

# Photokatalytisches System zur Luftaufbereitung im Automobil

Helsa-automotive GmbH & Co KG

Friedrich Schiller Universität Jena  
Institut für Technische Chemie und Umweltchemie

gefördert von der



*DEUTSCHE BUNDESSTIFTUNG UMWELT*  
*WIR FÖRDERN INNOVATIONEN!*

- ▶ Ausgangssituation / Motivation / Zielsetzung
- ▶ Vorentwicklung Laborreaktor
- ▶ Untersuchungen zu Abbauprodukten an 15L-Exsikkator
- ▶ Messung an 880L-Box
- ▶ Zusammenfassung

# Gefundene Substanzen

Quelle:

Schadstoffbelastung in Neuwagen  
Autotest von GLOBAL 2000



## Flüchtige organische Verbindungen im Innenraum

1-Butoxy-2-propanol	3-Methylpentan	Dimethylcyclohexan	Methylcyclohexan	n-Tetradekan	Trimethylhexan
1-Methyl-2-pyrrolidon	4-Methyl-2-pentanon	Dimethylhexan	n-Butanol	n-Tridekan	Trimethylpentan
2-Butanon	4-Methyldekan	Ethanol	n-Dekan	n-Undekan	Trimethylsilanol
2-Butoxyethanol	4-Methylheptan	Ethylacetat	n-Dodekan	Propylcyclohexan	
2-Ethyl-1-hexanol	4-Methyloktan	Ethylbenzol	n-Heptan	Propylenglykol	
2-Methylhexan	5-Methyl-2-hexanon	Ethyltoluol	n-Hexan	Styrol	
2-Propanol	Aceton	iso-Heptan	n-Nonan	Tetrachlorethen	
2,4-Dimethylheptan	Benzol	iso-Hexan	n-Oktan	Texanoldiisobutyrat	
3-Ethylpentan	Benzylalkohol	iso-Pentan	n-Pentadekan	Toluol	
3-Methylhexan	Cyclohexan	m-, p-, o-Xylol	n-Pentan	Trimethylbenzol	

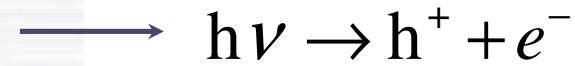
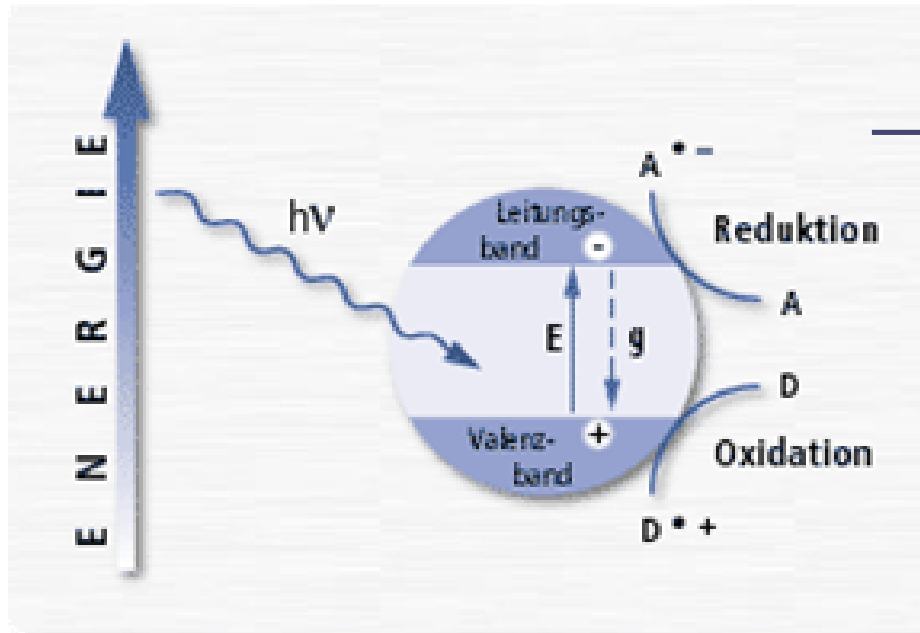
## Substanzen als Beschlag auf der Windschutzscheibe

Deltamethrin	Benzo(a)anthracen	Benzaldehyd
Diethylphthalat	Pyren	Di-n-octylphthalat
Di-n-butylphthalat	Benzo(a)pyren	Isophoron
TBP=Tributylphosphat	Benzo(k)fluoranthren	Nikotin
I-Cyhalothrin	Benzo(b)fluoranthren	Coffein
Dimethylphthalat	Fluoren	Bisphenol A
Carbazol	Benzo(g,h,i)perylen	2,3,4,6-Tetrachlorphenol
TPP=Triphenylphosphat	Acenaphthylen	Pentachlorphenol
TBoEP=Tris(2-butoxyethyl)phosphat	Fluoranthren	TKP=Tri-m-cresyl-phosphat
TEHP=Tris(2-ethylhexyl)phosphat	Anthracen	Phenanthren
TCEP=Tris(2-chloroethyl)phosphat	3-/4-Methylphenol (m-/p-Cresol)	TKP=Tri-p-cresyl-phosphat
TCPP = Tris(2-chloropropyl)phosphat	Nonylphenol techn.	TKP=Tri-o-cresyl-phosphat
TDCPP=Tris(1,3-dichlor-2-propyl)phosphat	Octylphenol	2,6-Dichlorphenol
Indeno(1,2,3-cd)pyren	2-Methylphenol (o-Cresol)	Ethylbenzylphthalat
Dibenzo(a,h)anthracen	Phenol	
4-Chlor-3-methylphenol	Bis(2-ethylhexyl)phthalat	

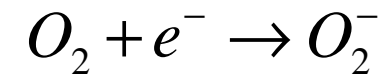
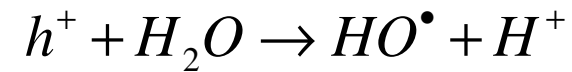
## Photokatalytische Umluftaufbereitung als Ergänzung zum Kabinenluftfilter

- ▶ Verbesserung der Luftqualität im Fahrzeug durch eine zusätzliche Umluftaufbereitung
  - ➔ Reduzierung von Schadgasen
  - ➔ Reduzierung von Gerüchen
  - ➔ Wartungsfreies Long-Life-System
- ▶ Aktivkohlefilter haben Nachteile bei der Umluftaufbereitung aufgrund Desorptionseffekte.

# Funktionsprinzip

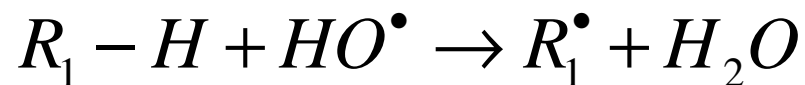


Anwesenheit  
von Wasser



Anatase Phase:  $E = 3,2 \text{ eV} \rightarrow$  Absorption bei 380 nm  
Rutile Phase:  $E = 3,2 \text{ eV} \rightarrow$  Absorption bei 410 nm

Anwesenheit  
von organischen  
Molekülen



# Wichtige Kriterien

- ▶ **Gute Strahlungsausbeute**
  - Optimales Design des Photoreaktors
  - UV-A mit hoher Strahlungsintensität
- ▶ **Gute Adsorption an der TiO<sub>2</sub>-Oberfläche**
  - Möglichst keine Beeinträchtigung der katalytisch wirksamen Oberfläche durch zusätzliche Bindersysteme
- ▶ **Kontaktzeit an der Katalysatoroberfläche**
  - Beleuchtete Katalysatorfläche pro Volumen

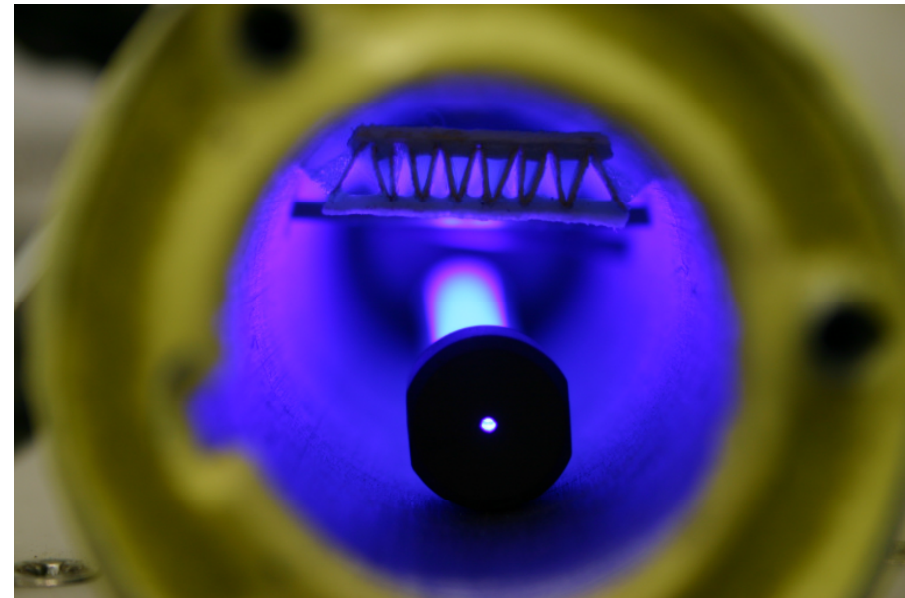
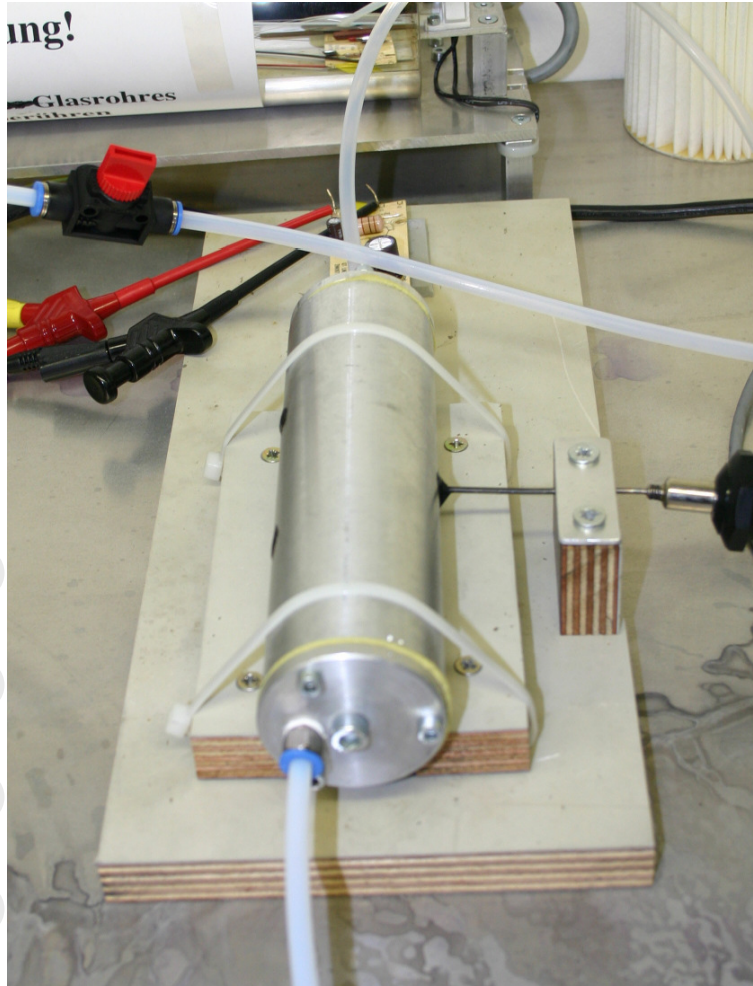


UV-Lampe, die einen beschichteten Filter bestrahlt (Valeo)



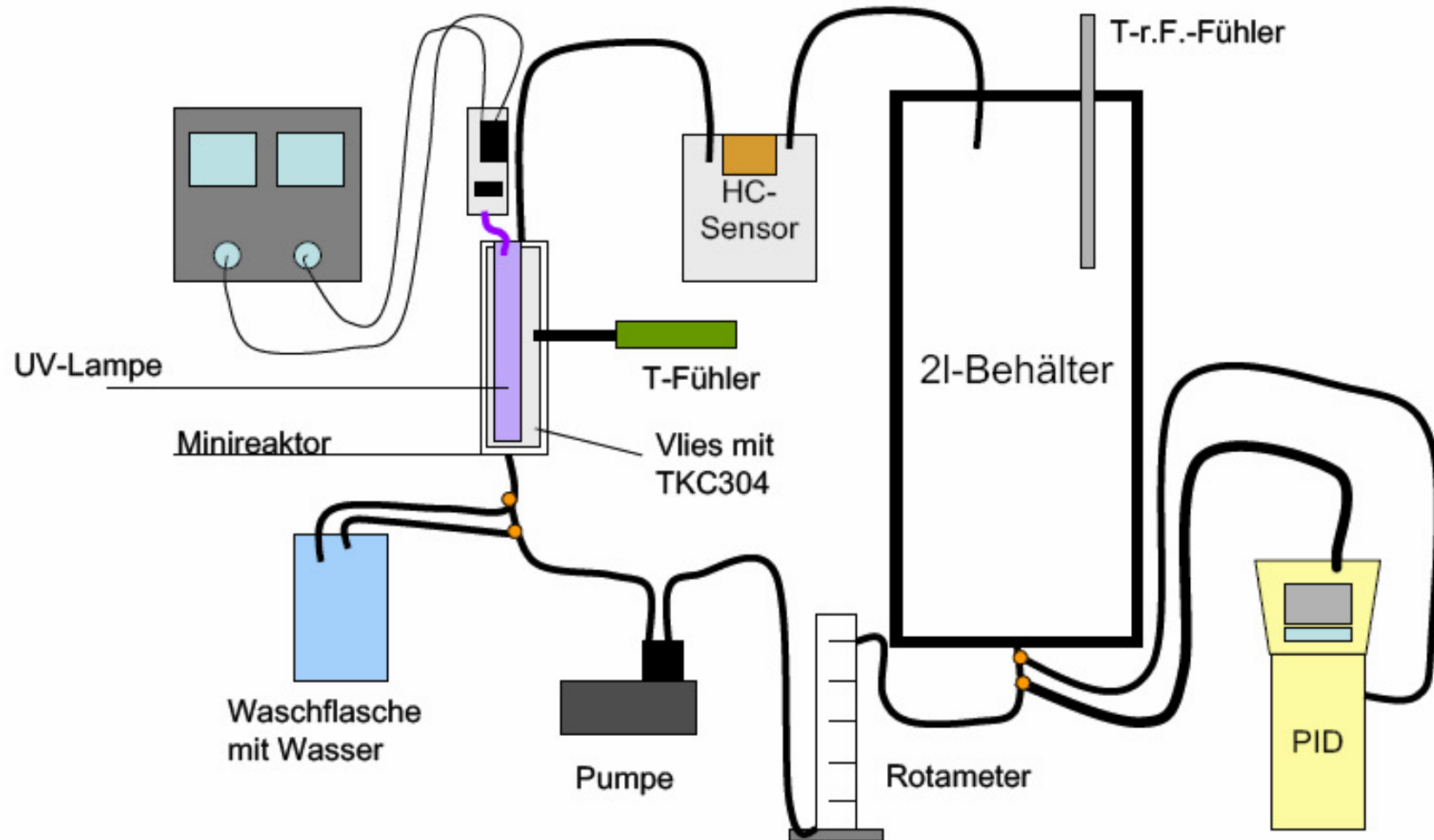
Katalysatorschüttung mit UV-LED's (Toyoda-Gosei)

# Vorentwicklung in 100cm<sup>3</sup>-Laborreaktor

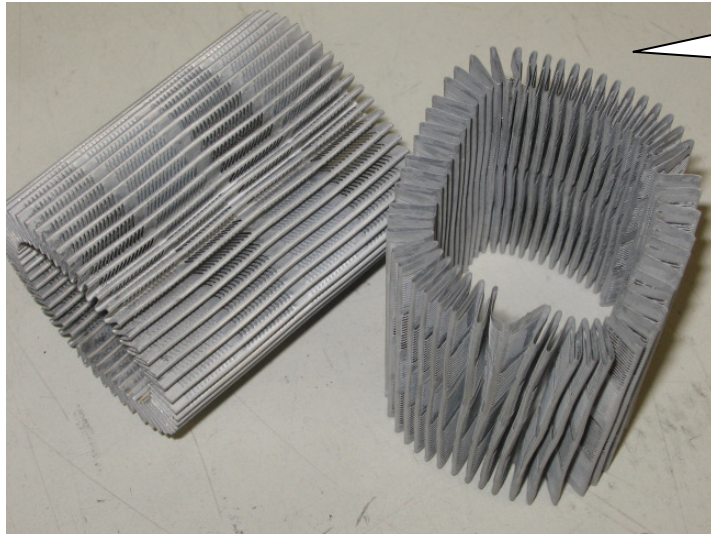




# Testaufbau Laborreaktor

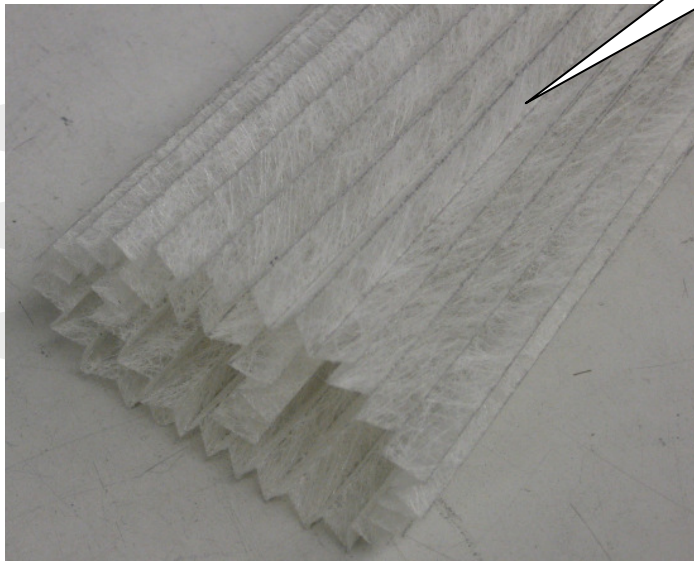


# Katalysatoren und Träger

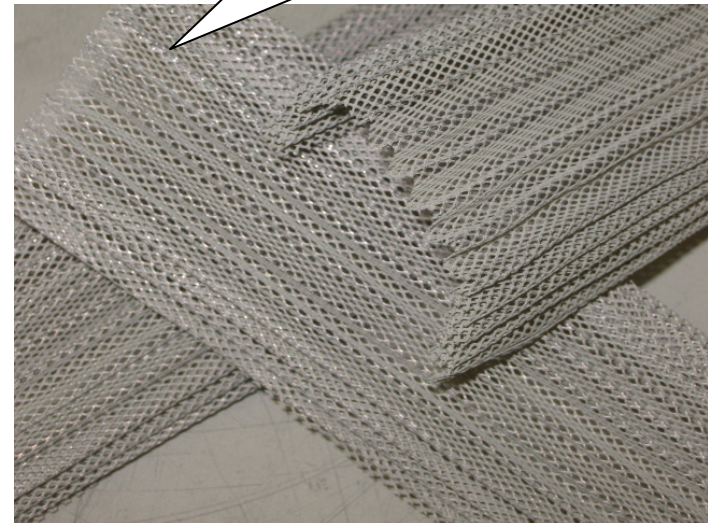


Alu-Minipleat  
Oberfläche angeätzt  
Beschichtet mit TKC304

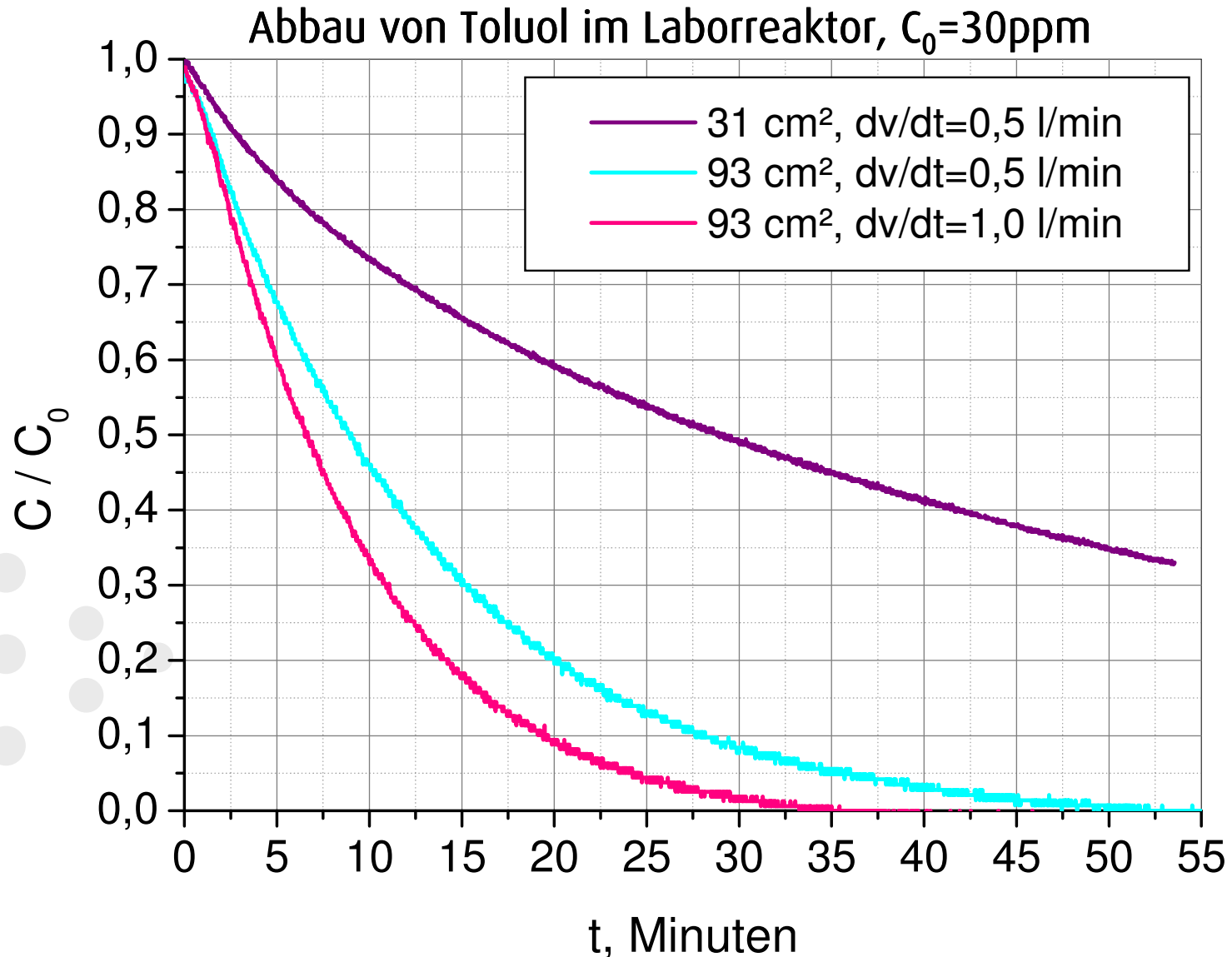
Vlies Bikofasern  
Oberfläche angeätzt  
Beschichtet mit TKC304



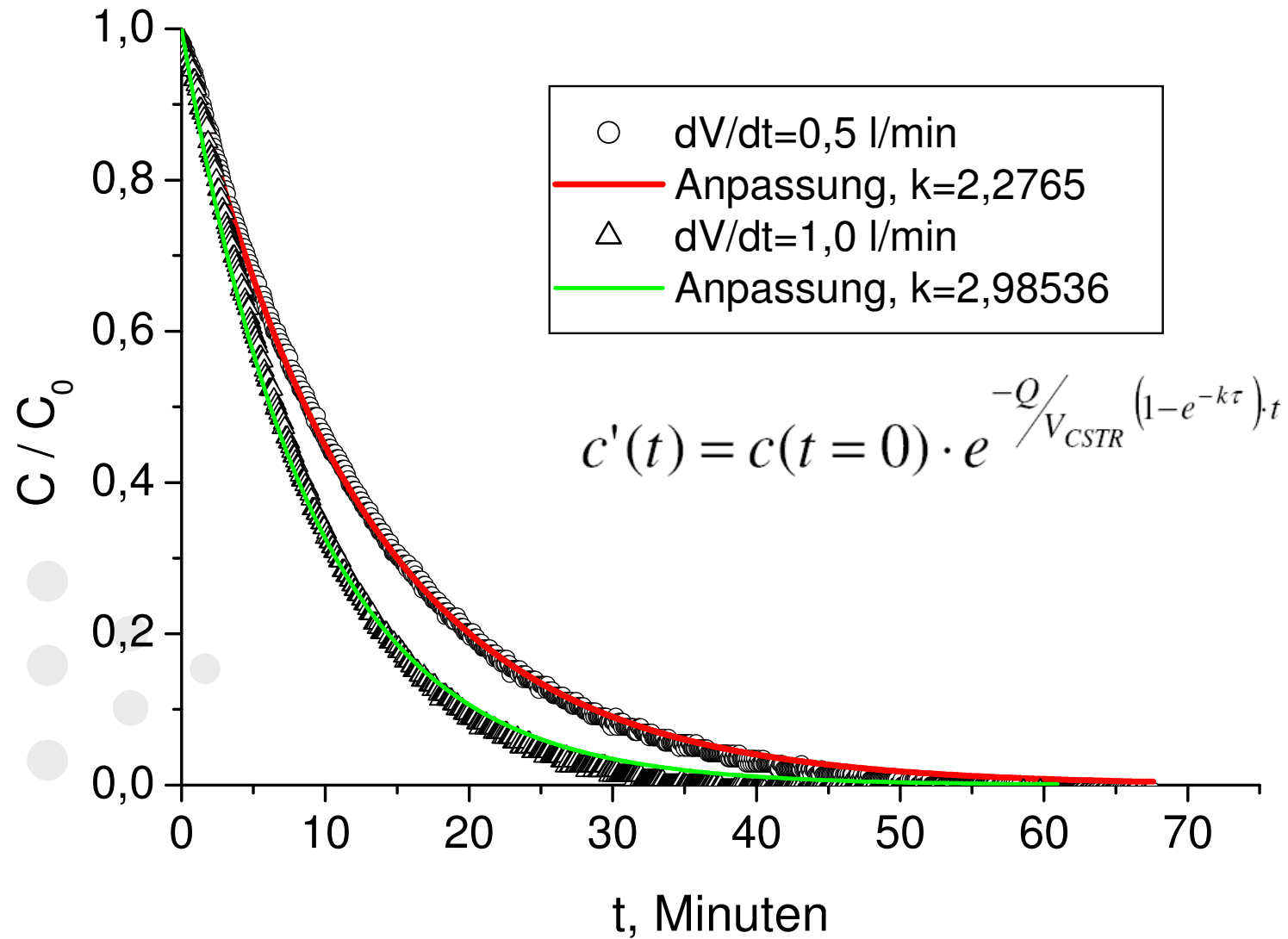
Alu-Mikromasche  
Solectrobeschichtung



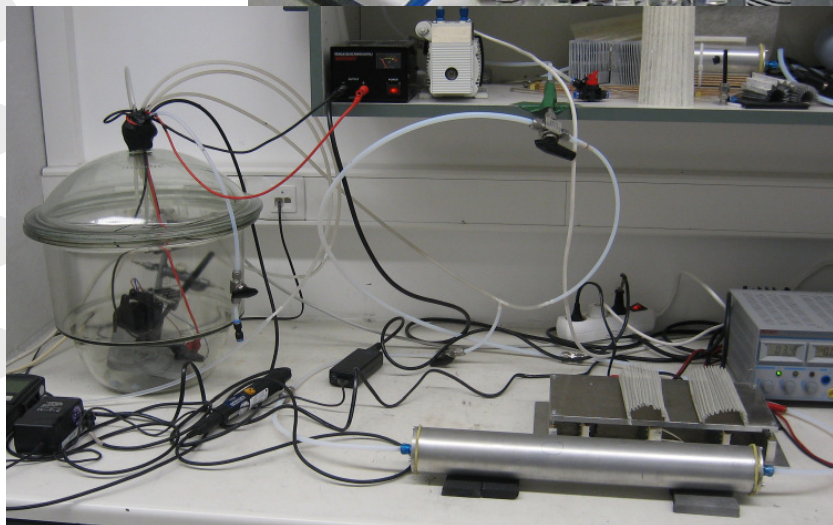
# Vlies mit Tayca TKC304



# Anpassung an exponentiellen Abfall

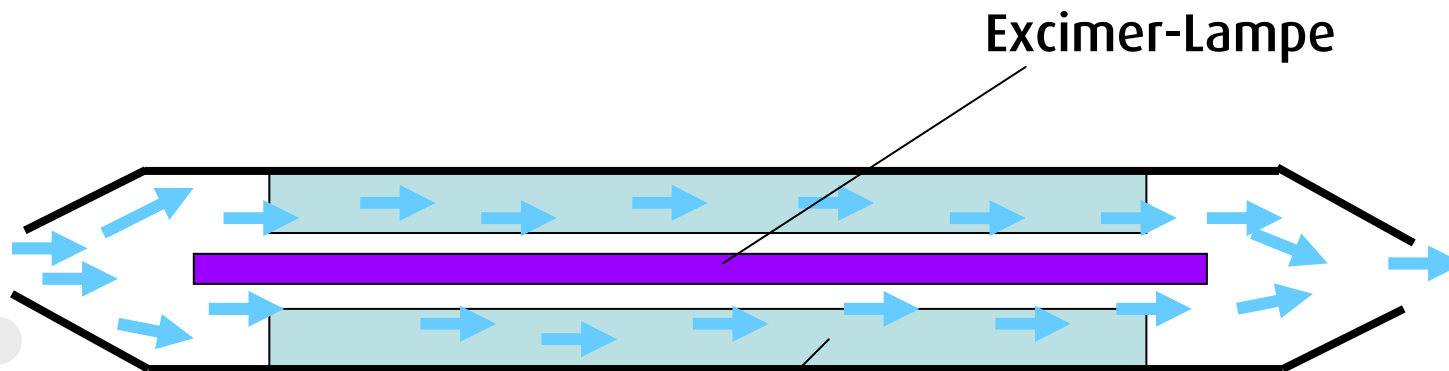
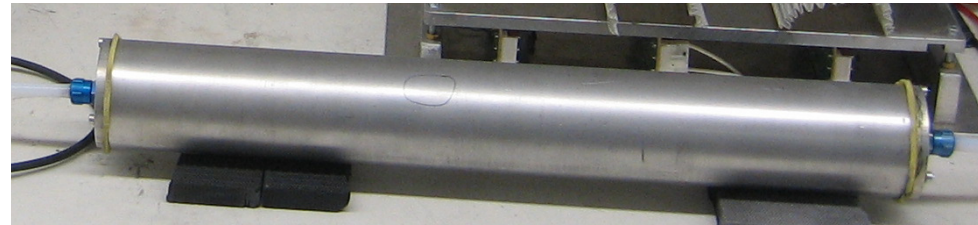


# 15L Exsikkator für GC-MS-Messungen



# Verwendeter Photoreaktor

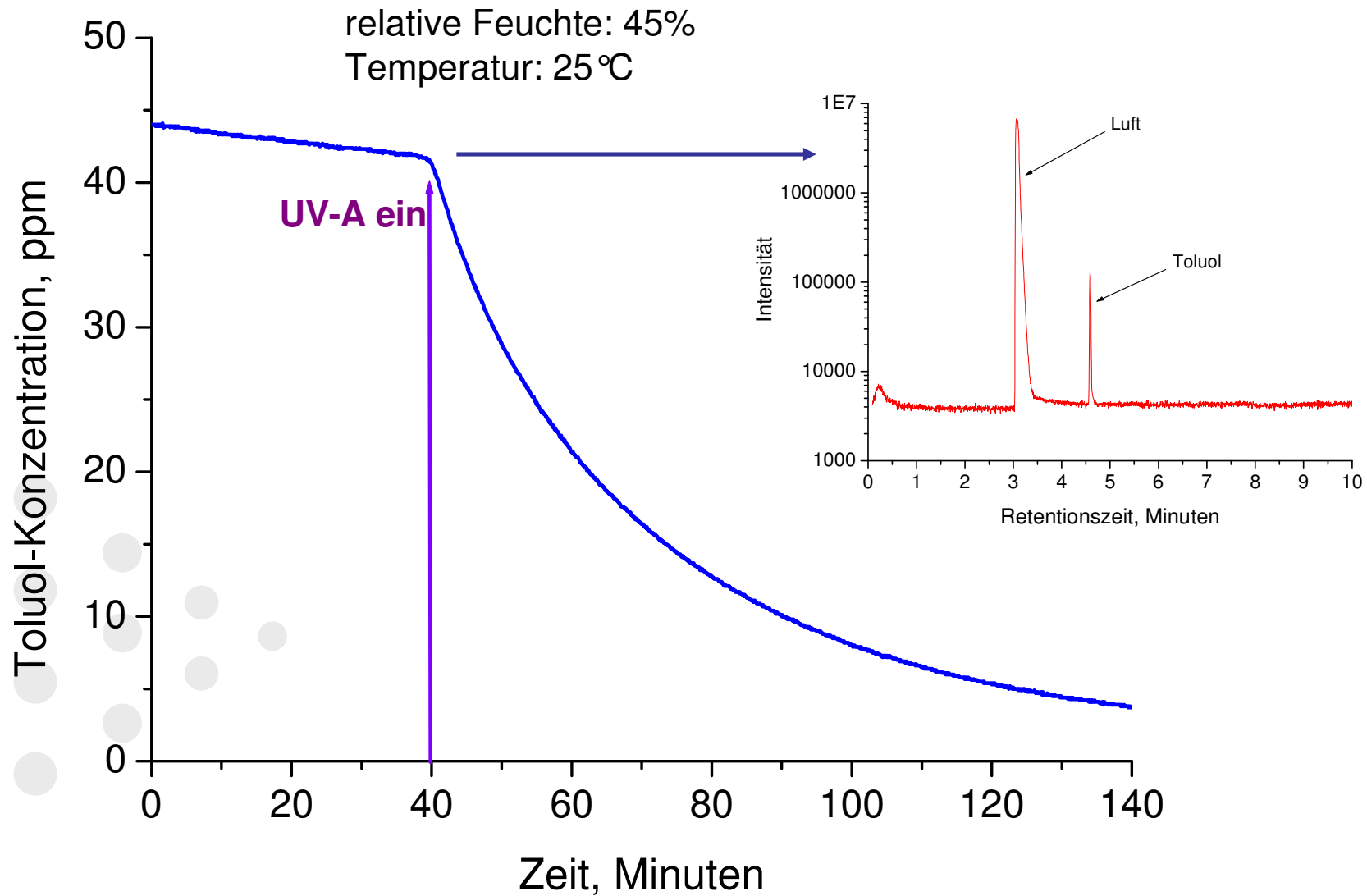
- ▶ Röhre mit 900cm<sup>3</sup> Volumen
- ▶ 1 UV-A Excimer LINEX Lampe 30W
- ▶ Anordnung außerhalb Exsikkator



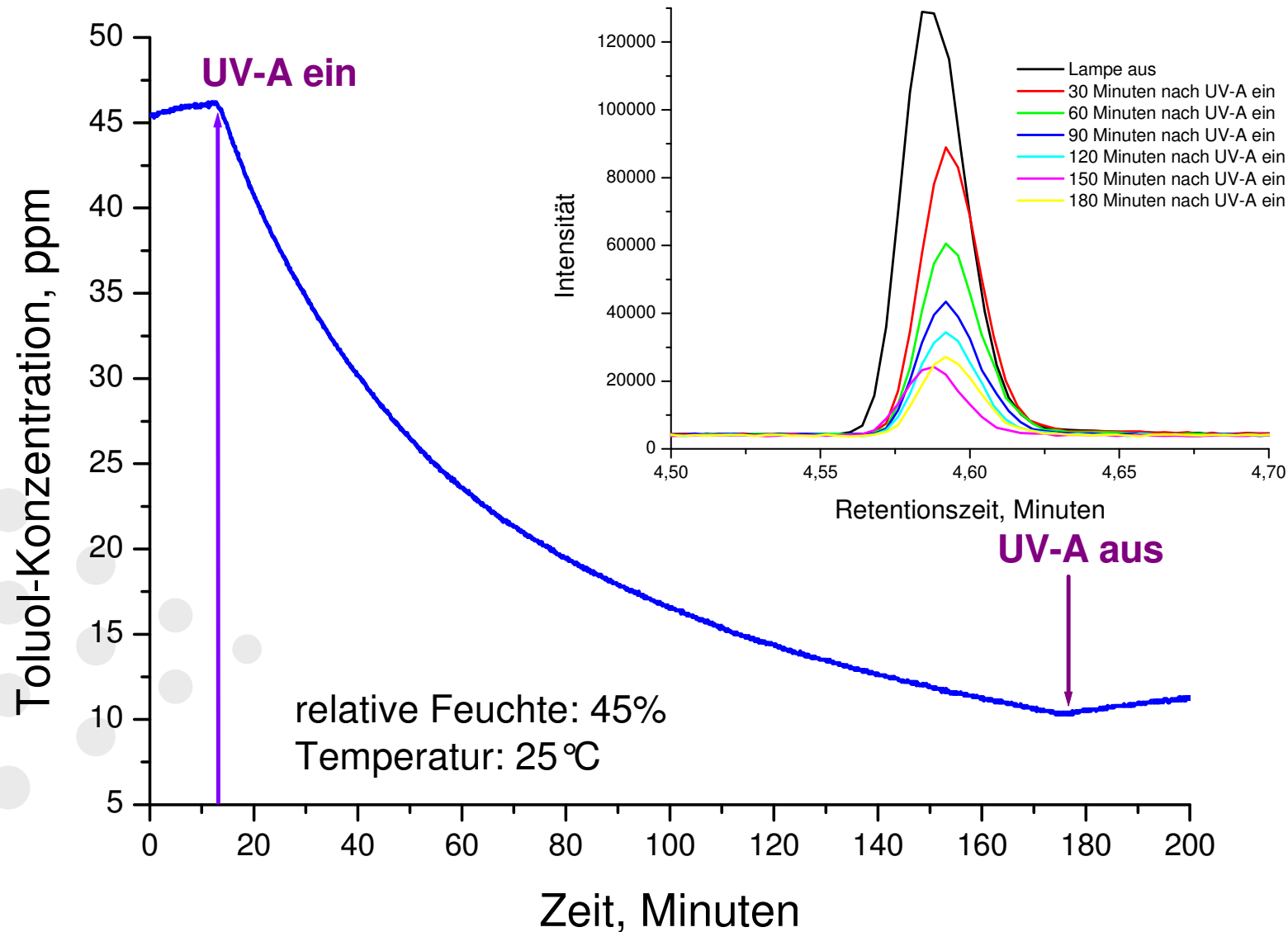
Mit Katalysator beschichteter Träger

1. Vlies / Alu-Minipleat beschichtet mit Tayca TKC304
2. Alu-Streckgitter, Mikromasche, beschichtet mit dem Solectro<sup>®</sup>-Verfahren

# Toluolabbau an Vlies mit Tayca TKC304

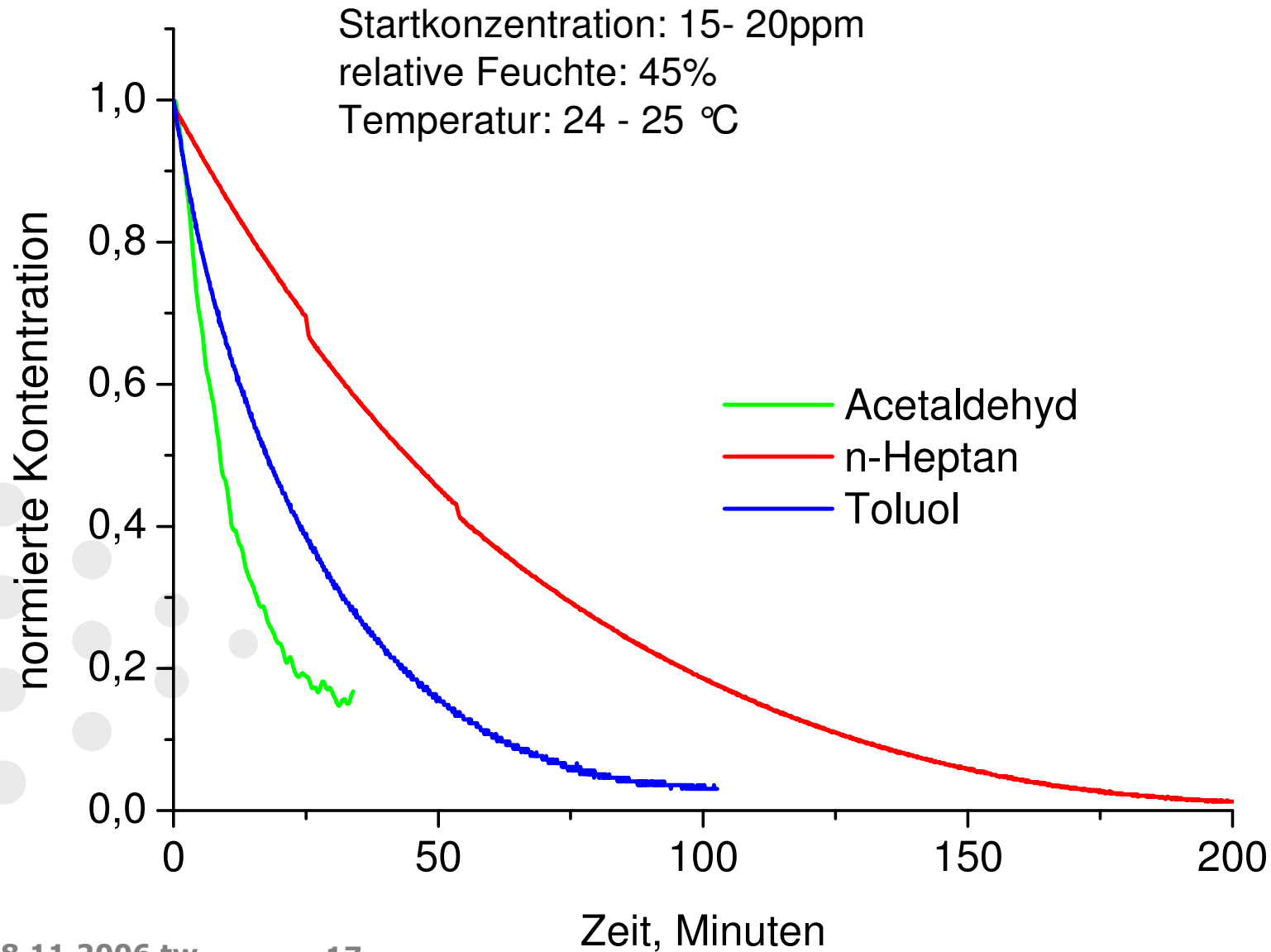


# Verfolgung Toluolabbau über GC



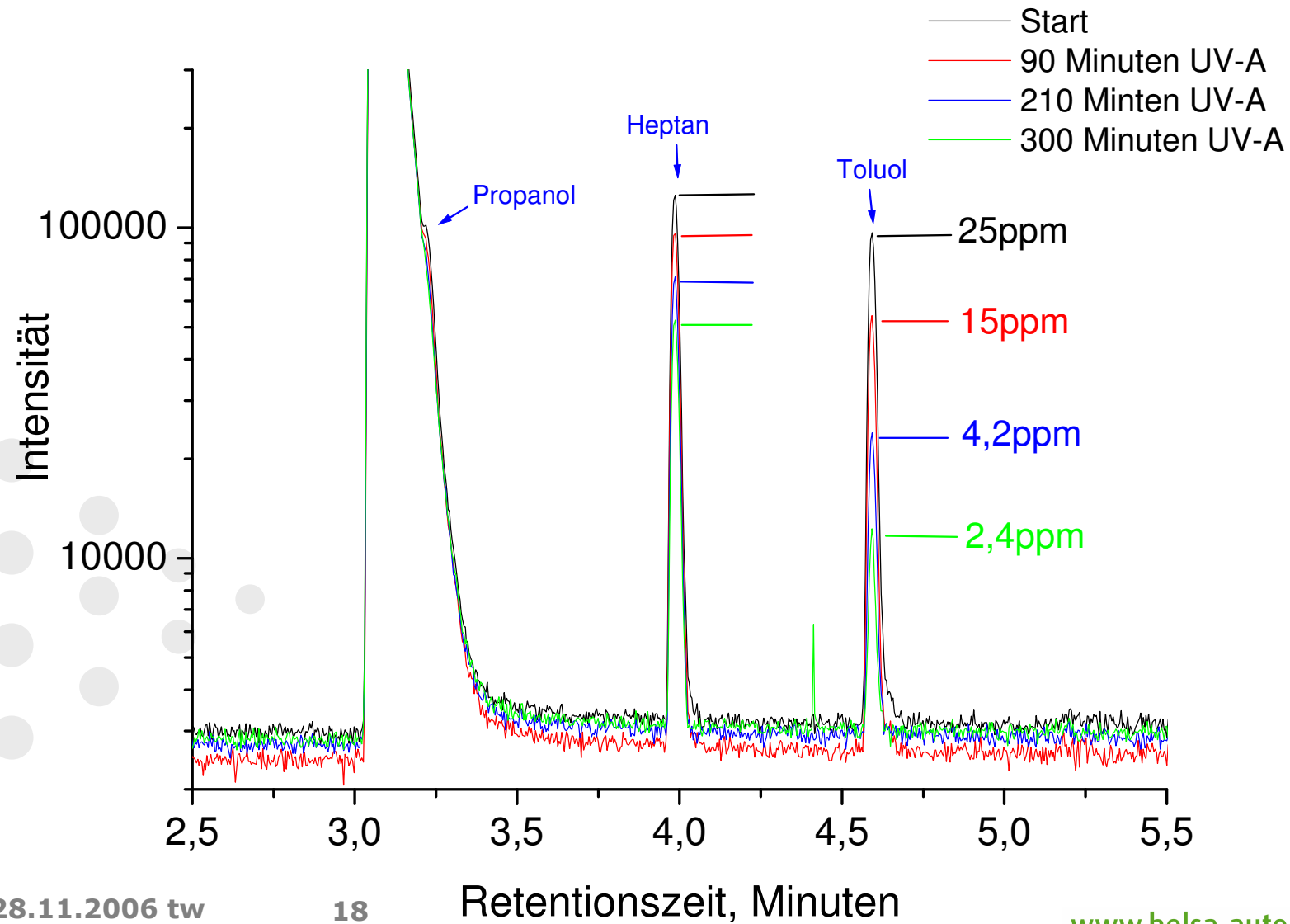


# Abbau an Solectro auf Alu-Micromasche

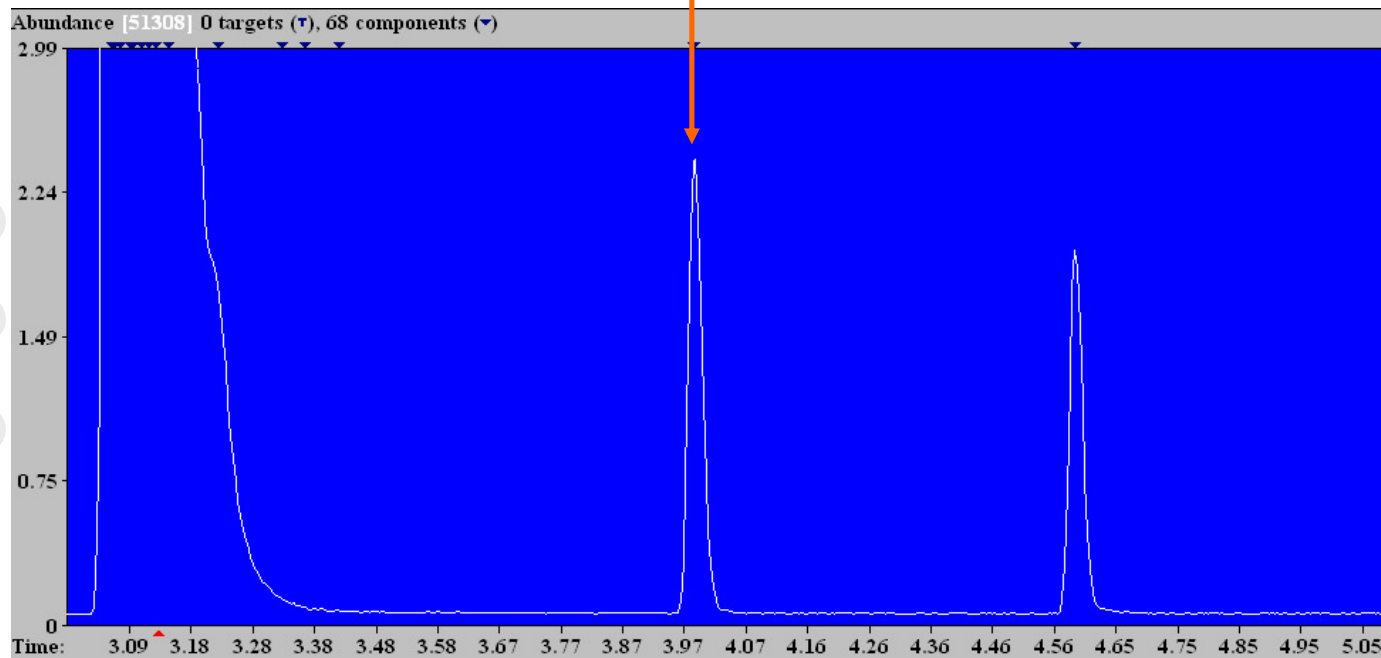
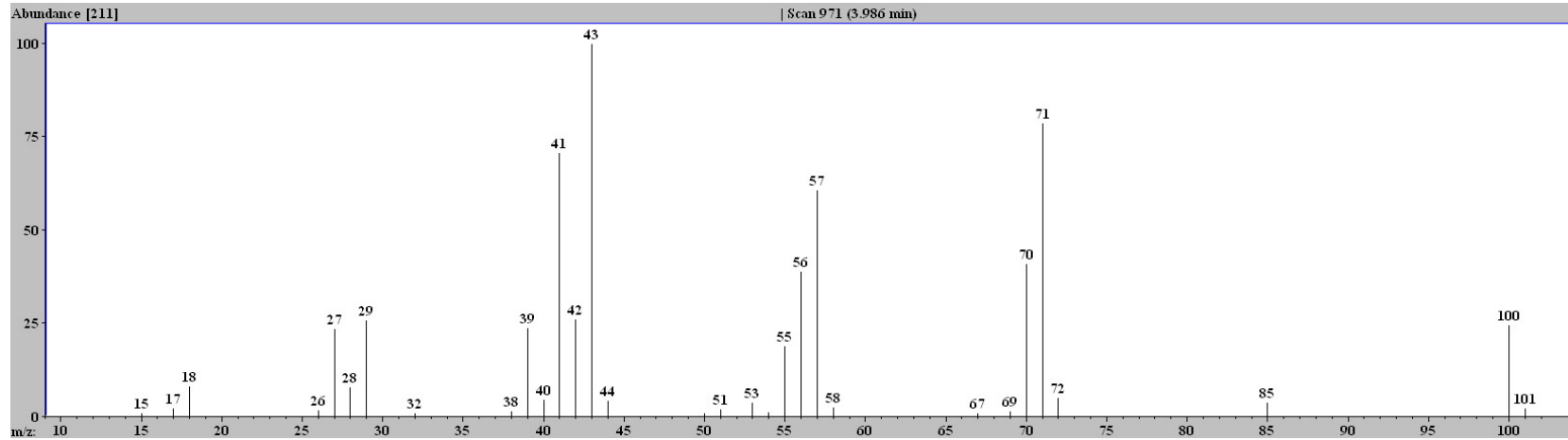


# Simultanbeladung

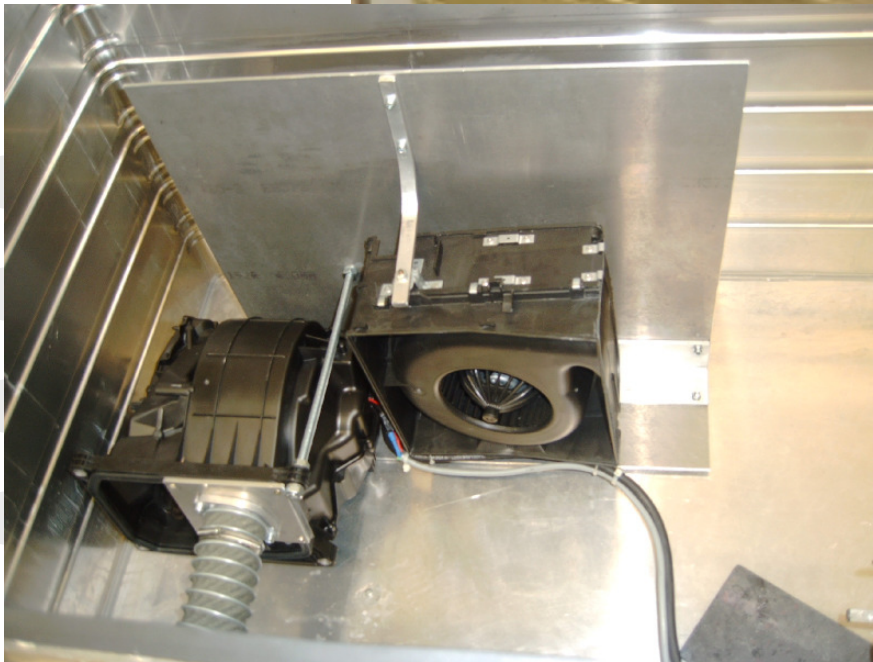
2-Propanol (30ppm), Heptan (30ppm), Toluol (25ppm)



# Auswertung Komponenten über Massenspektrum

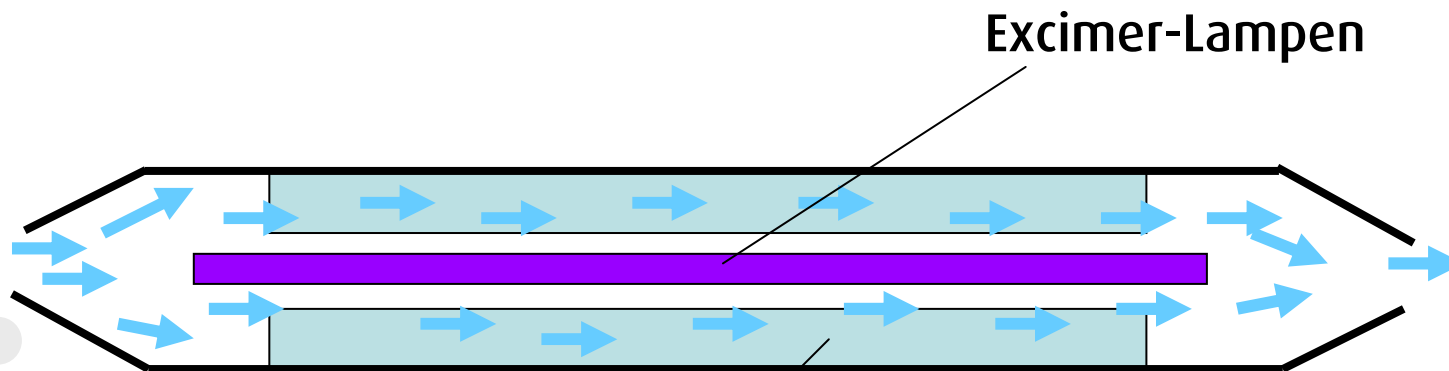


# 880L-Messbox



# Verwendeter Photoreaktor

- ▶ Röhre mit 900cm<sup>3</sup> Volumen
- ▶ 1 UV-A Excimer LINEX Lampe 30W
- ▶ Box mit 2,7 L Volumen, 3 UV-A Excimer LINEX Lampen, je 30W
- ▶ Katalysatorfläche: 0,9 m<sup>2</sup>
- ▶ Anordnung außerhalb Exsikkator bzw. 880-L-Box

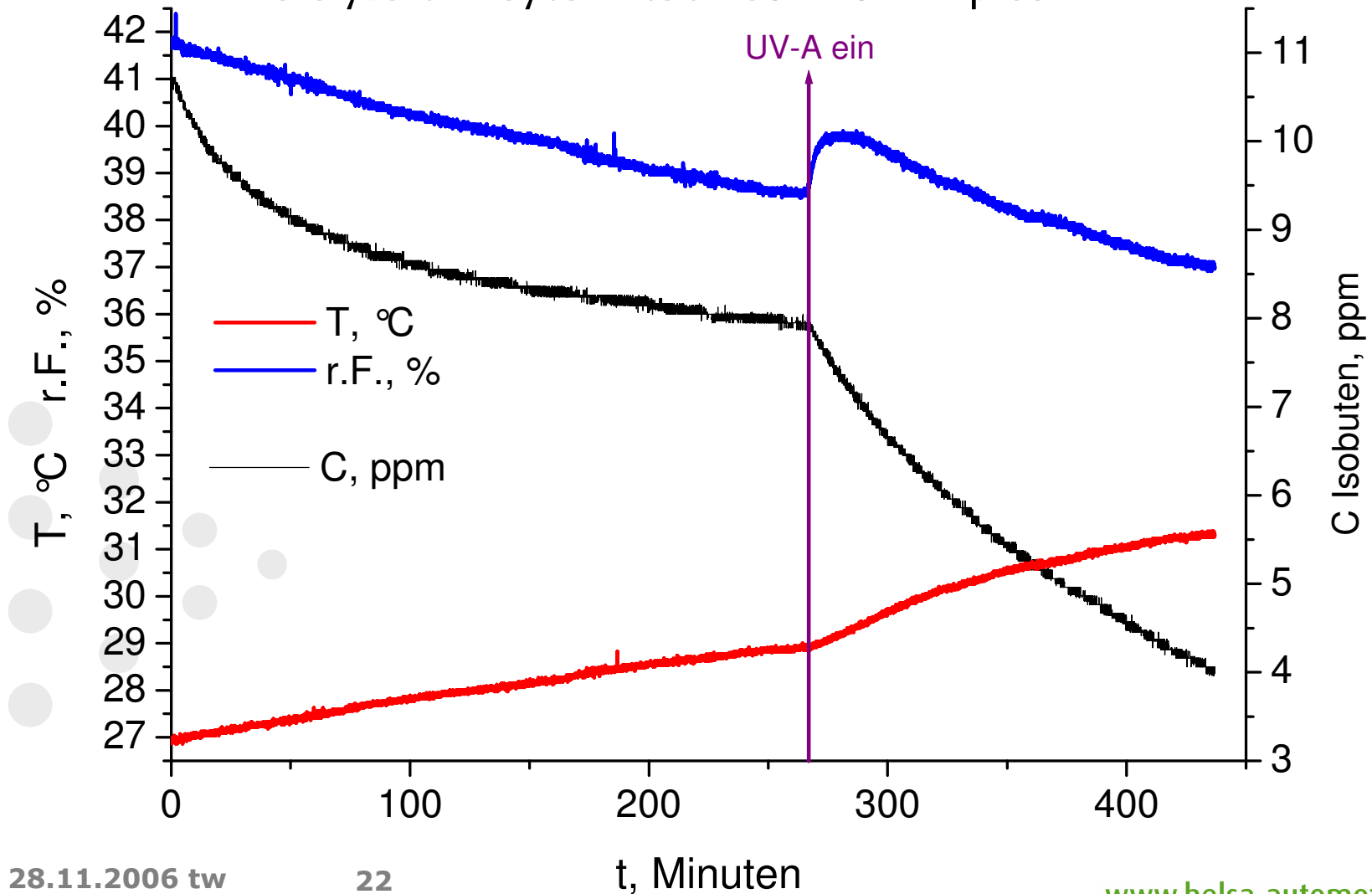


Mit Katalysator beschichteter Träger

1. Vlies / Alu-Minipleat beschichtet mit Tayca TKC304
2. Alu-Streckgitter, Mikromasche, beschichtet mit dem Solectro<sup>®</sup>-Verfahren

# Abbau von Toluol

Volumenstrom durch Photoreaktor: 10 l/min  
Katalysator: Tayca TKC304 auf Alu-Minipleat



- ▶ Die Machbarkeit der photokatalytischen Umluftabreinigung ist mit einem Laborreaktor gezeigt worden.
- ▶ Es wurden erfolgreich und reproduzierbar folgende Gase photokatalytisch abgebaut: Acetaldehyd, n-Heptan, Oktan, 2-Propanol, Toluol sowie Gasmischungen von 2-Propanol, n-Heptan und Toluol.
- ▶ Untersuchungen mit Hilfe eines GC-MS haben gezeigt, dass die Zwischenprodukte nicht in der Gasphase, sondern ausschließlich auf dem Katalysator gefunden wurden.
- ▶ Bei Verwendung von Vlies als Katalysatorträger kommt es zum Abbau des Trägers.
- ▶ Ein erster Prototyp im technischen Maßstab mit 0,9m<sup>2</sup> Katalysatorfläche wurde aufgebaut und vermessen.

- ▶ Mit dem Solectro-System wurde ein echtes, aktives Schadstoffabbausystem entwickelt.
- ▶ Es ist kein Zusatzadsorber für Abbauprodukte notwendig!