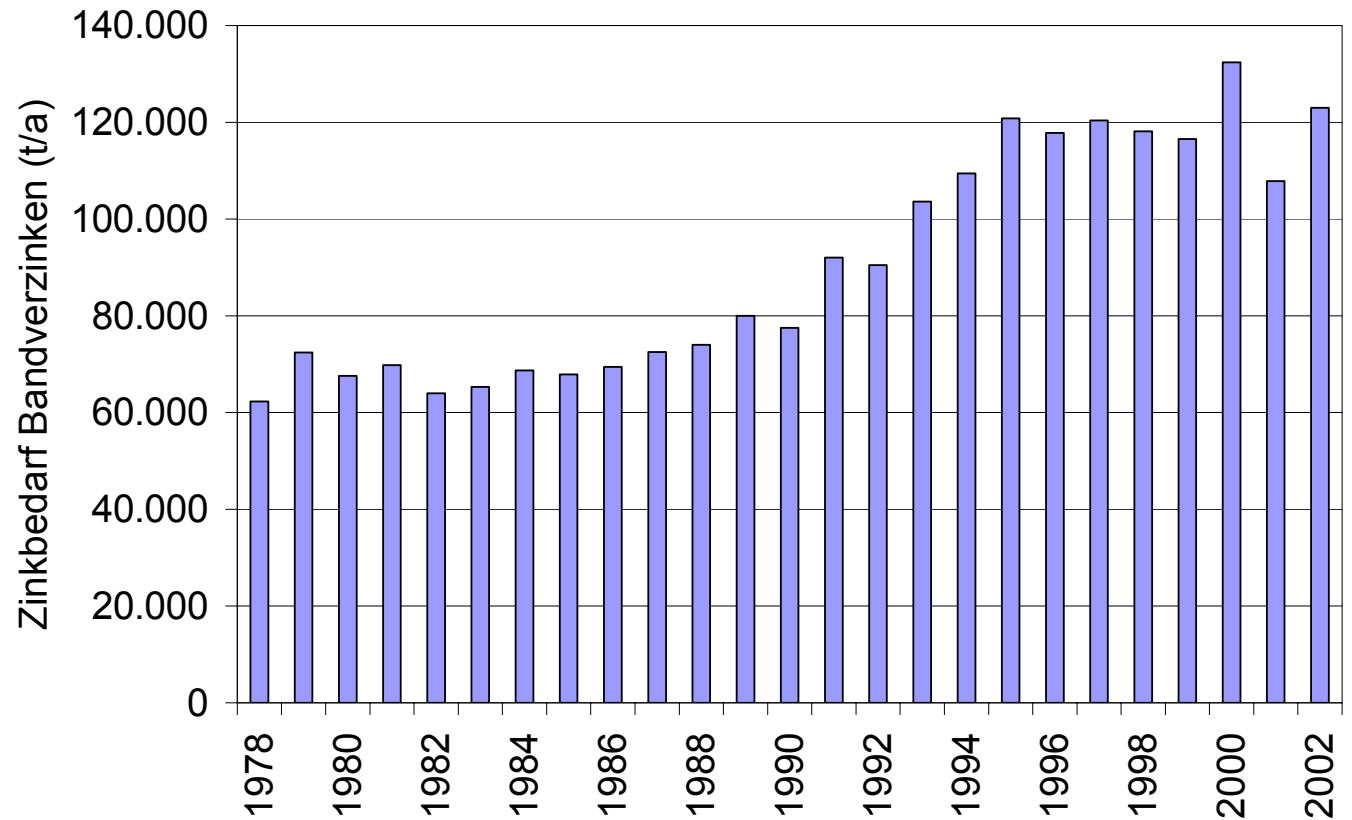
Emissionen: Zinkmenge: **783 t/a**

Einträge: Gewässer: **204 t/a**
Boden: **551 t/a**
Deponie: **28 t/a**

Bandverzinken, kontinuierlich (thermisch und elektrolytisch) (1)

Verwendung: Zink als Korrosionsschutzschicht

Emissionsrelevanter Prozess: Korrosion (Umwelt) und resultierende Abschwemmung



Bandverzinken, kontinuierlich (thermisch und elektrolytisch) (2)

Ausgangsparameter:

- Inlandsproduktion kontinuierlich verzinkter Bänder und Bleche 2002 (Stahlinstitut VDEh, 2003):

Handel (Stahl-Service-Center)	2.880.000 t/a	sehr breites Produktspektrum (z.B. RLT)
Automobil	2.448.000 t/a	vor allem Karosseriebleche
Kurzwaren	900.000 t/a	Blechteile
Bauhauptgewerbe	684.000 t/a	„Dach und Wand“, davon 372.000 t/a beschichtet
Gesamtmenge	6.912.000 t/a	Import und Export jeweils ca. 3.300.000 t/a

Kontrollrechnung: Aufgebrachte Zinkmenge (2002):

122.979 t/a Zink ergeben bei **10 µm** Schichtdicke, **1 mm** Blechstärke und doppelseitiger Verzinkung
ca. 6.600.000 t/a Stahlbleche/-bänder; unklar: elektrolytische Beschichtung

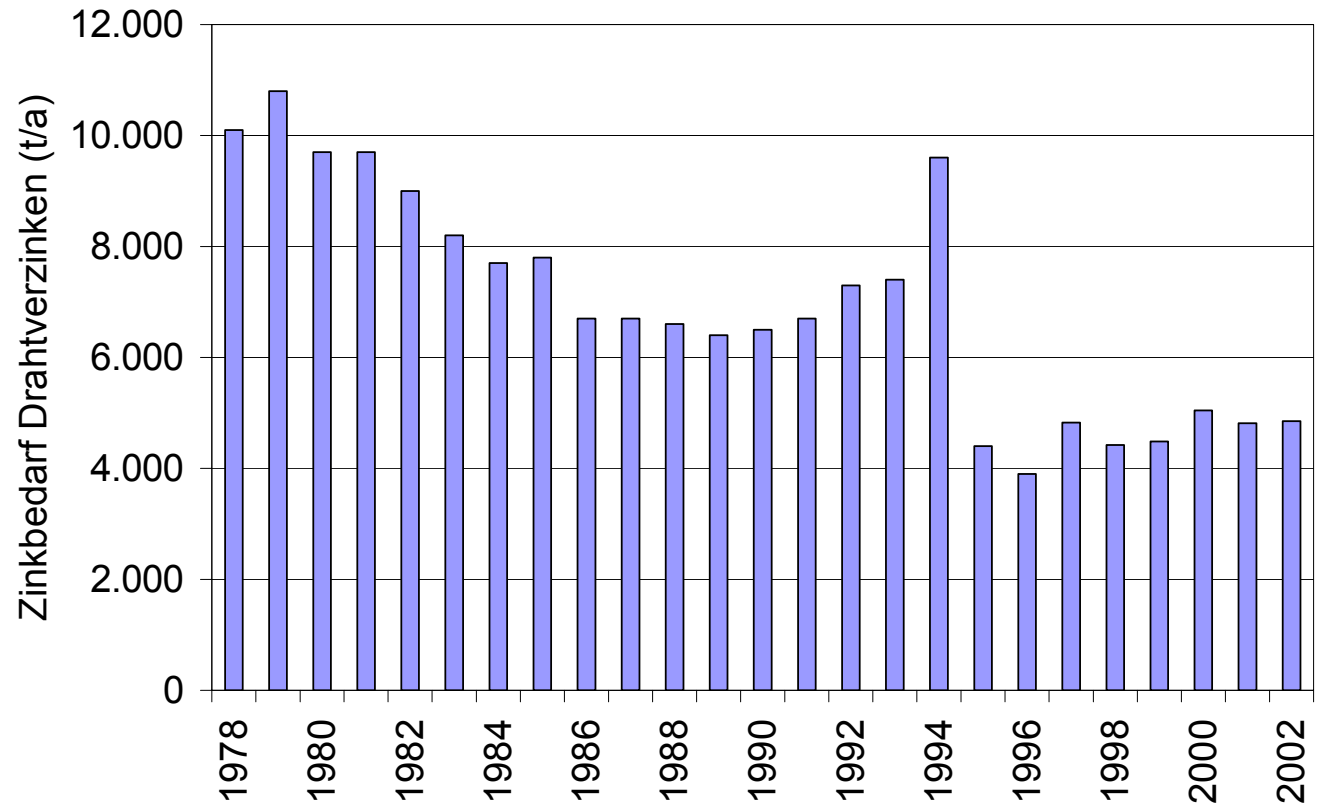
Im Außenbereich nur Bleche für Bauhauptgewerbe. Alle anderen Produkte entweder beschichtet oder im Innenbereich anzutreffen.

---> Zinkemissionen und -einträge bereits bei Zinkbedachung/Fassadenverkleidung berücksichtigt.

Drahtverzinken (1)

Verwendung: Zink als Korrosionsschutzschicht

Emissionsrelevanter Prozess: Korrosion (Umwelt) und resultierende Abschwemmung



Drahtverzinken (2)

Ausgangsparameter:

- Einsatzmenge verzinkter Eisen- und Stahldraht 2002 (Eisendraht- und Stahldrahtvereinigung 2003):

	Eisendraht	Stahldraht	Summe
Inlandsproduktion	25.000 t/a	15.000 t/a	40.000 t/a
Import	70.000 t/a	26.000 t/a	96.000 t/a
Export			kein Export
Gesamt	95.000 t/a	41.000 t/a	136.000 t/a

Kontrollrechnung: Aufgebrachte Zinkmenge (nur Inlandsproduktion 2002):
1.480 t/a (**40.000 t/a** Draht, **2 mm** mittlerer Durchmesser, **20 µm** Schichtdicke)
ca. 4.800 t/a (BAFA, 2003; ---> rechnerische Inlandsproduktion **ca. 130.000 t/a**)

Differenz um Faktor 3 oder mehr; Widerspruch nicht auflösbar!

Drahtverzinken (3)

Ausgangsparameter (Fortsetzung):

- Eisendraht Außenanwendung: **90.000 t/a**, davon:
 - kunststoffummantelt **45.000 t/a** (Eisendraht- und Stahldrahtvereinigung, 2003)
 - verzinkt **45.000 t/a** (Eisendraht- und Stahldrahtvereinigung, 2003)
- Mittlerer Durchmesser: **2 mm** (eigene Schätzung)
- Lebensdauer: **10 Jahre** (eigene Schätzung)
- Abschwemmrate: **3,0 g/(m²·a)**
- Korrekturfaktor Ausrichtung: **1,0** Regenwasser haftet vor Abtropfen längere Zeit am Draht

Emissionen: Zinkmenge: **343 t/a**

Einträge: Boden: **343 t/a**

Wg. unklarem Mengengerüst evtl. deutlich höhere Einträge!

Rohrverzinkung

- Inlandsproduktion praktisch nicht mehr vorhanden.
- Einsatzbereich: Wasser-/Gasleitungen.
- Emissionen bereits an anderer Stelle erfasst.

Spritzverzinken

- Anwendungsbereich vor allem bei Bauwerken im Außenbereich (z.B. Brücken).
- Keine Zink-Emissionen, da wg. rauher und poriger Oberfläche in der Regel organisch beschichtet.

Galvanisches Verzinken

- Keine Daten verfügbar. Bleche und Bänder siehe Bandverzinken.

Fahrdraht Eisenbahnen (Kupfer)

Verwendung: Fahrdrahtmaterial (Elektrolytkupfer, z.T. 0,1 % Silber)

Emissionsrelevanter Prozess: Elektrischer (80 %) und mechanischer (20 %) Verschleiß

Ausgangsparameter:

- Elektrifizierte Strecke **19.700 km** (BMVBW, 2003; steigende Tendenz)
- Fahrdraht-Querschnitt **100 mm²** (Deutsche Bahn, 2004)
- Austauschkriterium **20 %** (Deutsche Bahn, 2004; Aufhängungen) ---> Mittelwert **10 bis 15 %**
- Mittlere Lebensdauer **20 a** (Deutsche Bahn, 2004)

Emissionen: Kupfermenge **112 t/a**

Einträge:

Gewässer	5 t/a (max. 5 %)
Boden	107 t/a
Deponie	1 t/a

Fahrdraht Straßenbahnen (Kupfer)

Verwendung: Fahrdrahtmaterial (Elektrolytkupfer, häufig 0,1 % Silber)

Emissionsrelevanter Prozess: Elektrischer (80 %) und mechanischer (20 %) Verschleiß

Ausgangsparameter:

- Elektrifizierte Strecke **2.200 km** (BMVBW, 2003; steigende Tendenz)
- Fahrdraht-Querschnitt **120 mm²** (KVV, 2004)
- Austauschkriterium **30 %** (KVV, 2004; Aufhängungen) ---> Mittelwert **20 %**
- Mittlere Lebensdauer **10 a** (Hauptstrecken), **25 a** (Nebenstrecken; KVV, 2004)

Emissionen: Kupfermenge **38 t/a**

Einträge: Gewässer **8 t/a** (ca. 50 % der Strecke über Kanal entwässert; KVV, 2004)
Boden **29 t/a**
Deponie **1 t/a**

Pflanzenschutzmittel (Kupfer)

Verwendung: Kupfer als Fungizid in der Landwirtschaft

emissionsrelevanter Prozess: verwendungsbedingter Eintrag in die Umwelt

Ausgangsparameter:

- Einsatz in den Bereichen Hopfen, Wein, Obstanbau, Kartoffelanbau
- Einsatz im Bereich ökologischer Landbau begrenzt über EG-Verordnung 473/2002 (**8** bzw. ab 2006 **6 kg/(ha·a)**); in Deutschland freiwillig auf **3** bzw. **4 kg/(ha·a)** beschränkt.
- nach Meldungen der Hersteller und Vertreiber gemäß § 19 Pflanzenschutzgesetz durchschnittlich **295 t Cu/a** in den Jahren 1997 - 2001

Emissionsmenge: **295 t/a** in die Umwelt, davon überwiegende Menge auf landwirtschaftliche Böden, in geringem Umfang in die Kanalisation (z.B. Reinigung Arbeitsgeräte).

Holzschutzmittel (Kupfer)

- Holzschutzmittelmenge im Bereich Kesseldruck: **ca. 2.000 t/a**
- grobe Abschätzung der enthaltenen Kupfermenge: **ca. 70 – 140 t/a**
Auswaschrates für kupferhaltige Mittel: **ca. 15 %**

Emissionsmenge: 3 bis 8 t/a (überwiegend Boden) --> **unbedeutender Eintragspfad**

Waschmittel (Kupfer)

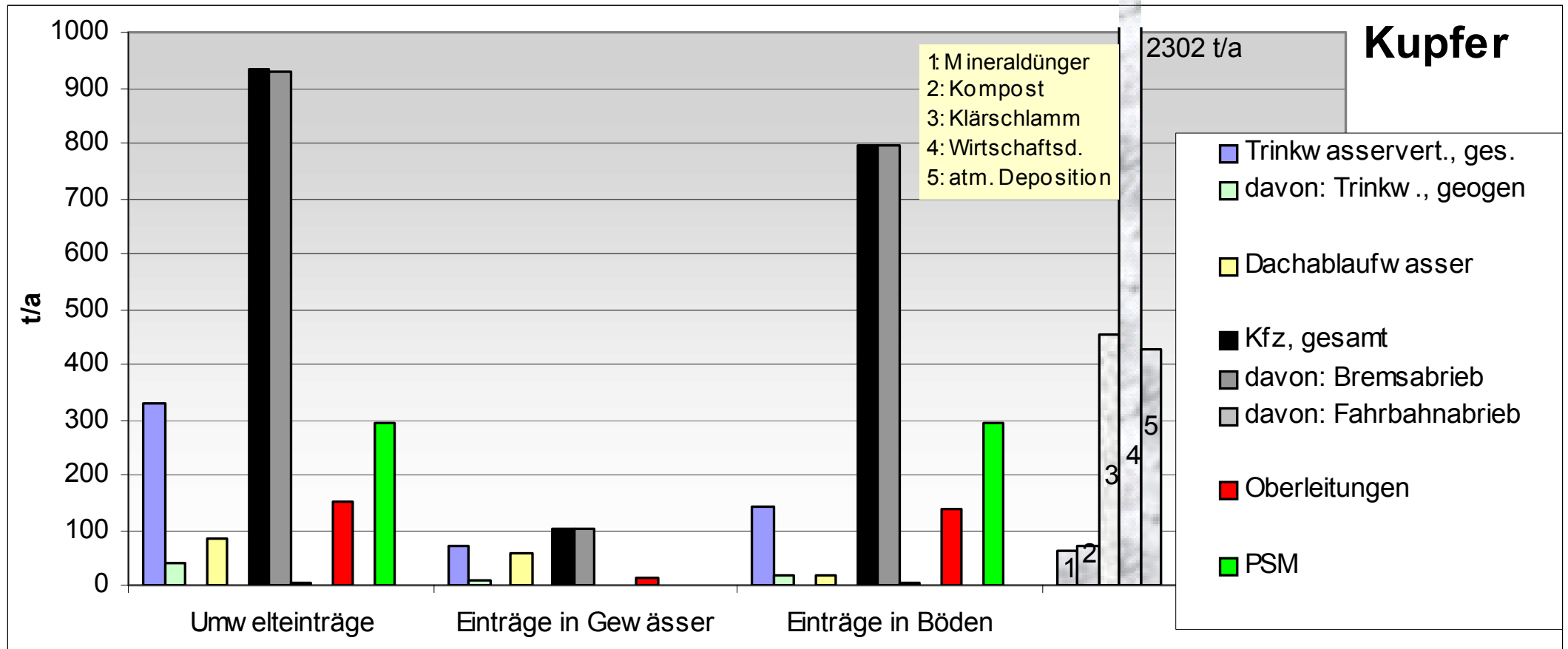
- Auswertung des UBA (Meldungen nach WRMG): **ca. 18 t/a**
nach Messungen zu Cu-Konzentrationen in Waschmitteln: **< 2 t/a**
- Reinigungsleistung kommunale Kläranlagen: **ca. 80 %**

Emissionsmenge: < 0,4 t/a (Gewässer) --> **unbedeutender Eintragspfad**

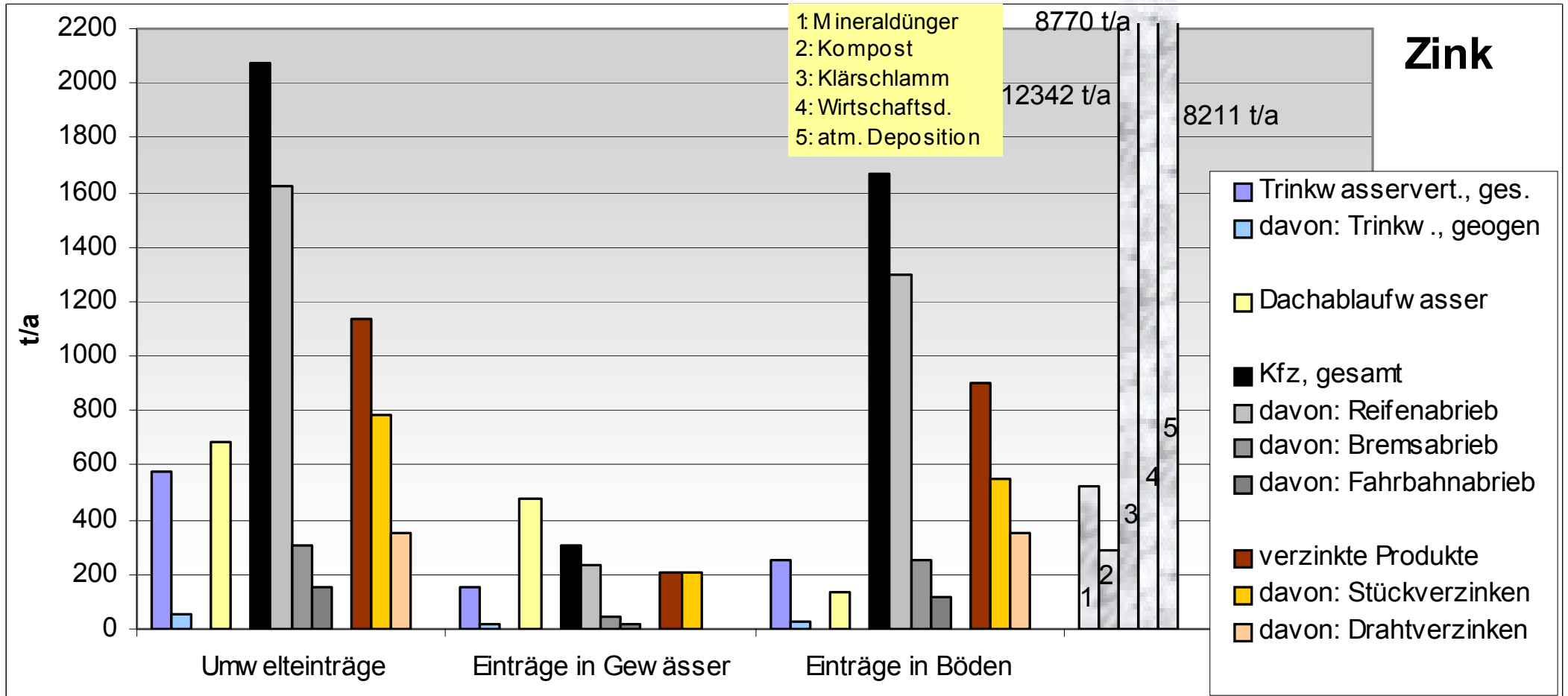
Zink-Pigmente

- **Zinkoxid, Zinksulfid** (Lithophon, Sacholit), **Zinkeisenbraun** (Zn/Fe-Oxid)
----> Gesamtmenge in Deutschland: **< 7.000 t**
- Abschwemmrate kleiner als bei verzinkten Materialien (235.000 t/a Zn) --> **unbed. Eintragspfad**

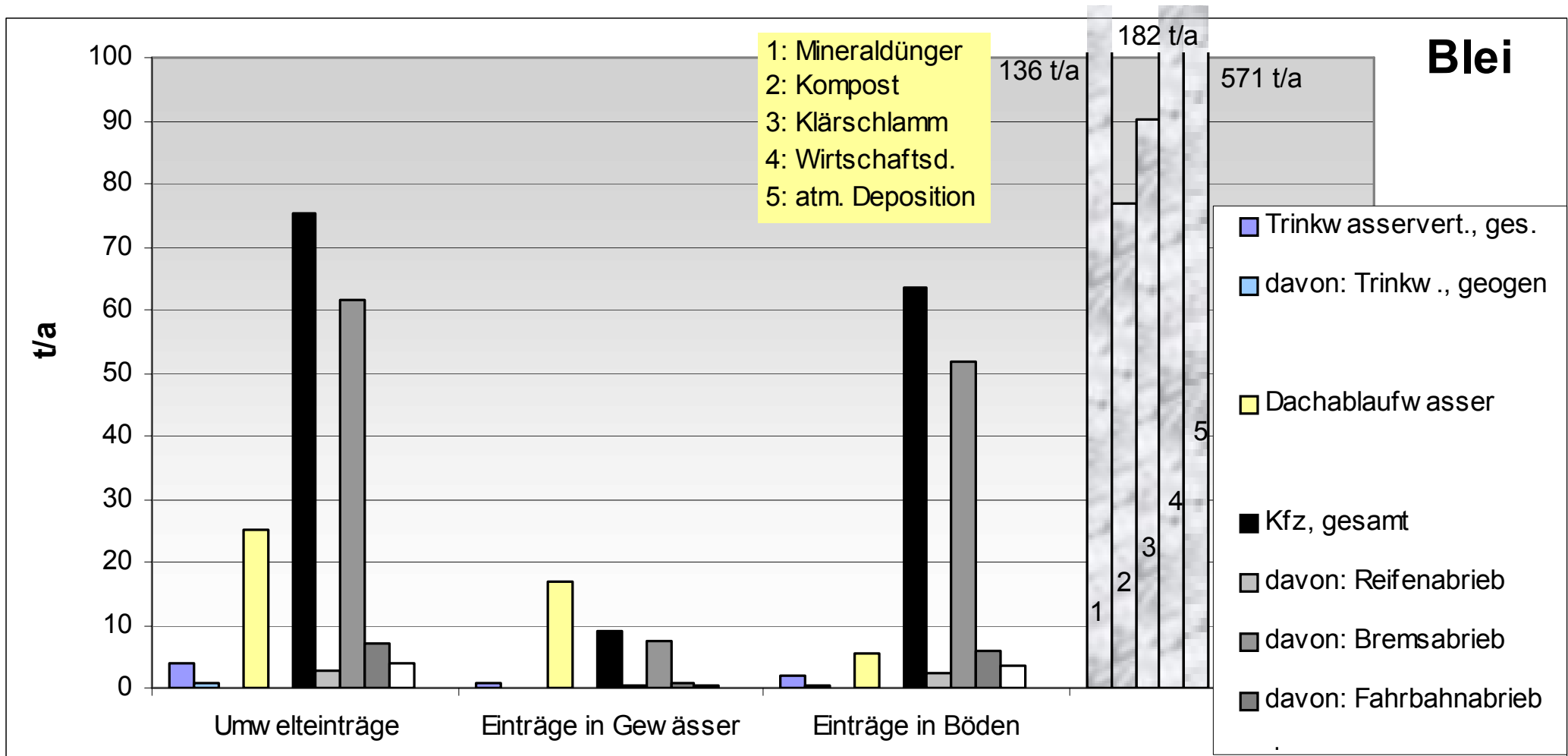
Gesamtergebnisse



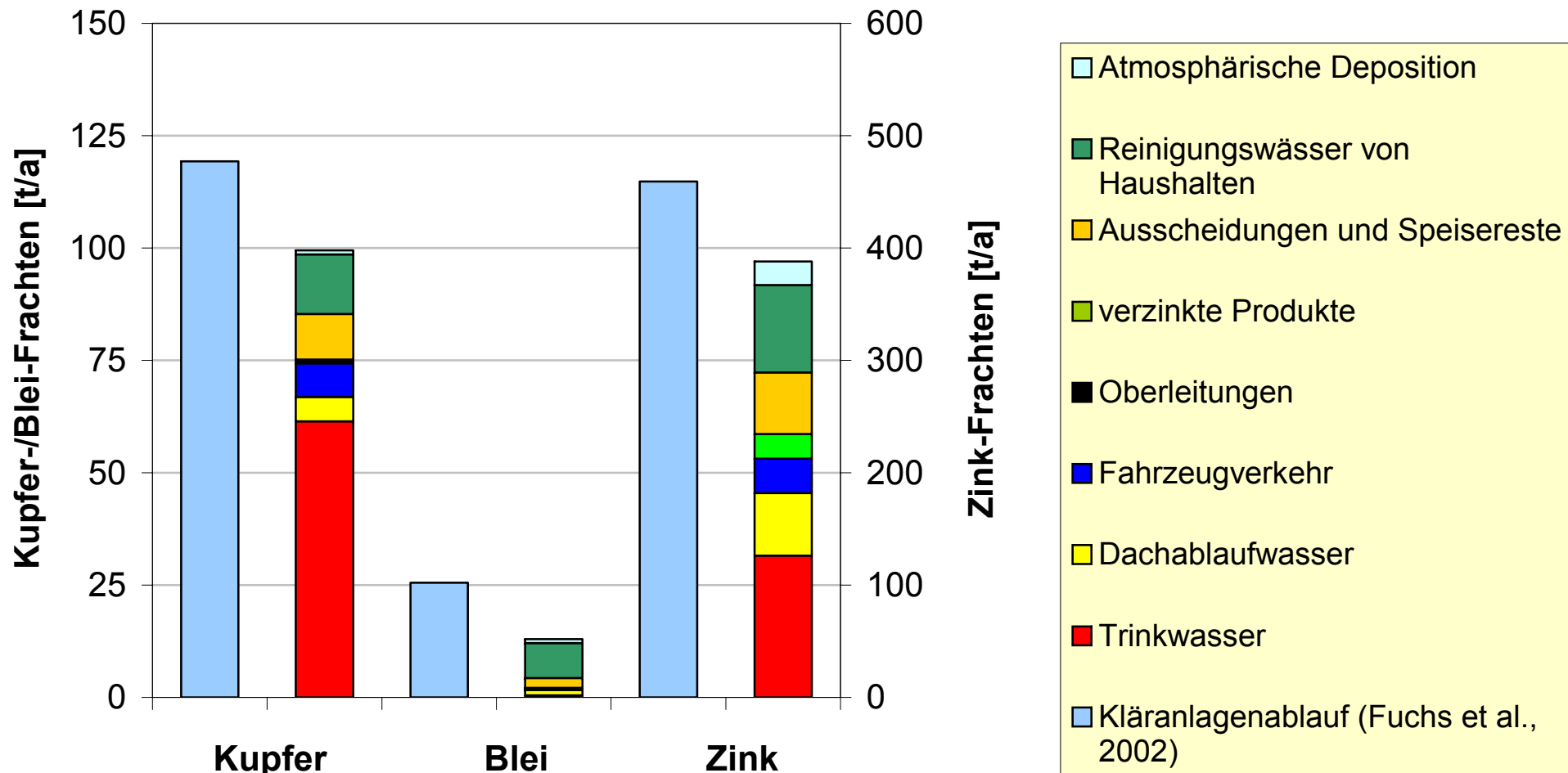
Gesamtergebnisse



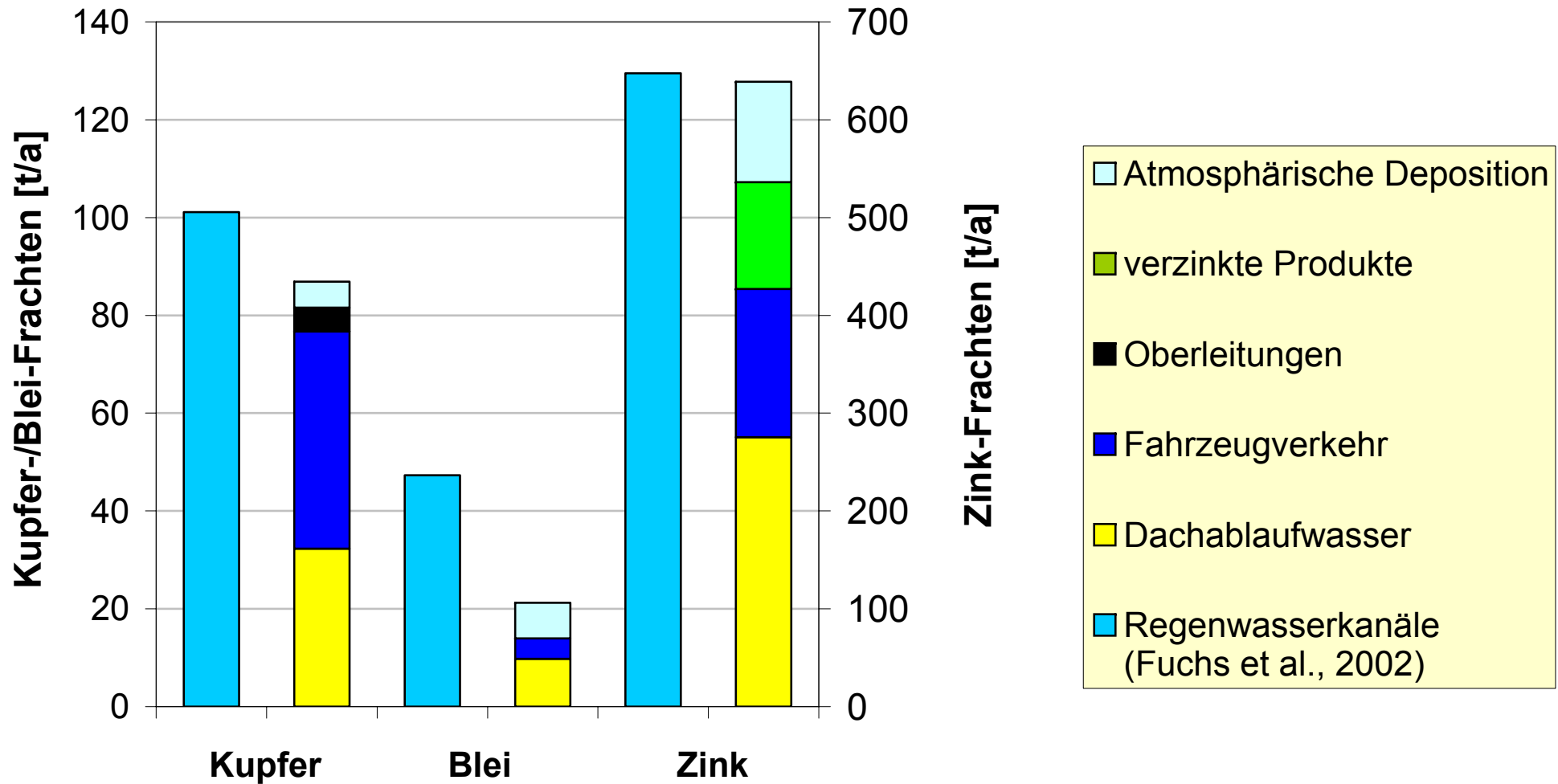
Gesamtergebnisse



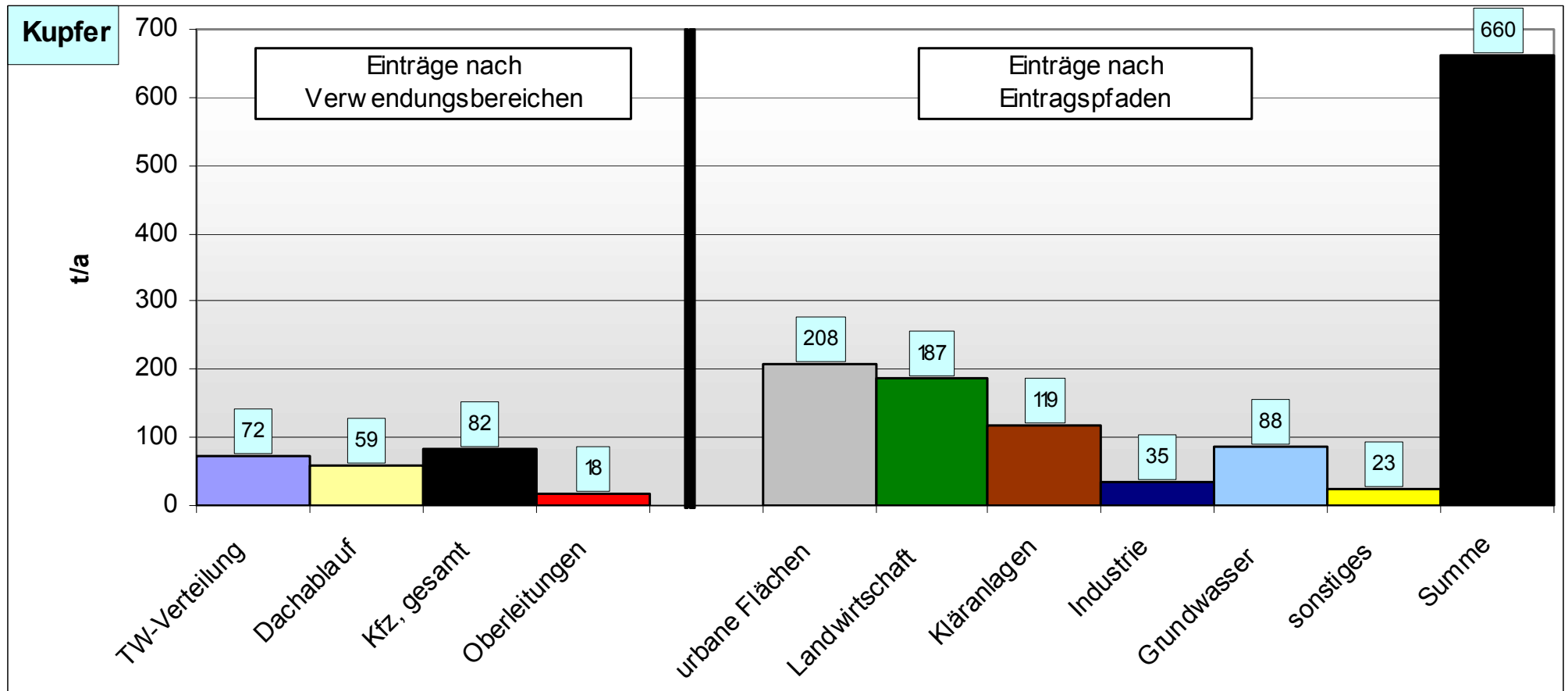
Plausibilitätskontrolle kommunale Kläranlagen



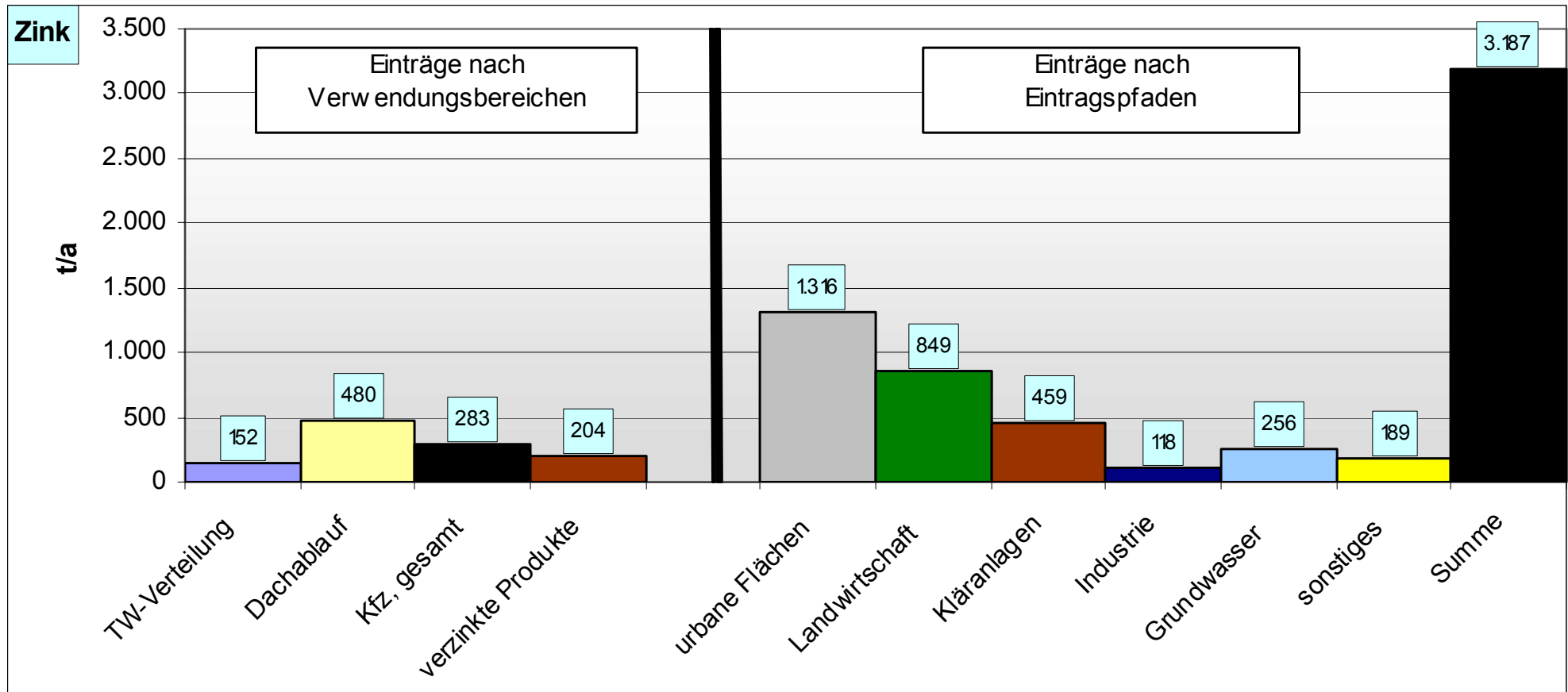
Plausibilitätskontrolle für Oberflächenabflüsse



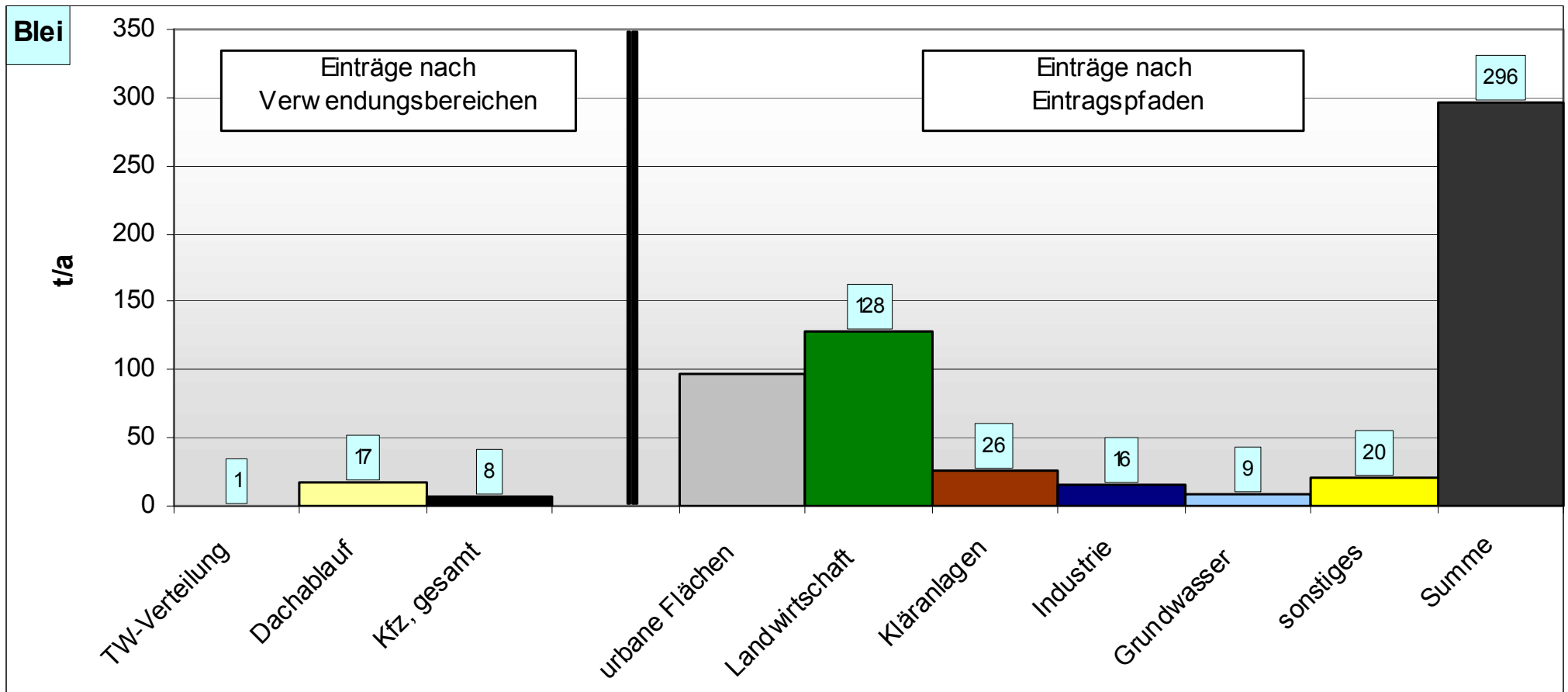
Gesamtergebnisse Einträge in die Gewässer: Vergleich zu eintragungspfadbezogenen Ergebnissen



Gesamtergebnisse Einträge in die Gewässer: Vergleich zu eintragungspfadbezogenen Ergebnissen



Gesamtergebnisse Einträge in die Gewässer: Vergleich zu eintragungspfadbezogenen Ergebnissen



Einträge in die Gewässer - zukünftige Entwicklung

- **TW-Verteilung:** Ersatz von Bleileitungen, Rückgang der Verwendung metallischer Materialien, Anforderungen für den Einsatz von Kupfer

--> langsamer Rückgang der Einträge

- **Dachflächen:** deutliche Zunahme der relevanten Flächen zu erwarten! (bei Blei allerdings großer Teil beschichtet)

--> bei ansonsten gleichen Randbedingungen deutliche Zunahme der Einträge

- **KfZ:** Emissionen hängen von Fahrleistung ab; Prognosen für Entwicklung der Gesamtfahrleistung in D: nur noch geringe Veränderungen

--> nur geringe Veränderungen; (Ausnahme Blei: Rückgang aufgrund EU-Richtlinie)

- **Verzinkung:** Zinkbedarf im Bereich Stückverzinkung relativ konstant, Zunahme der Duplex-Beschichtung

--> tendenziell leicht sinkende Zink-Emissionen

Entwicklung der relevanten Kupfermenge im Dach-/Fassadenbereich

Annahmen:
ab 2004 Verarbeitungsmenge von 35.000 t/a,
50 Jahre
Nutzungsdauer,
20 % Sanierungsanteil

