

Die beste GC/MS-Säule für die Spurenanalytik im Umwelt- und Lebensmittelbereich

Dr. Jens Goerlich
Agilent Technologies



Spurenanalytik

= sehr wenig Analyt in Gegenwart von sehr viel Matrix

Erfordernisse:

- **Anreicherung der Analyten/Abreicherung der Matrix**
 - SPE, dispersive SPE, GPC, Headspace, P&T, SPME usw.
- **Minimierung von Störungen aus dem Meßsystem**
 - Bluten, Rauschen, Systemkontaminationen
- **optimale Chromatographie**
 - Selektivität, Peakform



Störungen aus dem Meßsystem



Störungen aus dem Meßsystem I

...zuweilen ist die Probe bereits verunreinigt, wenn sie die GC-Säule erreicht.



Vials



Kappen



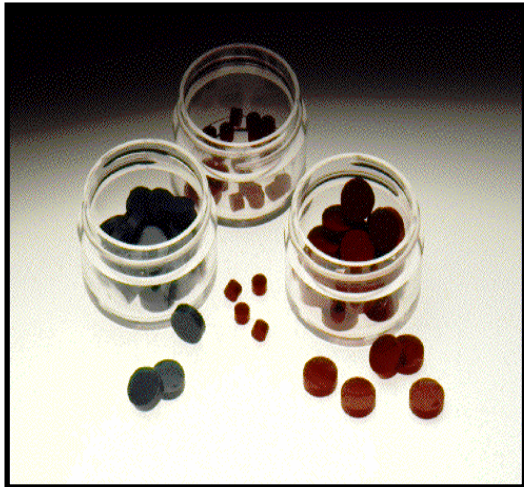
Autosampler Wash-Vial

Abhilfe:

- Kontakt der Kappen mit Lösemitteln vermeiden
- hochwertige Vials verwenden (z.B. Agilent MS-certified vials)
- Wash-Vial regelmäßig reinigen oder ersetzen

Störungen aus dem Meßsystem II

Das Injektorseptum: permanentes Bluten



- Septen bestehen in aller Regel aus reinem Polydimethylsiloxan (PDMS).
- die PDMS-Menge eines Septums beträgt das **60fache** der PDMS-Menge, die als stationäre Phase in einer GC-Säule vorhanden ist.
- Septen werden permanent thermisch belastet, was ein permanentes Bluten nach sich zieht.

Störungen aus dem Meßsystem IV

Septum und Spritzennadeln

- durch ein geeignetes Design wird die Gefahr reduziert, daß Septumpartikel „ausgestanzt“ werden und im Insert landen



**Agilent BTO-Septen
(vorgebohrt)**



**HP-Spitze
(Konische Spitze)**

für automatische
Probengeber



Abgeschrägte Spitze

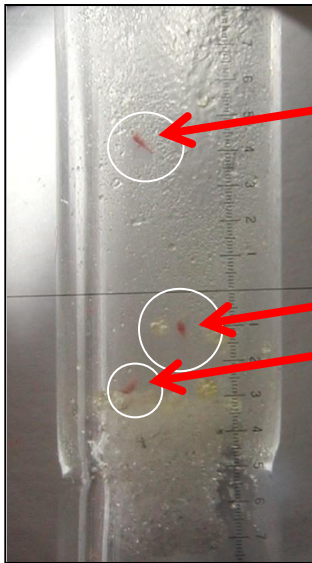
für manuelle
GC-Injektionen



Störungen aus dem Meßsystem III

Fatal: Septumpartikel im Liner/Insert

Septum-Partikel im Insert



VARIAN

- Septen bestehen aus PDMS und sind ständig auf Injektortemperatur
- vermeiden Sie Derartiges!
- gehen Sie sicher, daß sich keine Septumpartikel im Insert befinden!

Störungen aus dem Meßsystem V

Trägergaskontaminationen

Ursache sind u.a. Gase minderer Qualität und Leckagen.

häufig: Sauerstoff	→ Oxidation der GC-Phase
Wasser	→ Hydrolyse der GC-Phase
Kohlenwasserstoffe	→ instabile Basislinie



Abhilfe: Agilent GasClean-Gasfilter (mit Indikator)

- GC/MS-Kombifilter entfernt O₂, H₂O, KWs
- selbst bei hochreinen Gasen als Back Up sinnvoll
- Folge: stabilere Analytik + höhere Säulenstandzeit

Optimale Chromatographie



Optimale Chromatographie

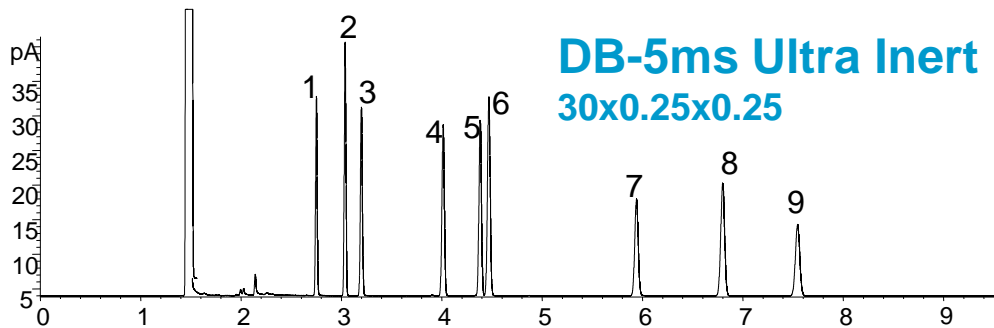
Spurenanalytik verlangt nach:

- **minimalem Säulenbluten (z.B. DB-5ms, VF-5ms, Konkurrenzprodukte etc.)**
 - maximales Signal-to-Noise-Verhältnis
 - zweifelsfreie Qualifizierung/Quantifizierung
- **idealer Peakform (= schmal + symmetrisch)**
 - maximales Signal-to-Noise-Verhältnis
 - zweifelsfreie Qualifizierung/Quantifizierung
- **optimaler Selektivität der GC-Phase**
 - chromatographische Trennung von Isomeren und Isobaren
 - robustere Analytik, wenn nicht nur im Detektor (MS^n) getrennt wird

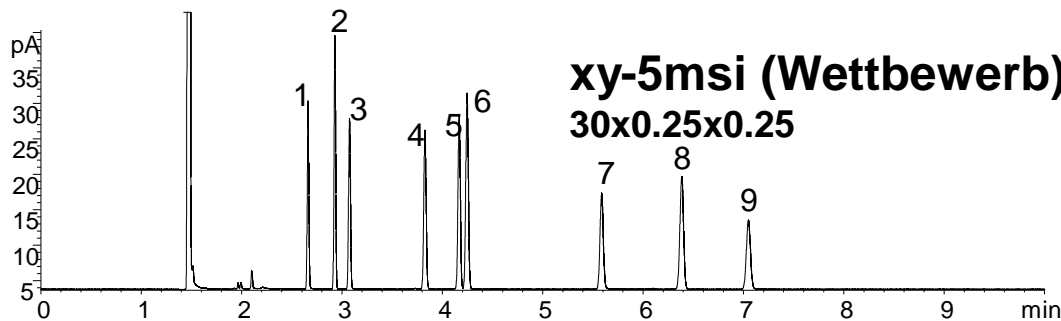


Ideale Peakform: Agilent Ultralnert

- Grob-Testmix: kaum Unterschiede zwischen beiden Säulen
 - Grund: der Grob-Testmix ist wenig herausfordernd für moderne GC-Phasen
 - Vorteile der Ultralnert-Deaktivierung werden daher nicht sichtbar
- modifizierte Testbedingungen notwendig



GC: Agilent 6890N
Sampler: Agilent 7683B, 5 µL syringe, 1.5 µL split injection, 4 ng each component on column
Carrier: Hydrogen constant pressure 38 cm/s
Inlet: Split/splitless; 250 °C, 1.4 ml/min. column flow, split flow 75 ml/min.
Liner: Deactivated single taper w glass wool)
Oven: **120° C isothermal**
Detection: FID at 325 °C, 450 ml/min. air, 40 ml/min. hydrogen, 45 ml/min. nitrogen makeup



1. 1-Octanol
2. n-Undecan
3. 2,6-Dimethylphenol
4. 2,6-Dimethylanilin
5. n-Dodecan
6. Naphthalin
7. 1-Decanol
8. n-Tridecan
9. Decansäuremethylester

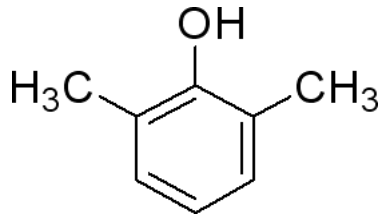
Ideale Peakform: Agilent Ultralnert

Grob-Testmix vs. Ultralnert-Testmix

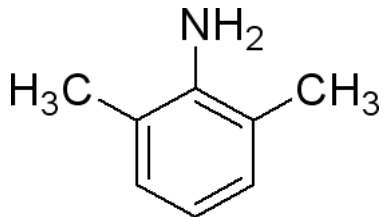
- relevante Bestandteile des Grob-Testmix sind auf modernen Phasen unkritisch
- der Ultralnert-Testmix weist dagegen unzureichende Deaktivierung nach
- die niedrigere Temperatur ermöglicht zudem intensivere Wechselwirkungen

Grob

Unkritische
Analyten



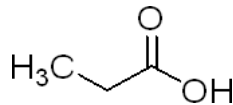
2,6-Dimethylphenol



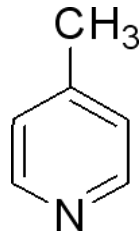
2,6-Dimethylanilin

Ultralnert

kritische
Analyten



Propionsäure



4-Picolin

Ultralnert-Testmix

Probe

(ng on
column)

- | Probe | (ng on column) |
|------------------------|----------------|
| 1. 1-Propionic acid | 1.0 |
| 2. 1-Octene | 0.5 |
| 3. n-Octane | 0.5 |
| 4. 4-Picoline | 1.0 |
| 5. n-Nonane | 1.0 |
| 6. Trimethyl phosphate | 1.0 |
| 7. 1,2-Pentandiol | 1.0 |
| 8. n-Propylbenzene | 1.0 |
| 9. 1-Heptanol | 1.0 |
| 10. 3-Octanone | 1.0 |
| 11. n-Decane | 1.0 |

Column

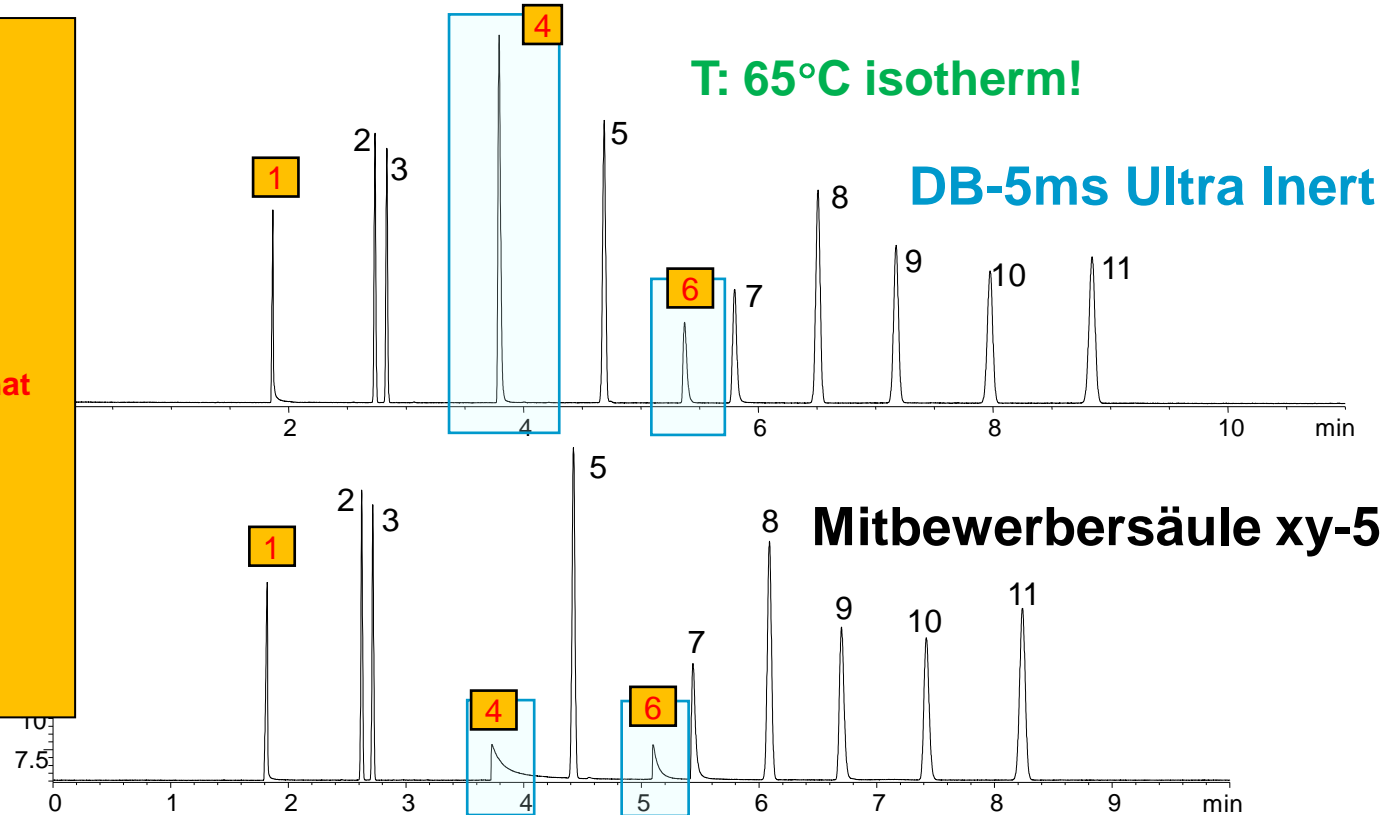
functional test

- | | |
|--------------------|---|
| Basicity | ← |
| Polarity | |
| Hydrocarbon marker | |
| Acidity | ← |
| Hydrocarbon marker | |
| Acidity | ← |
| Silanol | |
| Hydrocarbon marker | |
| Silanol | |
| Polarity | |
| Hydrocarbon marker | |

Ideale Peakform: Agilent Ultral inert

- die Deaktivierung macht den Unterschied
- offensichtliches Tailing bei kritischen Analyten auf der xy-5msi

- Analyten:
1. 1-Propionsäure
 2. 1-Octen
 3. n-Octan
 4. 4-Picolin
 5. n-Nonan
 6. Trimethylphosphat
 7. 1,2-Pentandiol
 8. n-Propylbenzol
 9. 1-Heptanol
 10. 3-Octanon
 11. n-Decan



Sampler: Agilent 7683B, 0.5 μ L syringe (Agilent part # 5188-5246), 0.02 μ L split injection Carrier: Hydrogen constant pressure, 38 cm/s
 Inlet: Split/splitless; 250 $^{\circ}$ C, 1.4 ml/min. column flow, split flow 900 ml/min., gas saver flow 75 ml/min. on at 2.0 min.
 Liner: Deactivated single taper w glass wool (Agilent part # 5183-4647) Oven: 65 $^{\circ}$ C isothermal
 Detection: FID at 325 $^{\circ}$ C, 450 ml/min. air, 40 ml/min. hydrogen, 45 ml/min., nitrogen makeup

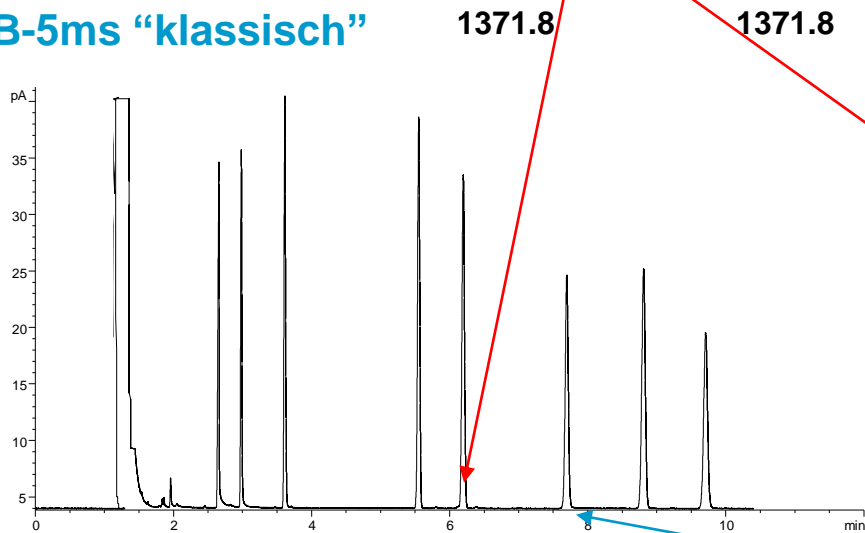
Ideale Peakform: Agilent Ultralnert

DB-5ms Ultra Inert vs. DB-5ms "klassisch"

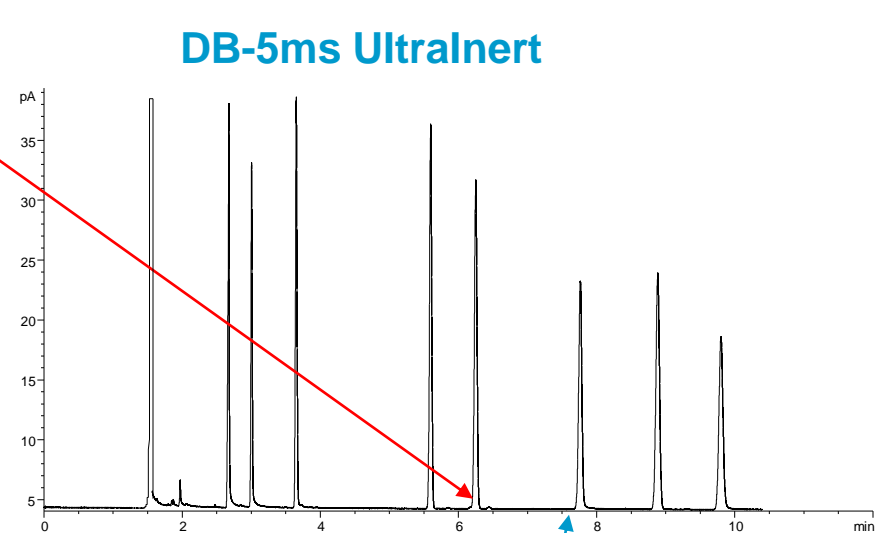
Verbesserte Deaktivierung bei gleicher Selektivität!

Retentionsindex von 1-Methylnaphthalin

DB-5ms "klassisch"



DB-5ms Ultralnert



1324.8

1324.9

Retentionsindex von 1-Undecanol

Ideale Peakform: Agilent Ultralnert

Warum wird soviel Augenmerk auf die Deaktivierung gelegt?

- die Deaktivierung ist Grundlage für die Inertheit einer GC-Säule
- Peakasymmetrie ist direkte Folge unzureichender Deaktivierung
- Spurenanalytik verlangt aber nach möglichst idealen Signalformen
- eine „Kunst“ ist es, die Glasfaseroberfläche gleichzeitig gegenüber basischen und sauren Analyten zu deaktivieren

Agilent Ultralnert-Serie

Phasen: DB-1ms, HP-1ms, DB-5ms, HP-5ms, DB-35ms

Innendurchmesser: 0.18 mm, 0.25 mm, 0.32 mm

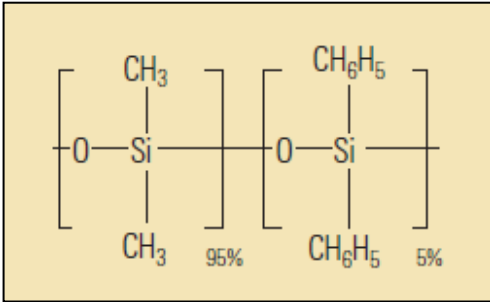
Filmdicken: bis 1 μm



Die Evolution der GC-Säulen

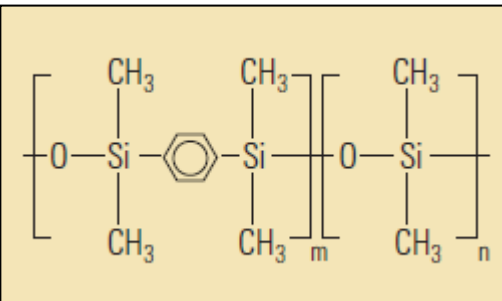
oder: warum gibt es immer noch DB-5ms und HP-5ms?

Nicht gebunden Chemisch gebunden MS-Qualität Ultralnert-Deaktivierung



SE-54

5% Polydiphenylsiloxan
95% Polydimethylsiloxan



Arylen-Äquivalent zu
5% Polydiphenylsiloxan
95% Polydimethylsiloxan

DB-5

HP-5

CP-Sil 8 CB

HP-5ms

HP-5ms Ultra Inert

DB-5ms

DB-5ms Ultra Inert

VF-5ms

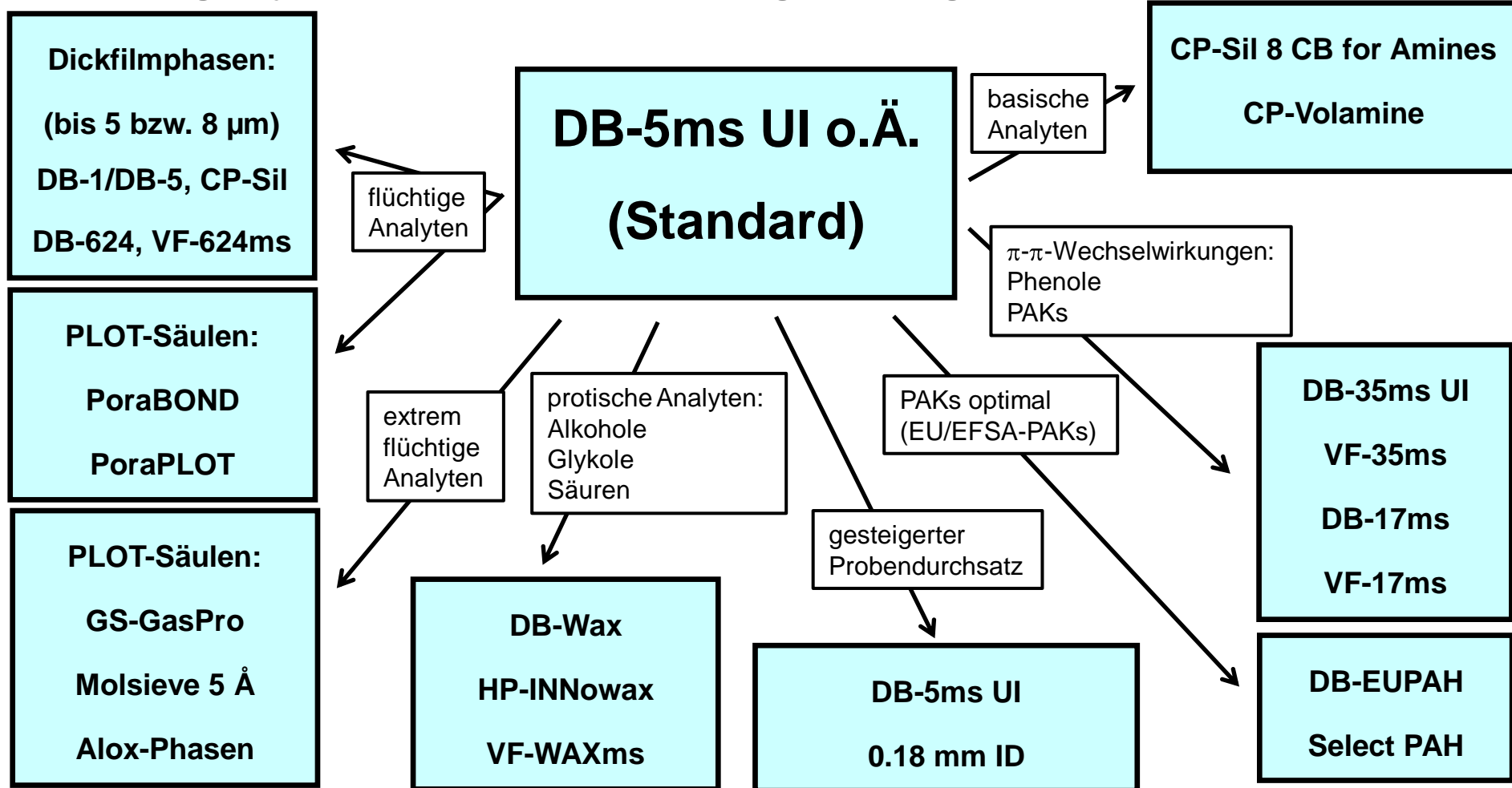
Arylen-Phasen:

gleiche Polarität
niedrigeres Bluten
annähernd gleiche Selektivität
aber nicht identische Selektivität!



Selektivität

- sicherlich: DB-5ms UI & Co. sind äußerst universell einsetzbar
- es gibt jedoch etliche spezielle Fragestellungen

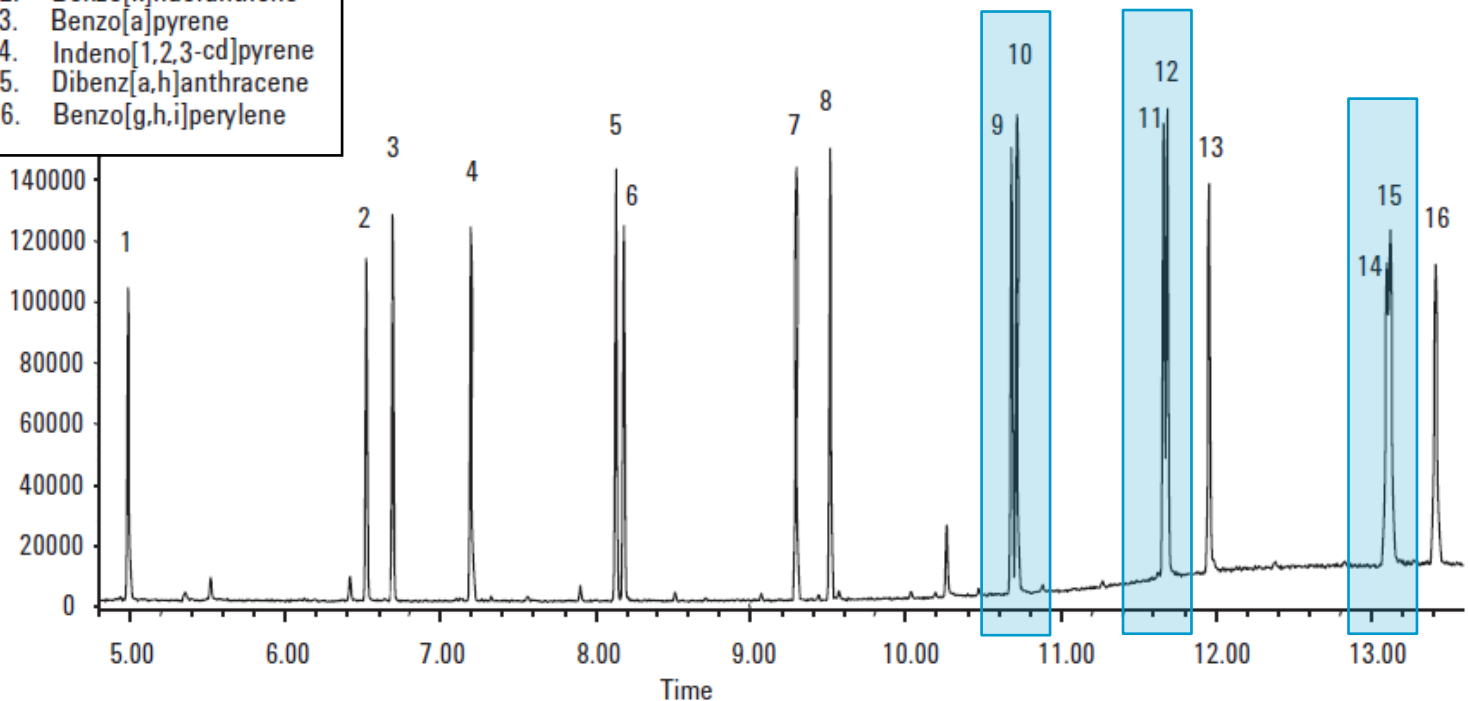


Selektivität: EPA-PAKs auf DB-5ms Ultra Inert

- geringe Auflösung bei einigen Komponenten
- 5er-Phasen sind jedoch völlig ausreichend für die Analytik der EPA-PAKs
- die EFSA-Liste für Lebensmittel umfaßt jedoch etliche weitere PAKs

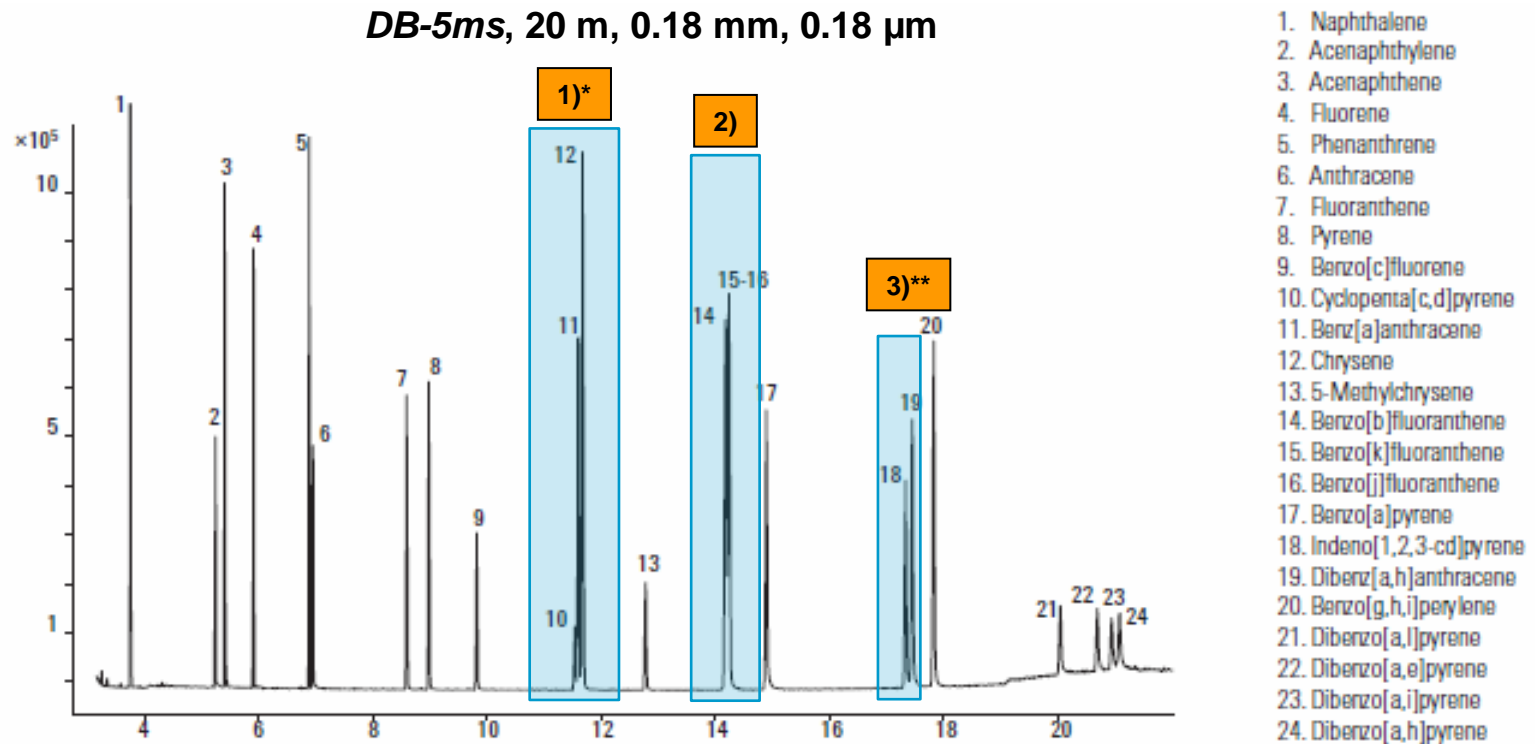
1. Naphthalene	9. Benz[a]anthracene
2. Acenaphthylene	10. Chrysene
3. Acenaphthene	11. Benzo[b]fluoranthene
4. Fluorene	12. Benzo[k]fluoranthene
5. Phenanthrene	13. Benzo[a]pyrene
6. Anthracene	14. Indeno[1,2,3-cd]pyrene
7. Fluoranthene	15. Dibenz[a,h]anthracene
8. Pyrene	16. Benzo[g,h,i]perylene

DB-5ms UI, 30 m, 0.25 mm, 0.25 µm



Selektivität: PAKs auf DB-5ms

- die Analytik der EU-PAKs (“EFSA”, “PAH4”) erfordert schwierige Trennungen vor allem schwerer PAKs
- 5er-Phasen zeigen dafür z.T. schlechte Auflösung oder sogar Koelutionen

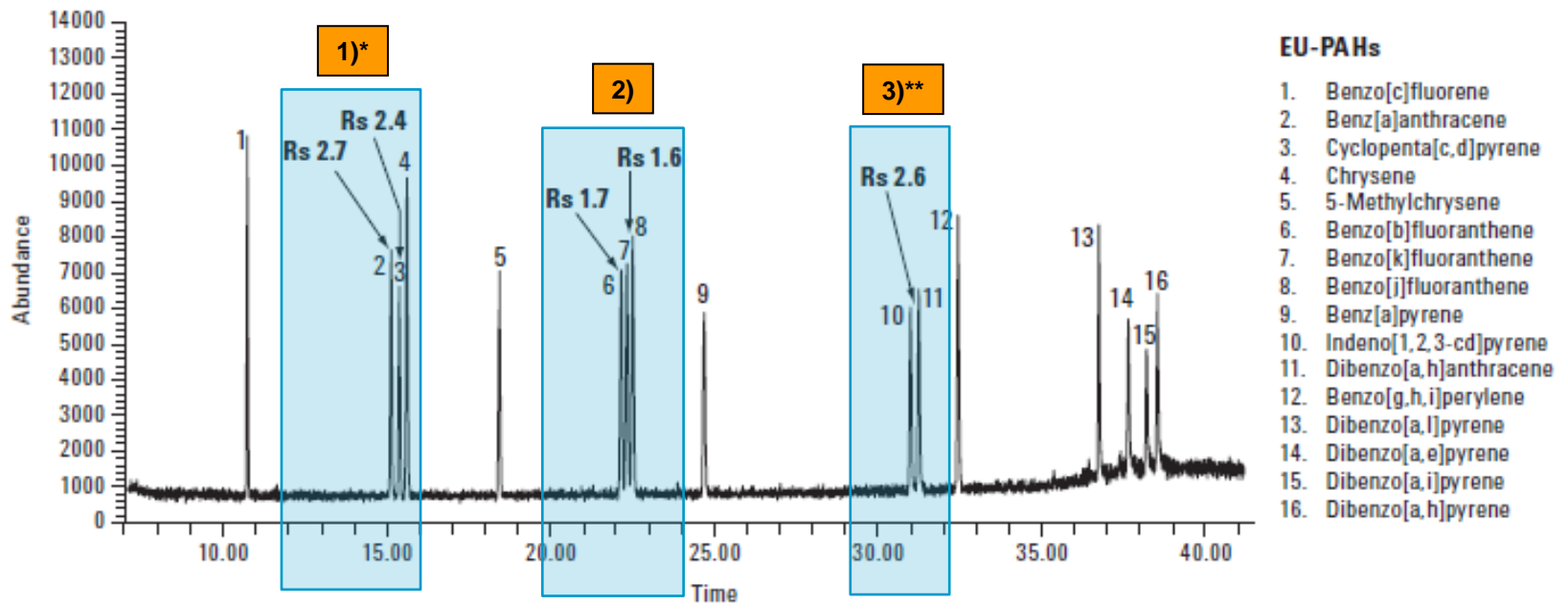


*Triphenylen und **Benzo[b]triphenylen fehlen

Selektivität: EU-PAKs auf DB-EUPAH

- bessere Selektivität dank höherer Polarität (gesteigerter Phenylanteil)
- deutlich bessere Auflösung kritischer Komponenten als auf -5ms
- chemisch/thermisch genauso belastbar wie -5ms!

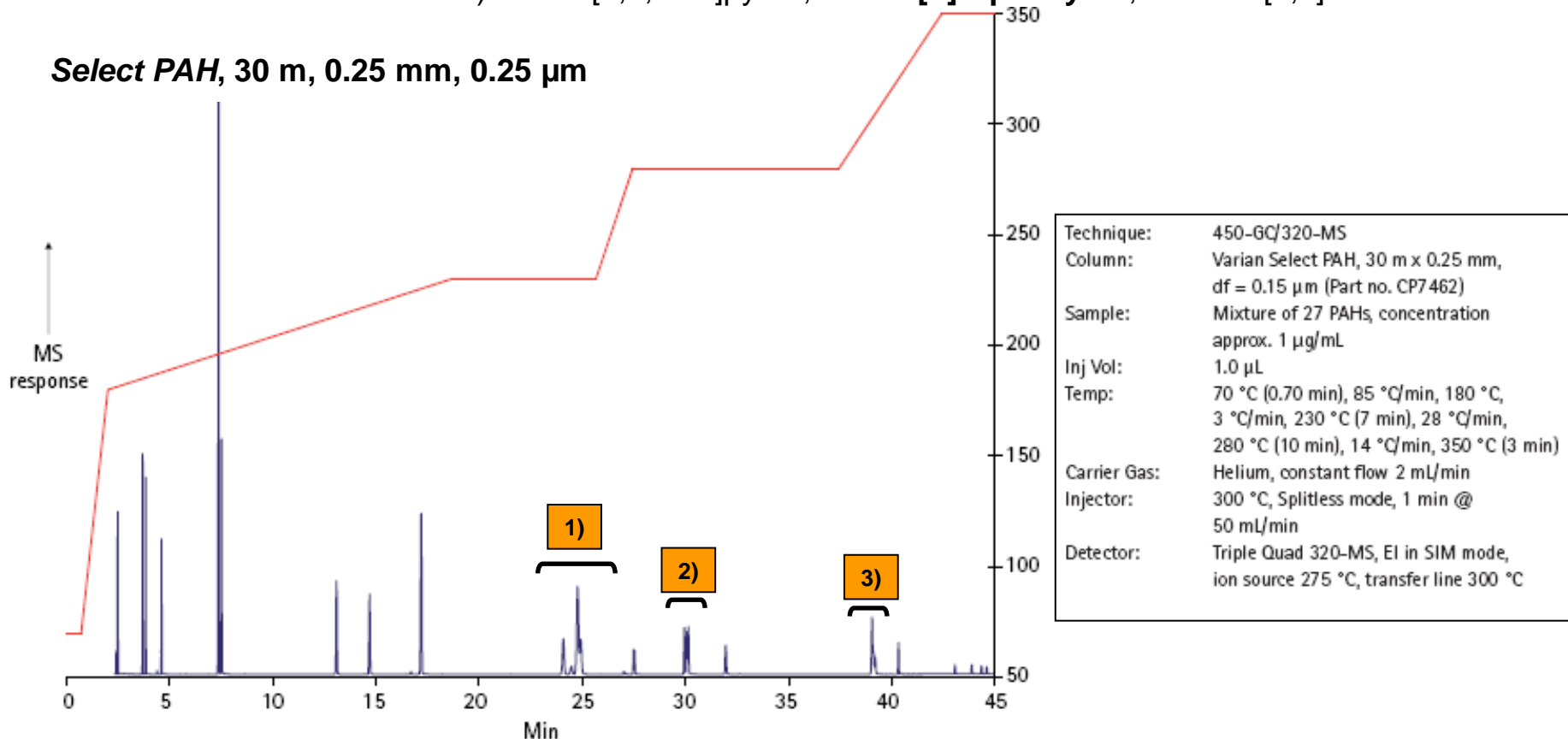
DB-EUPAH, 20 m, 0.18 mm, 0.14 µm



*Triphenylen und **Benzo[b]triphenylen fehlen

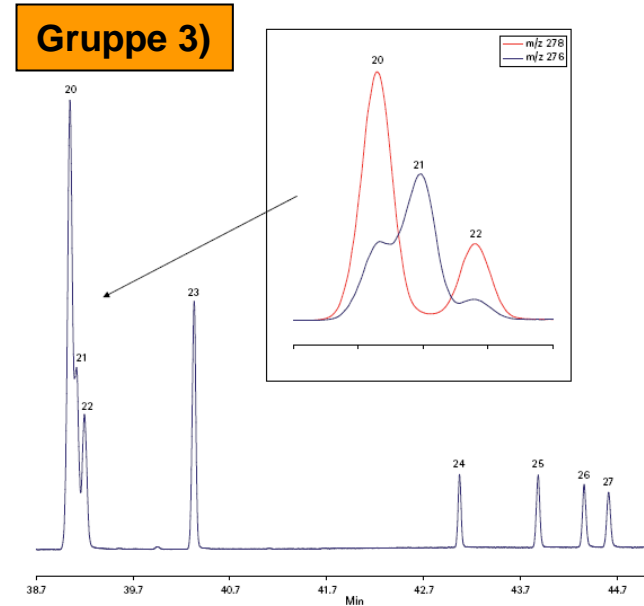
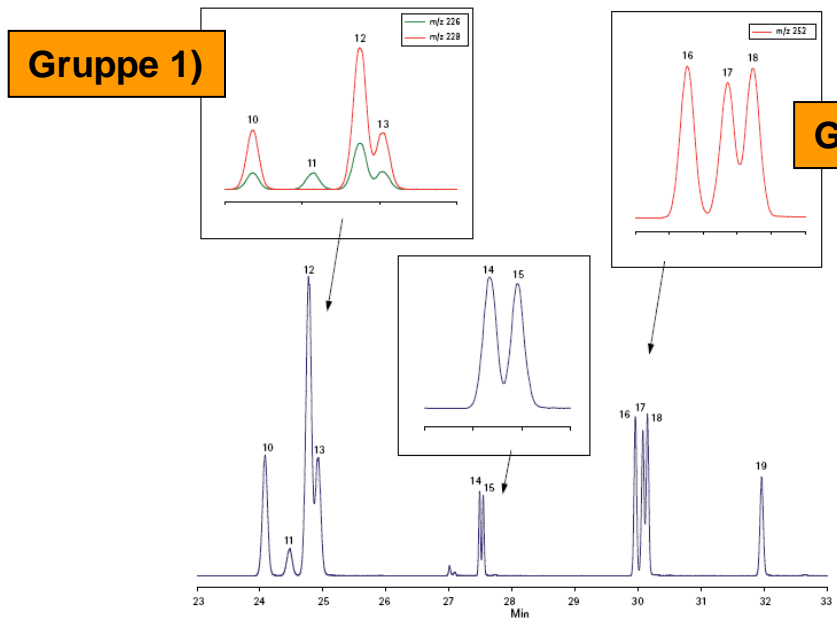
Selektivität: EU-PAKs auf Select PAH

- optimale Selektivität: Trennung sämtlicher EFSA/EU-PAKs in einem Lauf
- kritische Analyten: 1) Benzo[a]anthracen, Cyclopenta[c,d]pyren, Chrysen, **Triphenylen**
2) Benzo[b]fluoranthen, Benzo[j]fluoranthen, Benzo[k]fluoranthen
3) Indeno[1,2,3-cd]pyren, **Benzo[b]triphenylen**, Dibenzo[a,h]anthracen



Selektivität: EU-PAKs auf Select PAH

- Details zu kritischen Gruppen von PAKs



1)

Peak No.	MW	Compound	EPA 610	SFC Et EFSA PAHs (15+1)	CAS
10	228	Benzo[<i>a</i>]anthracene	x	x	56-55-3
11	226	Cyclopenta[<i>c,d</i>]pyrene		x	27208-37-3
12	228	Triphenylene			217-59-4
13	228	Chrysene	x	x	218-01-9
14	242	6-Methylchrysene			1705-85-7
15	242	5-Methylchrysene		x	3897-24-3
16	252	Benzo[<i>b</i>]fluoranthene	x	x	205-99-2
17	252	Benzo[<i>k</i>]fluoranthene	x	x	207-08-9
18	252	Benzo[<i>j</i>]fluoranthene		x	205-82-3
19	252	Benzo[<i>a</i>]pyrene	x	x	50-32-8

2)

3)

Peak No.	MW	Compound	EPA 610	SFC Et EFSA PAHs (15+1)	CAS
20	278	Benzo[<i>b</i>]triphenylene			215-58-7
21	276	Indeno[1,2,3- <i>cd</i>]pyrene	x	x	193-39-5
22	278	Dibenzo[<i>a,h</i>]anthracene	x	x	53-70-3
23	276	Benzo[<i>ghi</i>]perylene	x	x	191-24-2
24	302	Dibenzo[<i>a,i</i>]pyrene		x	191-30-0
25	302	Dibenzo[<i>a,e</i>]pyrene		x	192-65-4
26	302	Dibenzo[<i>a,j</i>]pyrene		x	189-55-9
27	302	Dibenzo[<i>a,h</i>]pyrene		x	189-64-0



Selektivität: Select PAH – der “Bonus”

- sehr geeignete Selektivität für das Screening auf PAKs, PCBs, OCPs
- analoge Informationen auch für VF-5ms, VF-Xms, VF-35ms, VF-200ms

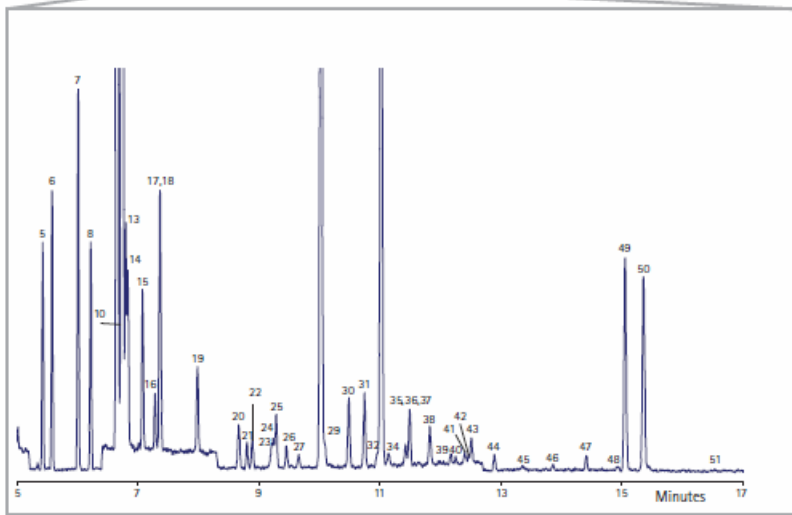
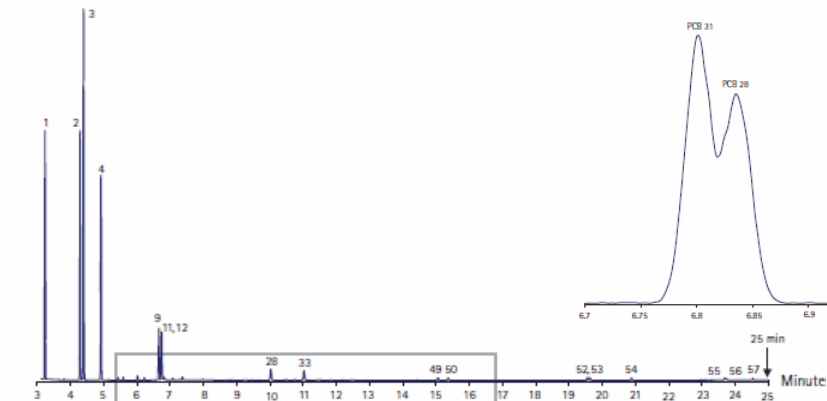
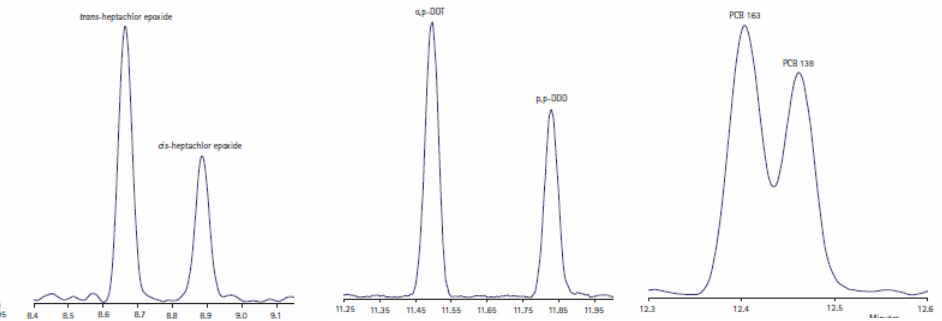


Figure 1. Total ion chromatogram multi-residue analysis on a Varian Select PAH column.



Peak No.	Compound	Ions
1	Naphthalene	128
2	Acenaphthene	152
3	Acenaphthylene	154
4	Fluorene	166
5	Hexachlorobenzene	284, 142
6	α -HCH	181, 219
7	PCB 18	186, 256
8	γ -HCH	181, 219
9	Phenanthrene	178
10	β -HCH	181, 219
11	Anthracene	178
12	Heptachlor	100, 272
13	PCB 31	186, 256
14	PCB 28	186, 256
15	PCB 20	186, 256
16	δ -HCH	181, 219
17	Aldrin	86, 263
18	PCB 52	220, 292
19	PCB 44	220, 292
20	trans-Heptachlor epoxide	81, 353
21	PCB 155	360, 290
22	cis-Heptachlor epoxide	81, 353
23	trans-Chlordane	373, 237
24	PCB 101	326, 254
25	α , β -DDE	246
26	cis-Chlordane	373, 237
27	Endosulfan I	241, 195
28	Fluoranthene	202

Peak No.	Compound	Ions
29	β , β' -DDE	246
30	Dieldrin	79, 263
31	α , α' -DDD	235, 165
32	PCB 149	290, 360
33	Pyrene	202
34	PCB 118	326, 254
35	Endrin	81, 195
36	PCB 153	360, 290
37	α , β' -DDT	235, 165
38	β , β' -DDD	235, 165
39	PCB 105	326, 254
40	Endosulfan II	195, 241
41	PCB 163	360, 290
42	PCB 138	360, 290
43	β , β' -DDT	235, 165
44	Endrin aldehyde	67, 345
45	Endosulfan sulfate	387, 272
46	PCB 180	324, 394
47	Methoxychlor	227
48	PCB 170	324, 394
49	Benz[a]anthracene	228
50	Chrysene	228
51	PCB 194	430, 356
52	Benzo[b]fluoranthene	252
53	Benzo[k]fluoranthene	252
54	Benzo[a]pyrene	252
55	Dibenz[a,h]anthracene	278
56	Indeno[1,2,3-c,d]pyrene	276
57	Benzo[g,h,i]perylene	276

Gesteigerter Durchsatz: welche Optionen existieren?

- **Beschaffung einiger neuer GC/MS**

- Methoden können einfach(st) transferiert werden
- Durchsatz pro Gerät bleibt gleich

- **mehr Analysen auf den vorhandenen Systemen**

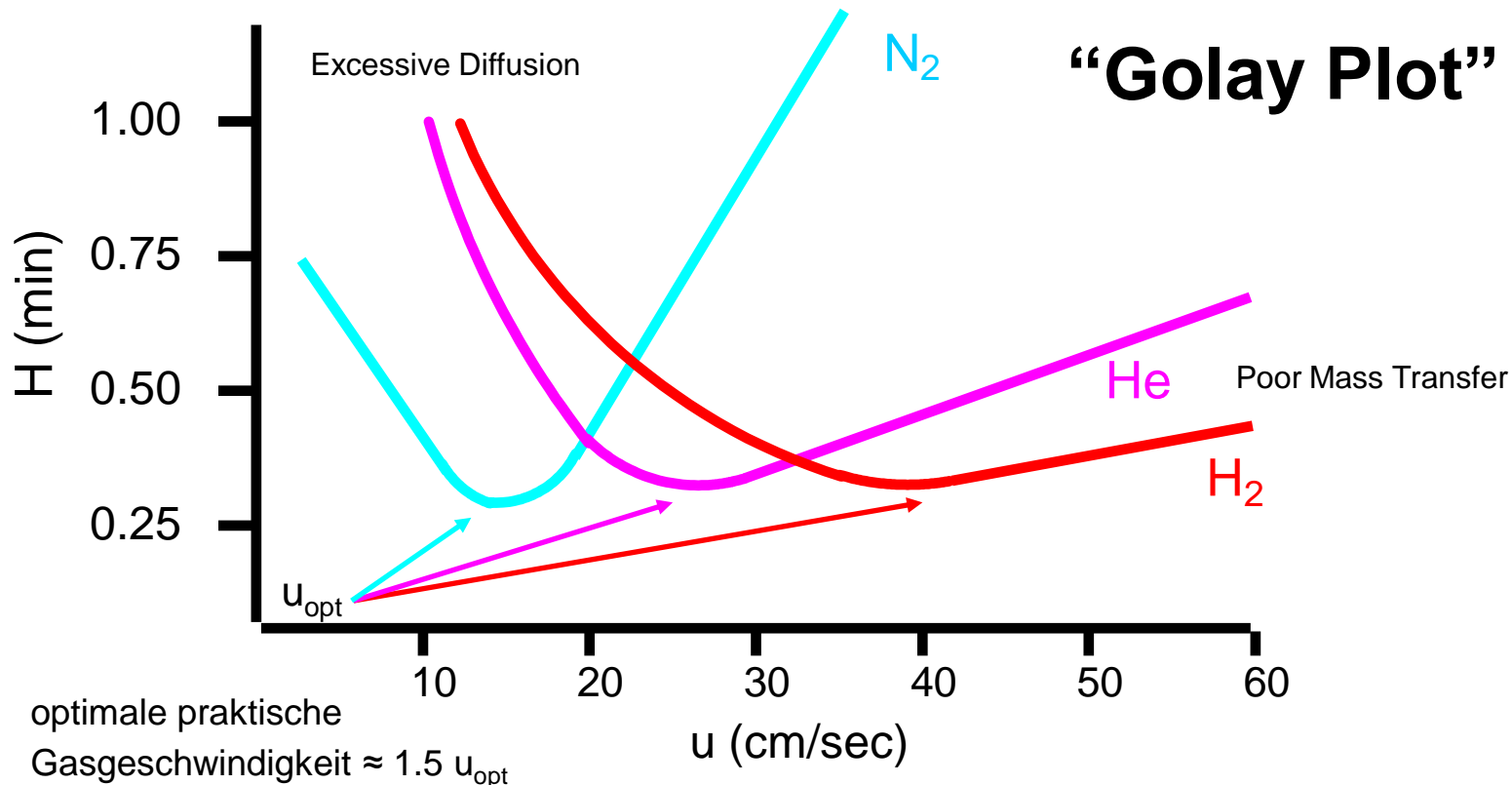
- Methoden müssen beschleunigt werden
 - schnellere Aufheizraten/höhere Starttemperaturen (= kürzere Analysenzeiten, geringere Auflösung)
 - effizienteres Trägergas: $H_2 > He > N_2$
 - effektivere Säulen: geringerer Säulen-ID, geringere Säulenlänge
- Durchsatz pro Gerät wird gesteigert
- keine Kosten für neue Systeme aber Aufwand durch Methodenentwicklung

Bitte vorab klären: wo ist der Engpaß?




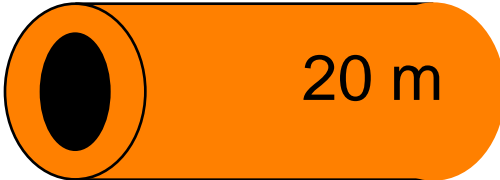
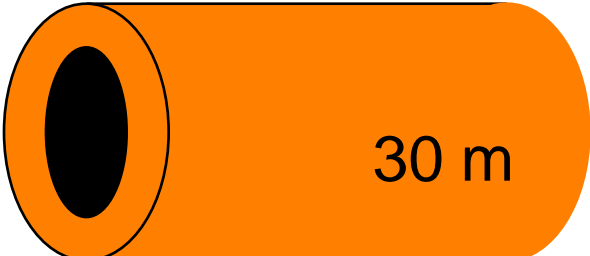
Gesteigerter Durchsatz: das Trägergas

- für jedes Trägergas existiert eine optimale Gasgeschwindigkeit u_{opt} , bei der die maximale Bodenzahl generiert wird
- wenn es die Auflösung zulässt, kann suboptimal (= schneller) gearbeitet werden



Gesteigerter Durchsatz: Reduzierung des ID

- geringerer ID = mehr Böden/Meter = weniger Säulenlänge = schnellere Analytik
- 0.18 mm ID („high Efficiency“): Kapazität/Matrixbeständigkeit + Geschwindigkeit
- Selektivität: unverändert, wenn das Phasenverhältnis β konstant bleibt

	Bodenzahl	ID (mm)	dF (μm)	n/m
 10 m	N ~ 112,000	0.10	0.10	11580
 20 m	N ~ 133,200	0.18	0.18	6660
 30 m	N ~ 138900	0.25	0.25	4630



Gesteigerter Durchsatz: Methodenanpassung

- “manuelles” Vorgehen:

- 1) Säule mit kleinerem ID bei identischem Phasenverhältnis auswählen
 - 2) schnelleren Temperaturgradienten verwenden (Faktor 1.5 - 3.0)
 - 3) Druck erhöhen (Faktor 2 - 4)
 - 4) Aufgabemenge reduzieren*:
*weniger injizieren oder höherer Split
- 0.18 mm: ca. Faktor 4
0.1 mm: ca. Faktor 10-15

- alternativ:

Software für den Methodentransfer:

- kann von der Agilent Homepage kostenlos heruntergeladen werden



Gesteigerter Durchsatz: Methodentransfer

- links Originalmethode eingeben
- rechts Zieldimensionen eingeben
- Software liefert Temperaturprogramm

- links Originalmethode eingeben
- rechts neues Trägergas angeben
- Software liefert Temperaturprogramm

GC Method Translation

Criterion: Translate Only Best Efficiency Fast Analysis None **Speed gain: 1.55895**

	Original Method	Translated Method																										
Column																												
Length, m	30	<input type="checkbox"/> 20																										
Internal Diameter, μm	250.0	<input type="checkbox"/> 180																										
Film																												
Thickness, μm	0.250	<input type="radio"/> Unlock																										
Phase Ratio	250.0	<input checked="" type="radio"/> 0.180																										
		<input type="radio"/> 250.0																										
Carrier Gas	Helium	<input type="checkbox"/> Helium																										
Enter one Setpoint																												
Head Pressure, psi	0.563	5.698																										
Flow Rate, mLn/min	0.4833	0.3480																										
Outlet Velocity, cm/sec	Very large	Very large																										
Average Velocity, cm/sec	25.00	25.98																										
Hold-up Time, min	2.00000	1.28300																										
Outlet Pressure (absolute), psi	0	<input checked="" type="checkbox"/> 0																										
Ambient Pressure (absolute), psi	14.696	<input type="checkbox"/> 14.696																										
Oven Temperature 1-ramp Program																												
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ramp Rate</th> <th>Final Temp.</th> <th>Final Time</th> </tr> <tr> <th>$^{\circ}\text{C}/\text{min}$</th> <th>$^{\circ}\text{C}$</th> <th>min</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Initial</td> <td>40</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Ramp 1</td> <td>5</td> <td>290</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Ramp Rate	Final Temp.	Final Time	$^{\circ}\text{C}/\text{min}$	$^{\circ}\text{C}$	min	Initial	40	1	Ramp 1	5	290	0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ramp Rate</th> <th>Final Temp.</th> <th>Final Time</th> </tr> <tr> <th>$^{\circ}\text{C}/\text{min}$</th> <th>$^{\circ}\text{C}$</th> <th>min</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Initial</td> <td>40</td> <td>0.642</td> </tr> <tr> <td>Ramp 1</td> <td>7.794</td> <td>290</td> <td>0.000</td> </tr> </tbody> </table>	Ramp Rate	Final Temp.	Final Time	$^{\circ}\text{C}/\text{min}$	$^{\circ}\text{C}$	min	Initial	40	0.642	Ramp 1	7.794	290	0.000
Ramp Rate	Final Temp.	Final Time																										
$^{\circ}\text{C}/\text{min}$	$^{\circ}\text{C}$	min																										
Initial	40	1																										
Ramp 1	5	290	0																									
Ramp Rate	Final Temp.	Final Time																										
$^{\circ}\text{C}/\text{min}$	$^{\circ}\text{C}$	min																										
Initial	40	0.642																										
Ramp 1	7.794	290	0.000																									
Sample Information	None																											

GC Method Translation

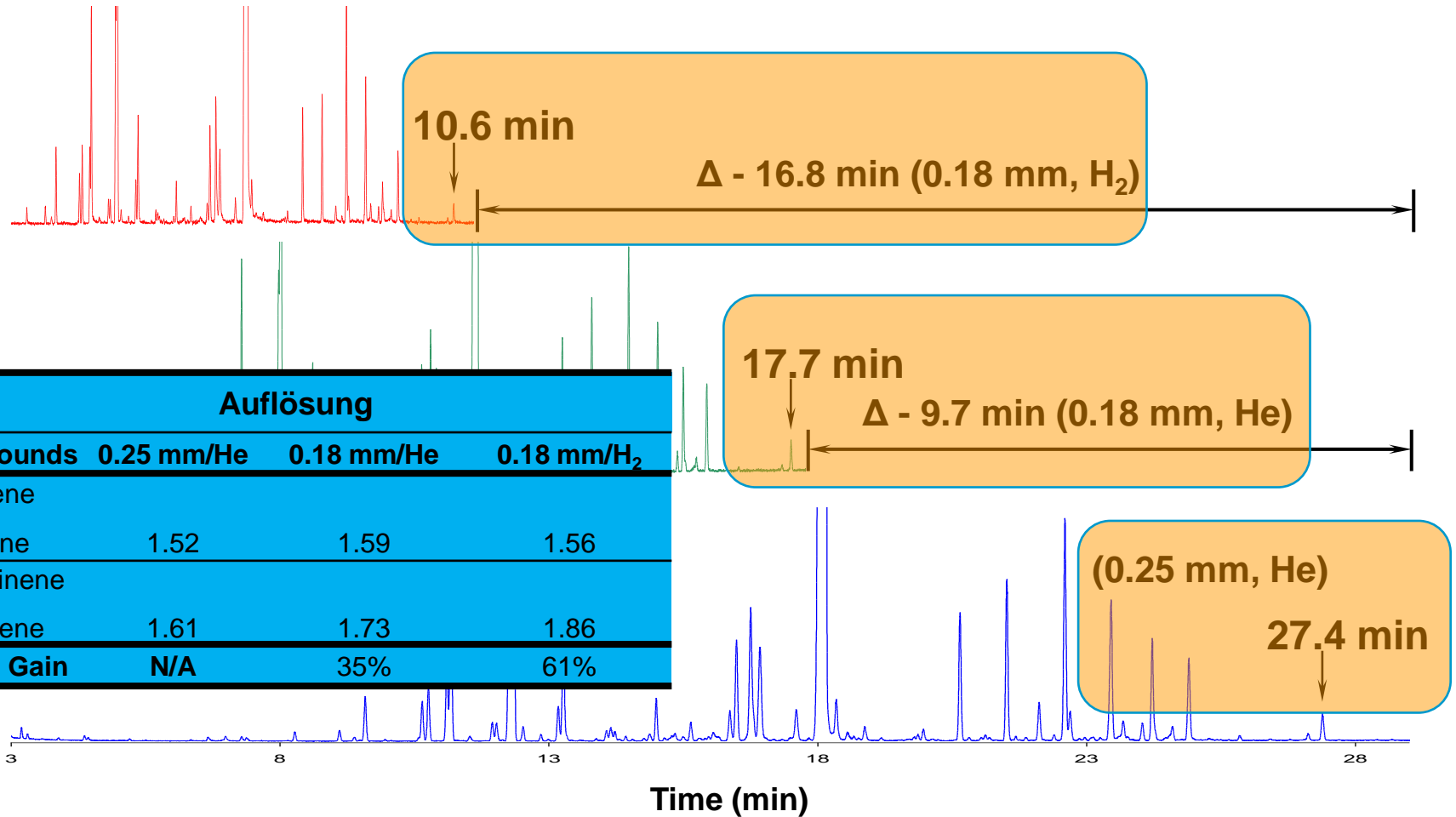
Criterion: Translate Only Best Efficiency Fast Analysis None **Speed gain: 2.59618**

	Original Method	Translated Method																										
Column																												
Length, m	30	<input type="checkbox"/> 20																										
Internal Diameter, μm	250.0	<input type="checkbox"/> 180																										
Film																												
Thickness, μm	0.250	<input type="radio"/> Unlock																										
Phase Ratio	250.0	<input checked="" type="radio"/> 0.180																										
		<input type="radio"/> 250.0																										
Carrier Gas	Helium	<input type="checkbox"/> Hydrogen																										
Enter one Setpoint																												
Head Pressure, psi	0.563	0.610																										
Flow Rate, mLn/min	0.4833	0.4350																										
Outlet Velocity, cm/sec	Very large	Very large																										
Average Velocity, cm/sec	25.00	43.27																										
Hold-up Time, min	2.00000	0.770362																										
Outlet Pressure (absolute), psi	0	<input checked="" type="checkbox"/> 0																										
Ambient Pressure (absolute), psi	14.696	<input type="checkbox"/> 14.696																										
Oven Temperature 1-ramp Program																												
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ramp Rate</th> <th>Final Temp.</th> <th>Final Time</th> </tr> <tr> <th>$^{\circ}\text{C}/\text{min}$</th> <th>$^{\circ}\text{C}$</th> <th>min</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Initial</td> <td>40</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Ramp 1</td> <td>5</td> <td>290</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Ramp Rate	Final Temp.	Final Time	$^{\circ}\text{C}/\text{min}$	$^{\circ}\text{C}$	min	Initial	40	1	Ramp 1	5	290	0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ramp Rate</th> <th>Final Temp.</th> <th>Final Time</th> </tr> <tr> <th>$^{\circ}\text{C}/\text{min}$</th> <th>$^{\circ}\text{C}$</th> <th>min</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Initial</td> <td>40</td> <td>0.385</td> </tr> <tr> <td>Ramp 1</td> <td>12.981</td> <td>290</td> <td>0.000</td> </tr> </tbody> </table>	Ramp Rate	Final Temp.	Final Time	$^{\circ}\text{C}/\text{min}$	$^{\circ}\text{C}$	min	Initial	40	0.385	Ramp 1	12.981	290	0.000
Ramp Rate	Final Temp.	Final Time																										
$^{\circ}\text{C}/\text{min}$	$^{\circ}\text{C}$	min																										
Initial	40	1																										
Ramp 1	5	290	0																									
Ramp Rate	Final Temp.	Final Time																										
$^{\circ}\text{C}/\text{min}$	$^{\circ}\text{C}$	min																										
Initial	40	0.385																										
Ramp 1	12.981	290	0.000																									
Sample Information	None																											



Gesteigerter Durchsatz: Methodentransfer

Beispiel Minzöl: He/0.25 mm ID → He/0.18 mm ID → H₂/0.18 mm ID



Was bietet Agilent noch im Bereich CSD*?

Technischer Support

- Tel: 0800-603-1000 E-Mail: customercare_germany@agilent.com
- Ansprechpartner/Außendienst CSD in den einzelnen Regionen

Informationsmaterial

- Broschüren, Applikationen, freie Software, neuer Katalog (ca. April 2011)
- Applikationsdatenbank *ScanView* (auf CD; neue Version in Kürze)

Testsäulen + Probekartuschen

- unverbindlicher Säulentest: **Buy & Try-Programm**
- kostenlose SPE-Probekartuschen

*CSD umfaßt GC- und HPLC-Säulen, SPE, Supplies usw.





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

