
Ansätze zur Emissionsminderung entlang der Prozesskette der Kunststoff-Verarbeitung



Dr. Jörg Woidasky, Dr. Jan Diemert

Gliederung

- Fraunhofer-Gesellschaft
- Ansätze entlang der Prozesskette
 - Werkstoffe
 - Nachbehandlungsverfahren
 - Urformprozesse
- Zusammenfassung

Fraunhofer-Gesellschaft

57 Institute

40 Standorte

1 Mrd. € Umsatz

13.000 Mitarbeiter



ICT Institutsleitung (IL)
Prof. Dr. P. Elsner

Querschnittsaufgaben (QA)
Dr. B. Hefer, C. Steuerwald

Finanzen
Personal
Organisation

Controlling
C. Steuerwald

Zentrales Management (ZM)
Dr. S. Tröster

Forschungsplanung
Kommunikation
Internationale Aktivitäten

**Energetische
Materialien (EM)**
Dr. H. Krause
Dr. T. Keicher,
Dr. S. Löbbecke

Analytik
Synthese
Reaktionstechnik
Partikeltechnik
Explosivstofftechnik

**Energetische Systeme
(ES)**
W. Eckl, G. Langer,
Dr. N. Eisenreich

Systementwicklung
Diagnostik
Simulation und
Modellierung
Sicherheit und Schutz

**Angewandte
Elektrochemie (AE)**
Dr. M. Krausa
Dr. K. Pinkwart

Batterien
Brennstoffzellen
Sensoren
Elektrokatalyse

**Umwelt-
Engineering (UE)**
Prof. Dr. T. Hirth
Dr. J. Woidasky
R. Schweppe

Umweltfreundliche
Produktionsverfahren
Kreislauf- und
Abfallwirtschaft
Umweltsimulation

**Polymer-Engineering
(PE)**
Dr. F. Henning
Dr. J. Diemert

Faserverbundtechnik
Mikrowellen, Plasma
Integrierte Prozesse
Werkzeugtechnik
Werkstoffe

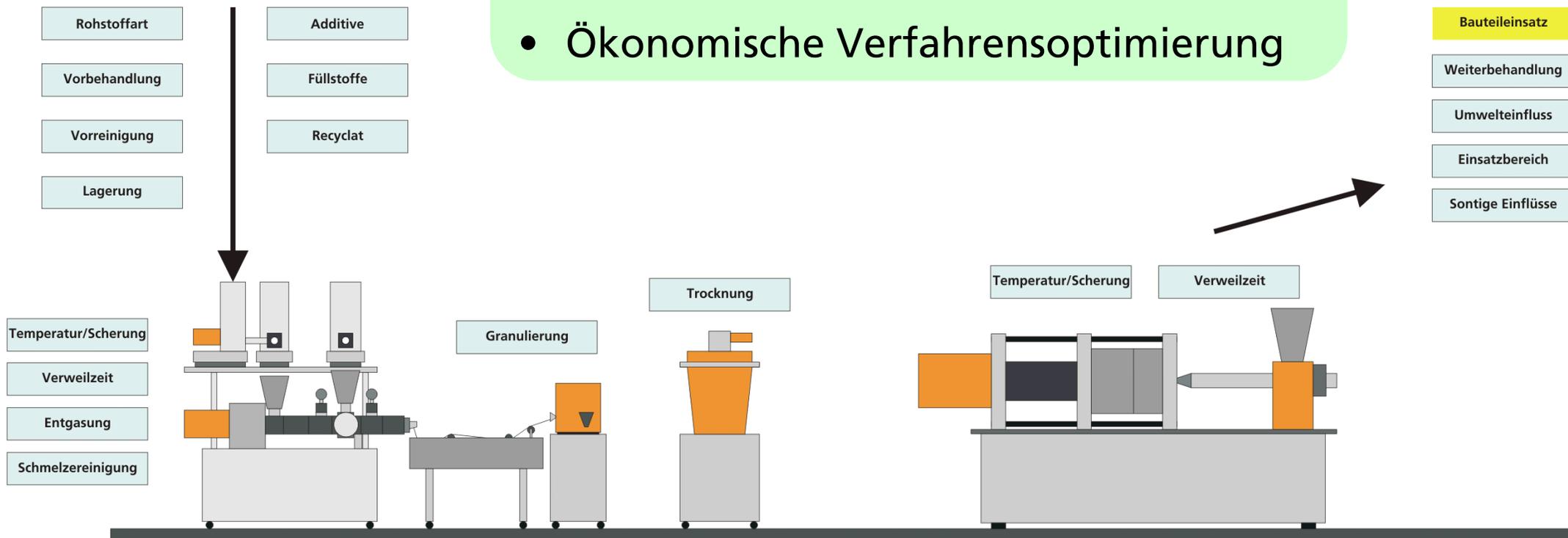
Archivierungsangaben

Seite 5

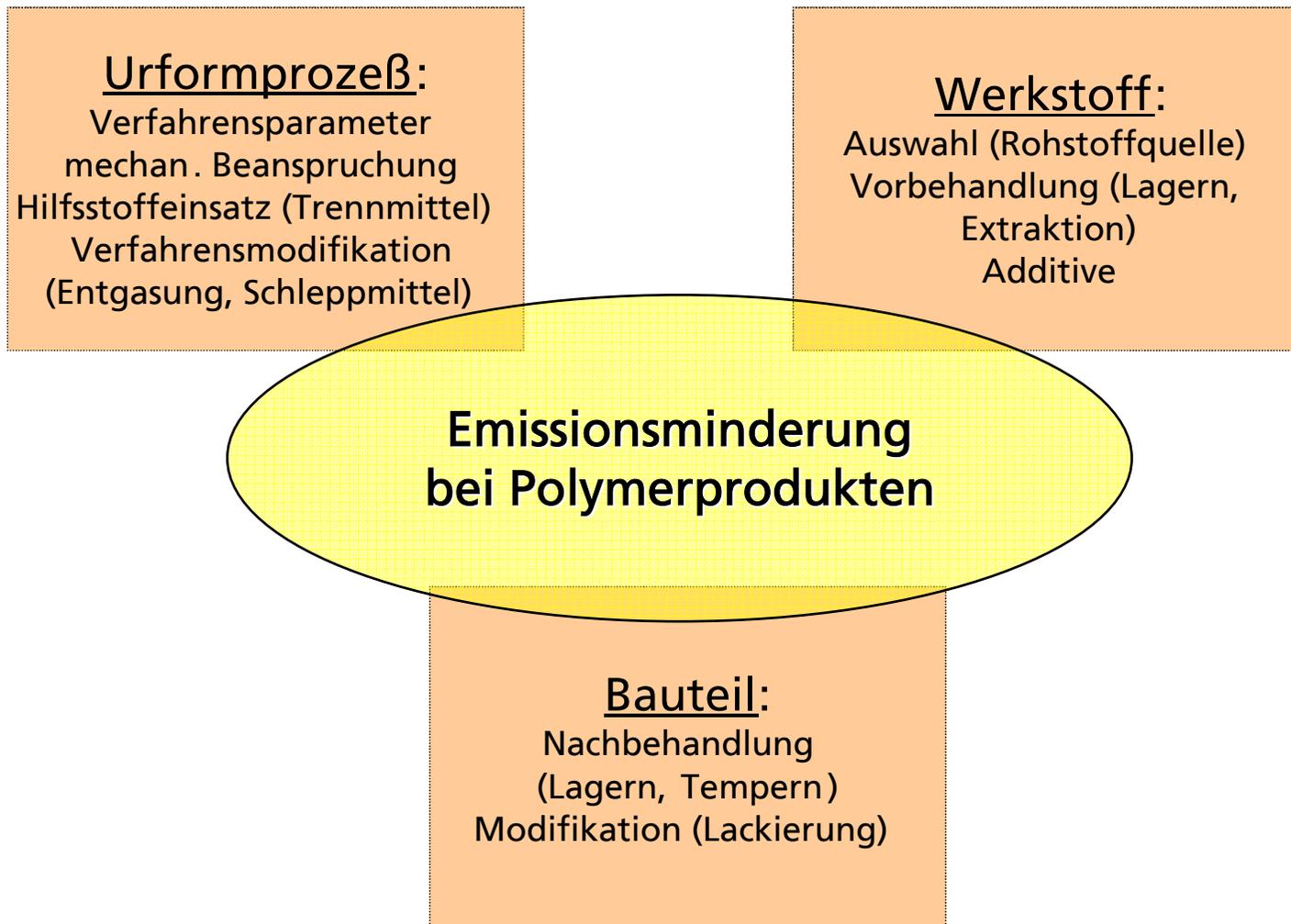
Emissionsoptimierung entlang der Prozeßkette

Emissionsoptimierte Produkte:

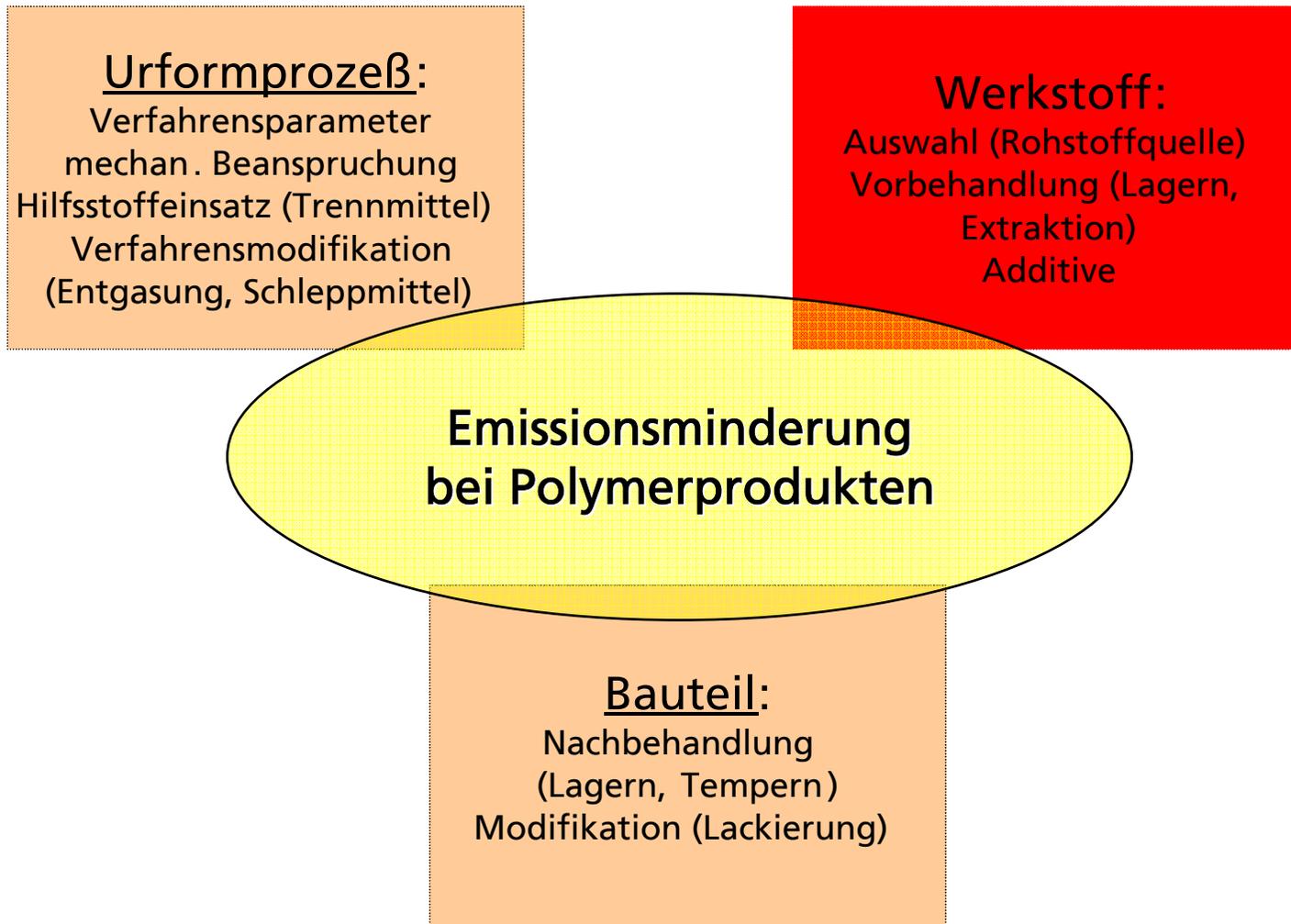
- Identifikation der relevanten Verarbeitungsschritte
- Ökonomische Verfahrensoptimierung



Emissionsminderungsansätze für Polymerprodukte



Emissionsminderung durch Werkstoffauswahl

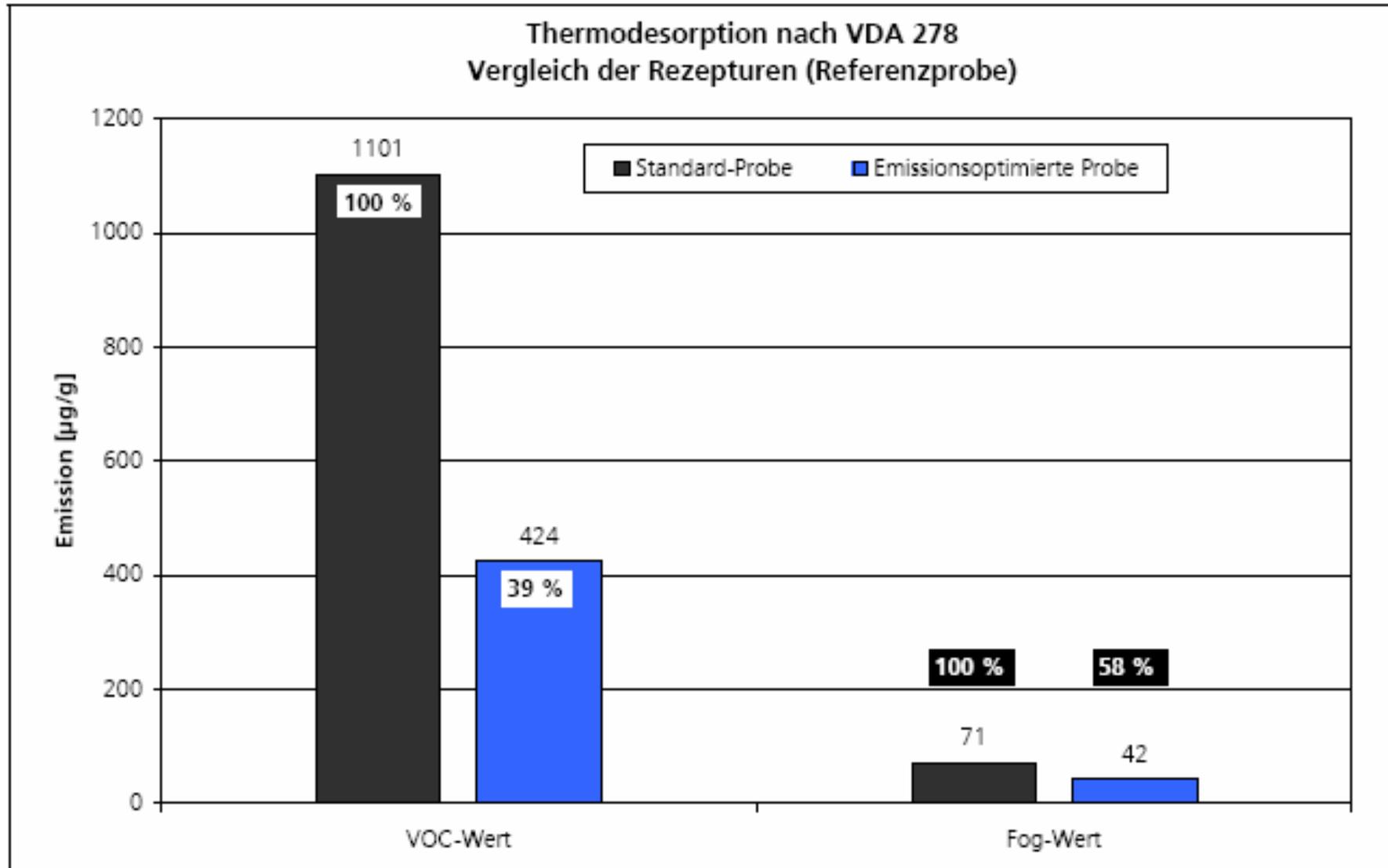


Ursachenaufklärung: Herkunft von Emissionen in Compounds

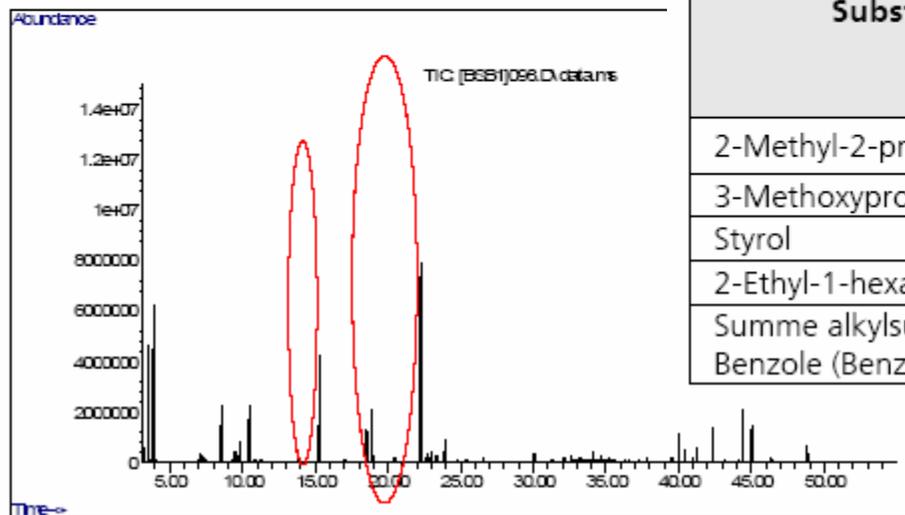
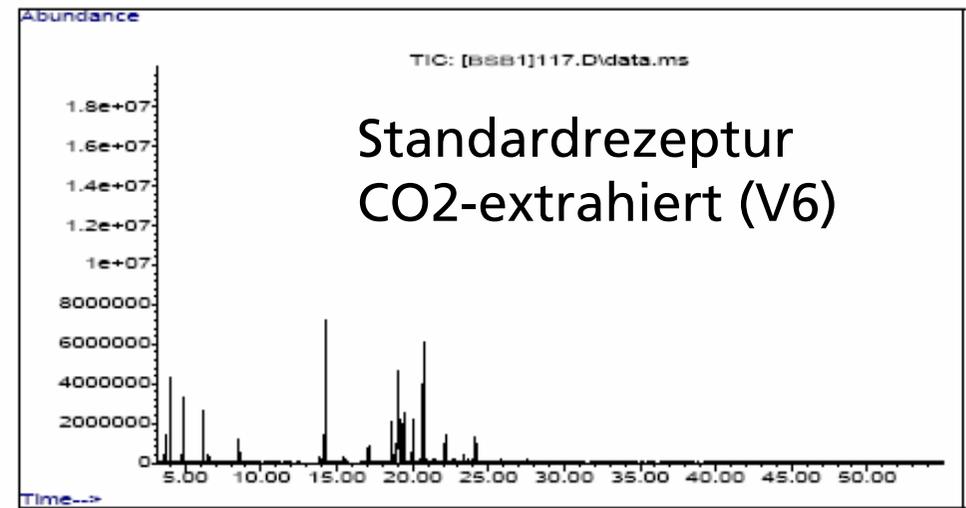
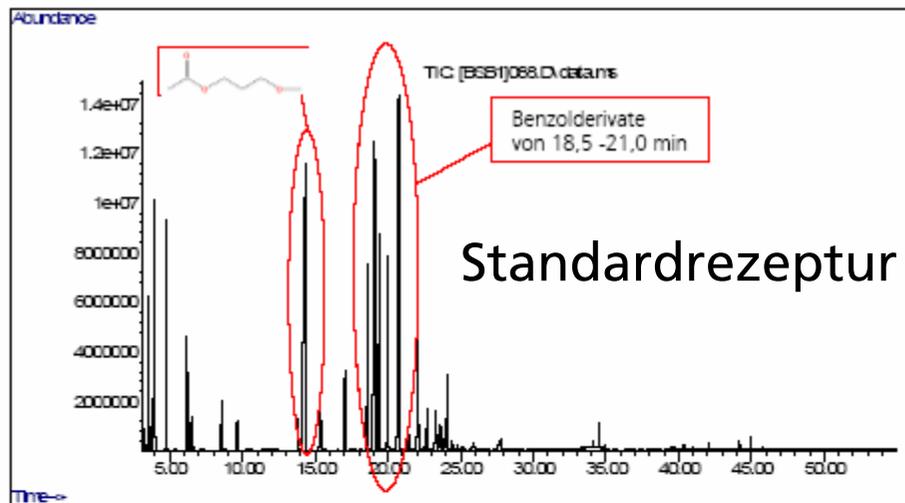
VOC	Compound I		Quelle			
Retention [min]	Substanzname	Fläche in %	aus Vor-material 1	aus Vor-material 2	aus Vor-material 3	aus Vor-Material 4
3,837	Toluol	20,08	X			
5,064	2,4-Dimethylheptan	3,30				
6,400	p-Xylol	4,80	X			
11,062	Trimethylbenzol	5,59				
12,636	Limonen	4,59				
14,105	C12-Alkan 43 57 71 85	6,30				
23,593	C15-Alkan 43 57 71 85 / 99 113 127 / 155	8,11				
25,097	C15-Alkan 43 57 71 85 / 99 113 127 / 155 169	5,13				
29,875	C18-Alkan 43 57 71 85 / 99 113 127 / 155	8,08				
30,286	BHT (2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol)	13,40	X			
31,003	C18-Alkan 43 57 71 85 / 99 113 127 / 155 169	6,59				
34,688	? C20- / C21-Alkan 43 57 71 85 / 99 113 127 / 155 169	5,87				
35,405	? C20- / C21-Alkan 43 57 71 85 / 99 113 127 / 155 169	4,74				
37,708	? C20- / C21-Alkan 43 57 71 85 / 99 113 127 / 155 169	3,43				
	"Rechnerische Emissionseinsparung" bei Verzicht		ca. 38%	0	0	0
FOG						
Retention [min]	Substanzname	Fläche in %				
13,221	? Octadecanol 29 43 55 69 83 97 111 125	52,64			X	
13,701	? C21-Alkan 43 57 71 85 / 99 113 127 / 155 169 / 202	21,17	X	X	X	
14,054	? C21-Alkan 43 57 71 85 / 99 113 127 / 155 169 / 178 251	14,30				
15,020	? 29 43 55 69 83 97 111 127	5,07			X	
15,495	? C24- / C25-Alkan 43 57 71 85 / 99 113 127 / 155 169	6,83		X		
	"Rechnerische Emissionseinsparung" bei Verzicht		ca. 7%	ca. 15%	ca. 65%	0

weiß <5%
gelb 5-10%
rot >10%

Emissionen der Standard- und emissionsoptimierten SMC-Rezeptur



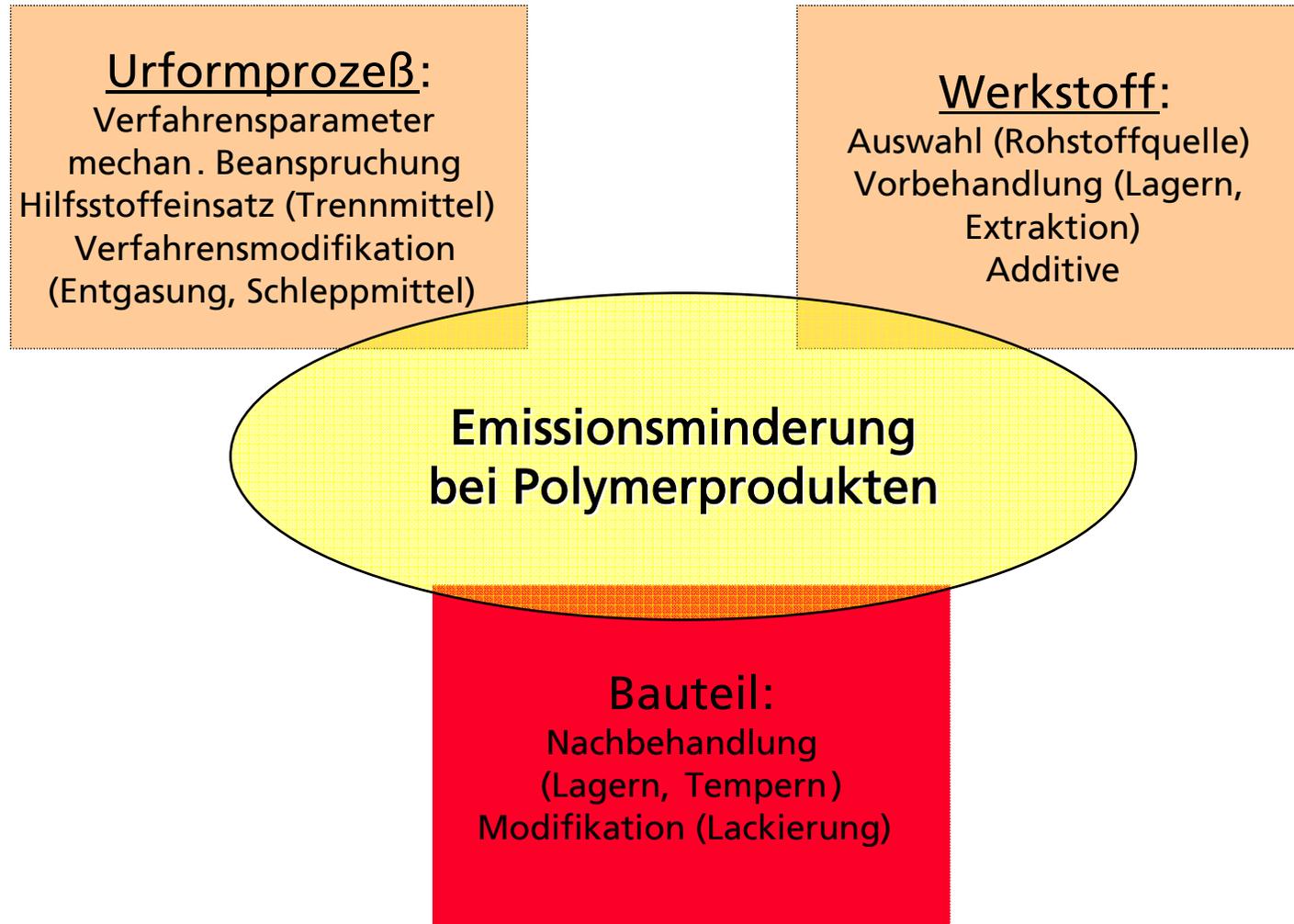
SMC: Einzelstoffe



Substanz	Retentionszeit [min]	Standard SMC		Emissionsoptimiertes SMC	
		Abs. Anteil [µg/g]	Rel. Anteil an Gesamtfläche	Abs. Anteil [µg/g]	Rel. Anteil an Gesamtfläche
2-Methyl-2-propanol	3,9	72	6,5 %	53	12,5 %
3-Methoxypropylacetat	14,4	215	19,5 %	0	0 %
Styrol	15,3	11	1,0 %	43	10,1 %
2-Ethyl-1-hexanol	22,2	6	0,6 %	101	23,9 %
Summe alkylsubstituierte Benzole (Benzolderivate)	-	639	58,0 %	11	2,6 %

Emissionsoptimierte Rezeptur

Emissionsminderung durch Bauteilbehandlung



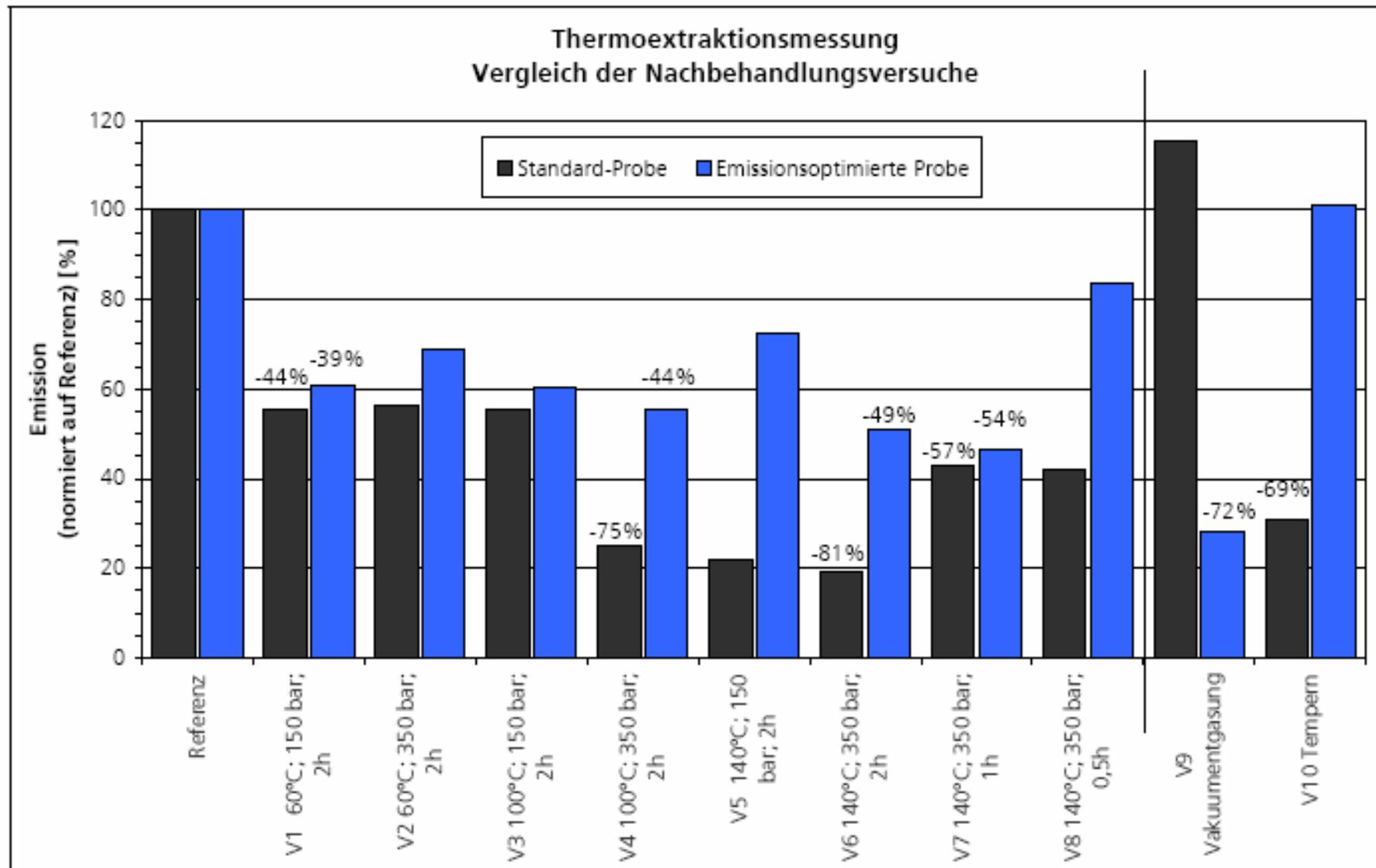
Extraktion von SMC-Bauteilen



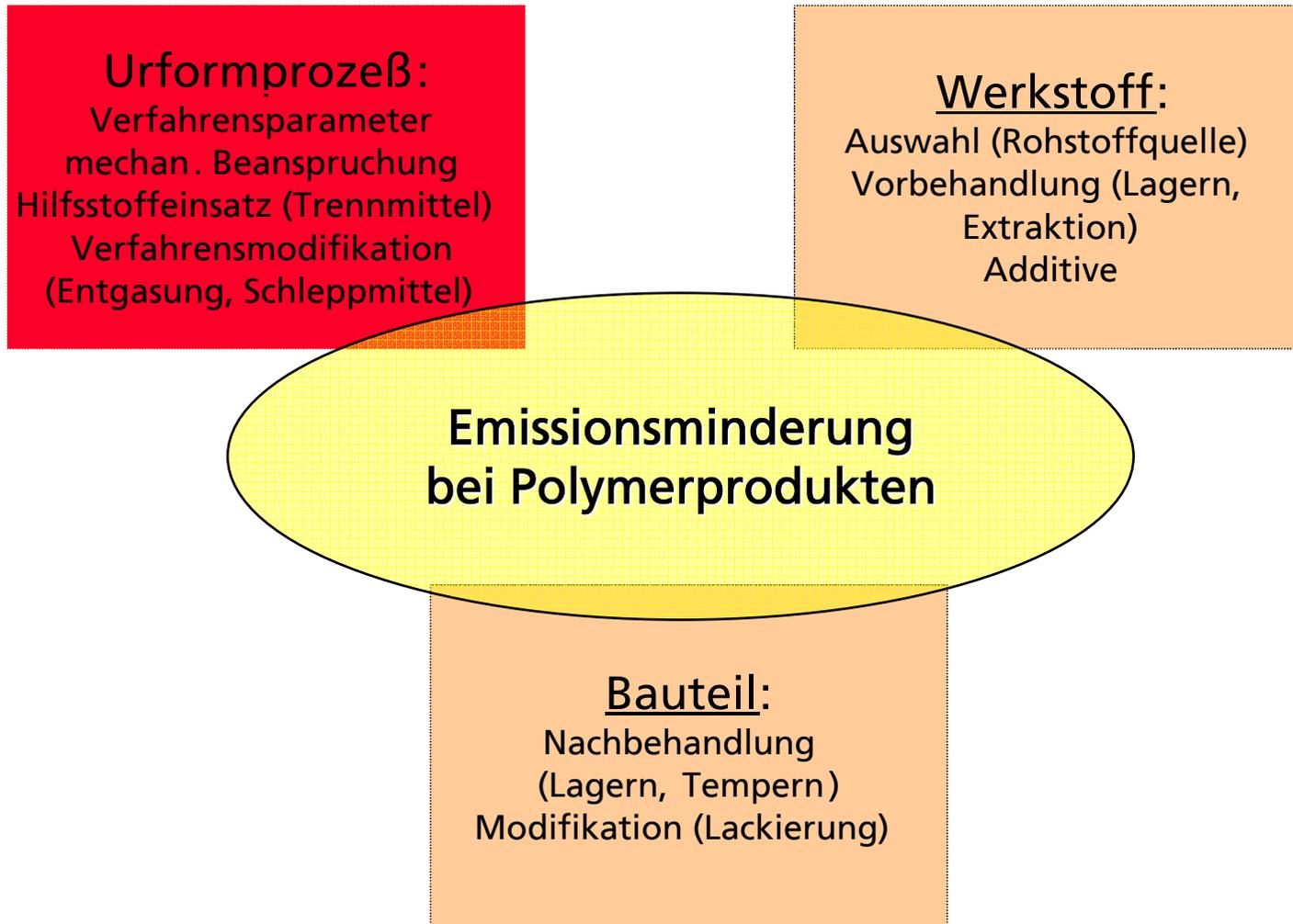
Hochdruckextraktionsanlage

- **Anlage**
2 x 5 l Extraktor (450bar)
2 l Abscheider (80bar)
- **Extraktionsdruck**
100-450 bar
- **Extraktionstemperatur**
25 -160 °C (Thermoöl)
- **CO₂-Durchsatz**
2 - 12 kg/h

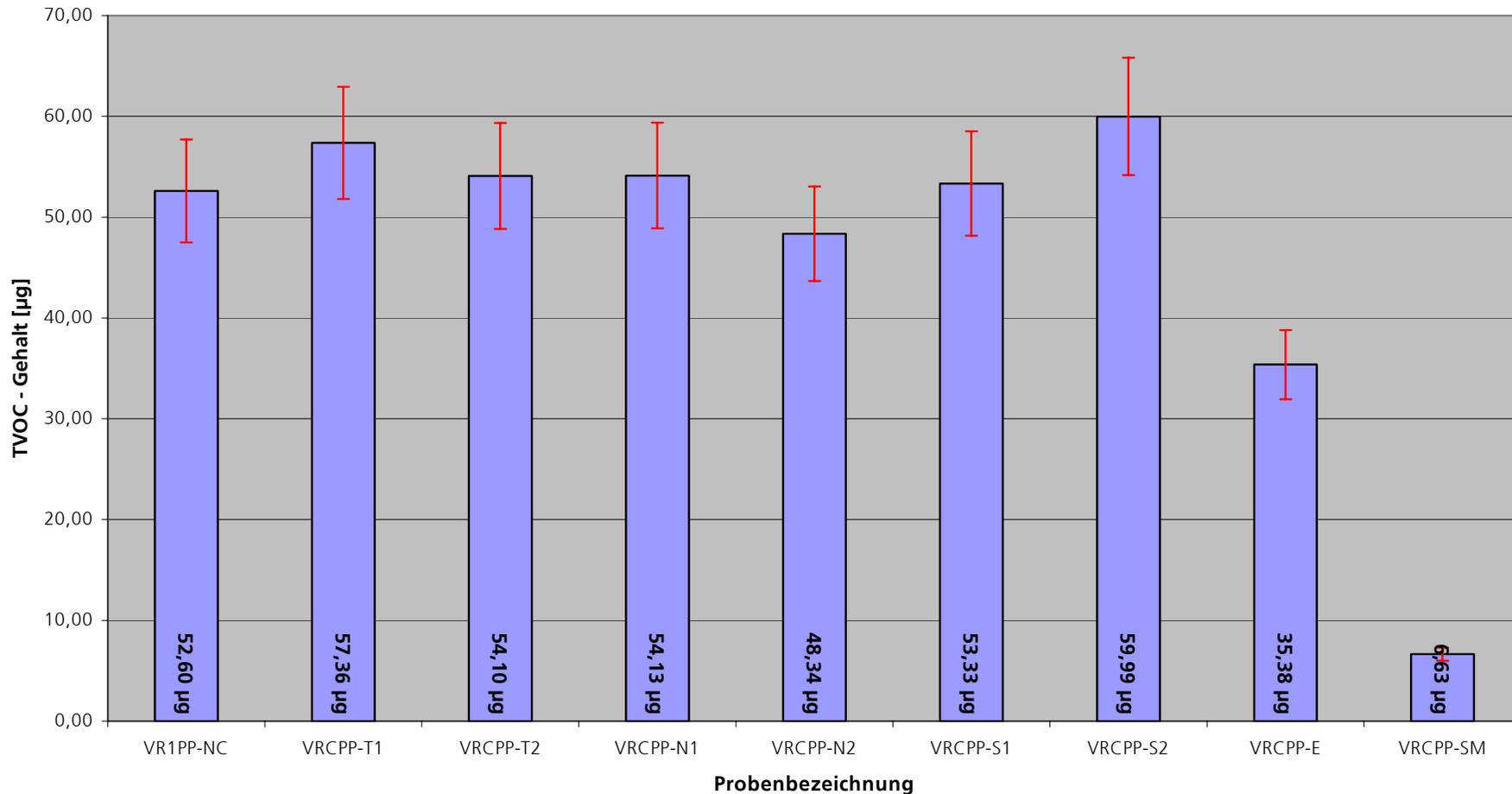
Effekt der Nachbehandlung auf die SMC-Emissionen



Emissionsminderung durch integrierte Prozesse



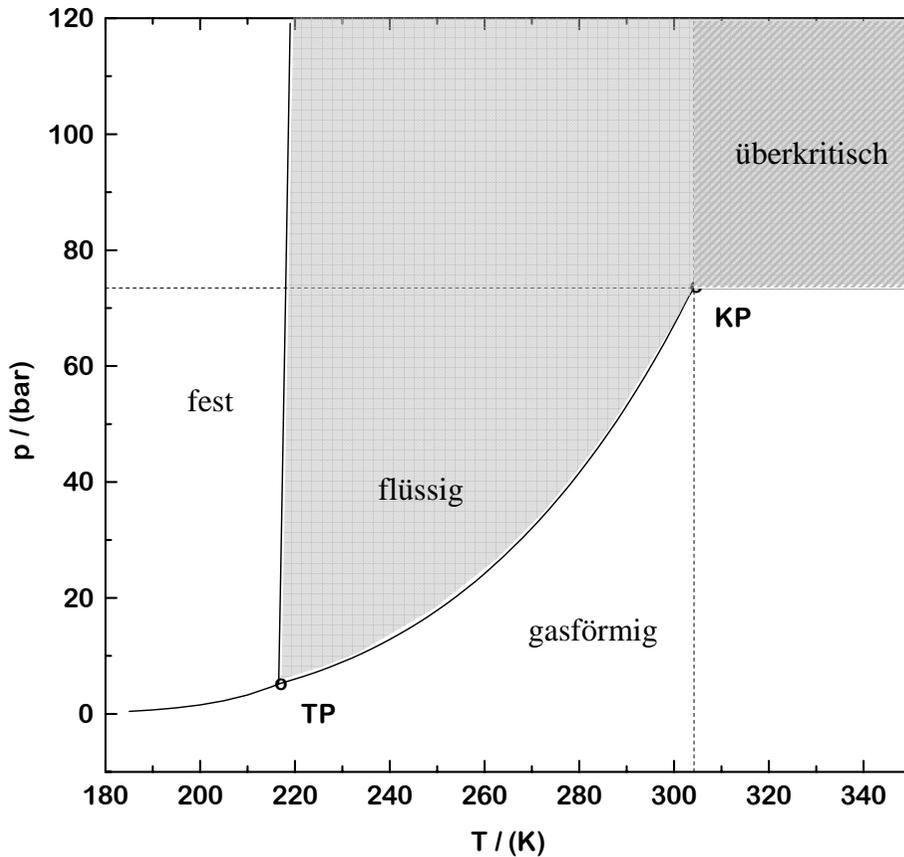
Parametervariation bei der Compoundierung von PP



- **30% Emissionsrückgang bei Entgasung** (bezogen auf Referenzmaterial)
- **70% Emissionsrückgang bei Schleppmitteleinsatz** (bezogen auf Referenzmaterial)
- **Übrige Emissionswerte schwanken lediglich im Rahmen der Messgenauigkeit**

Seite 29

Überkritische Fluide - Kohlendioxid

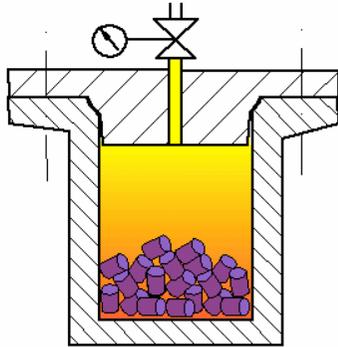


Zustandsdiagramm CO₂

Medium	ρ [g / cm ³]	η [mPa s]	D_{11} [m ² / s]
Gase	$0,6 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-3}$	$10^{-4} - 5 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5} - 4 \cdot 10^{-5}$
Überkritische Fluide	0,2 - 1,0	$10^{-4} - 5 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-8} - 7 \cdot 10^{-8}$
Flüssigkeiten	0,6 - 1,8	1 - 50	$2 \cdot 10^{-10} - 2 \cdot 10^{-9}$

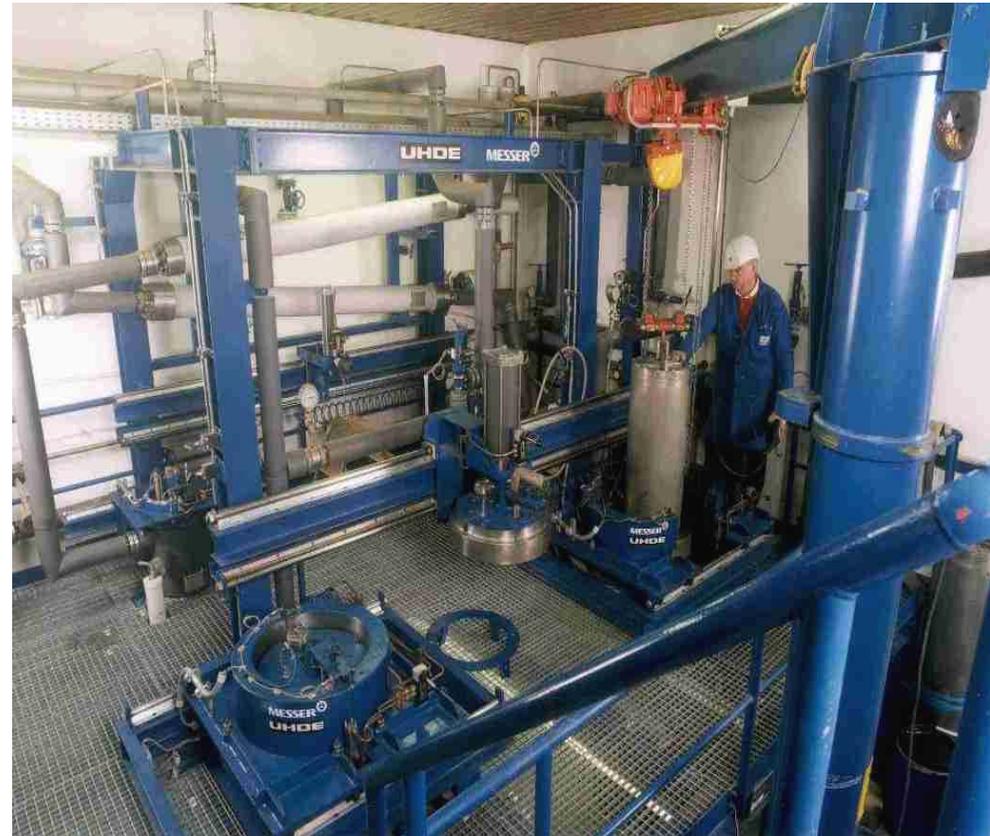
Größenordnung physikalischer Eigenschaften von Gasen,
überkritischen Fluiden und Flüssigkeiten;
 ρ = Dichte, η = Viskosität und D_{11} = Selbstdiffusionskoeffizient

Eigenschaften und Anwendungen von überkritischem Kohlendioxid

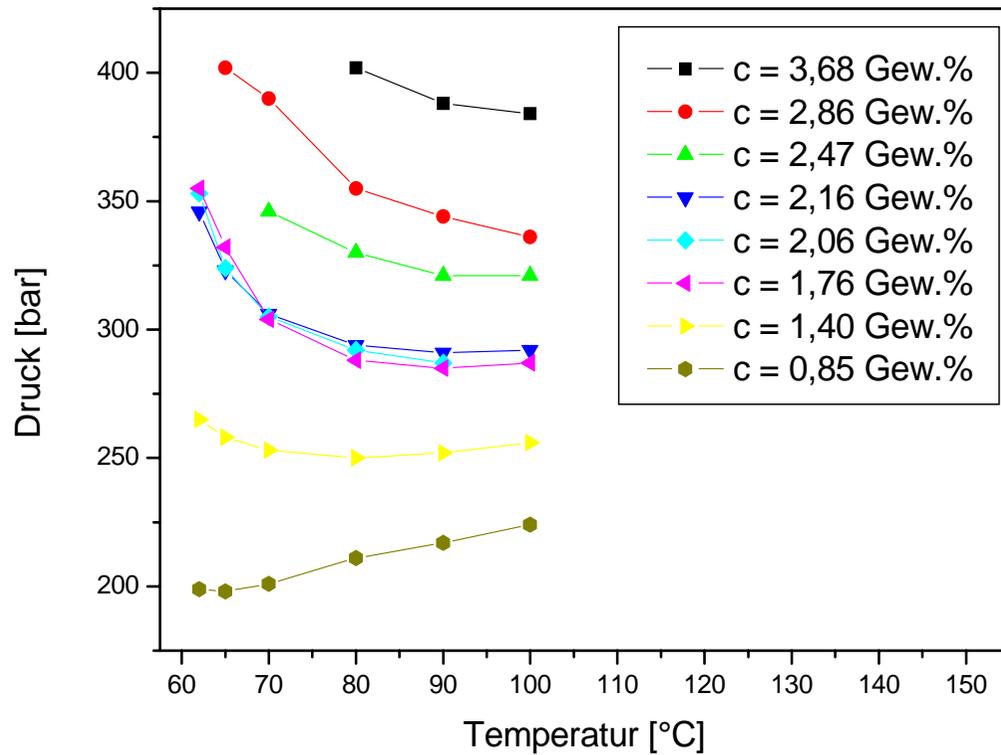


Diskontinuierliche Prozesse
mit hoher Effektivität:

- Entkoffeinierung
- Hopfenextraktion
- Aromenextraktion

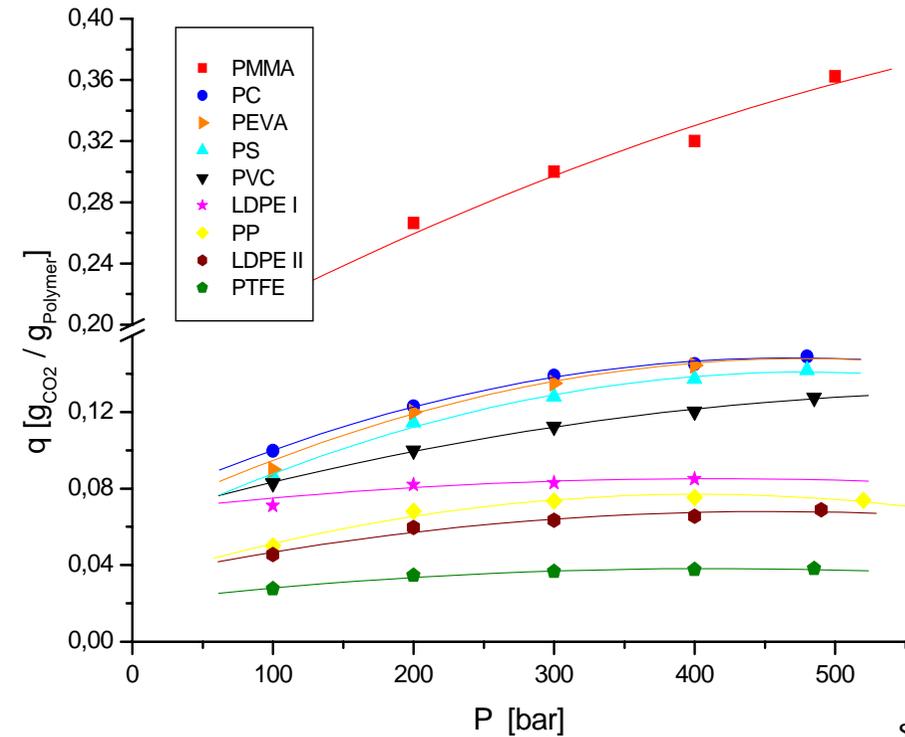


Eigenschaften von Kohlendioxid



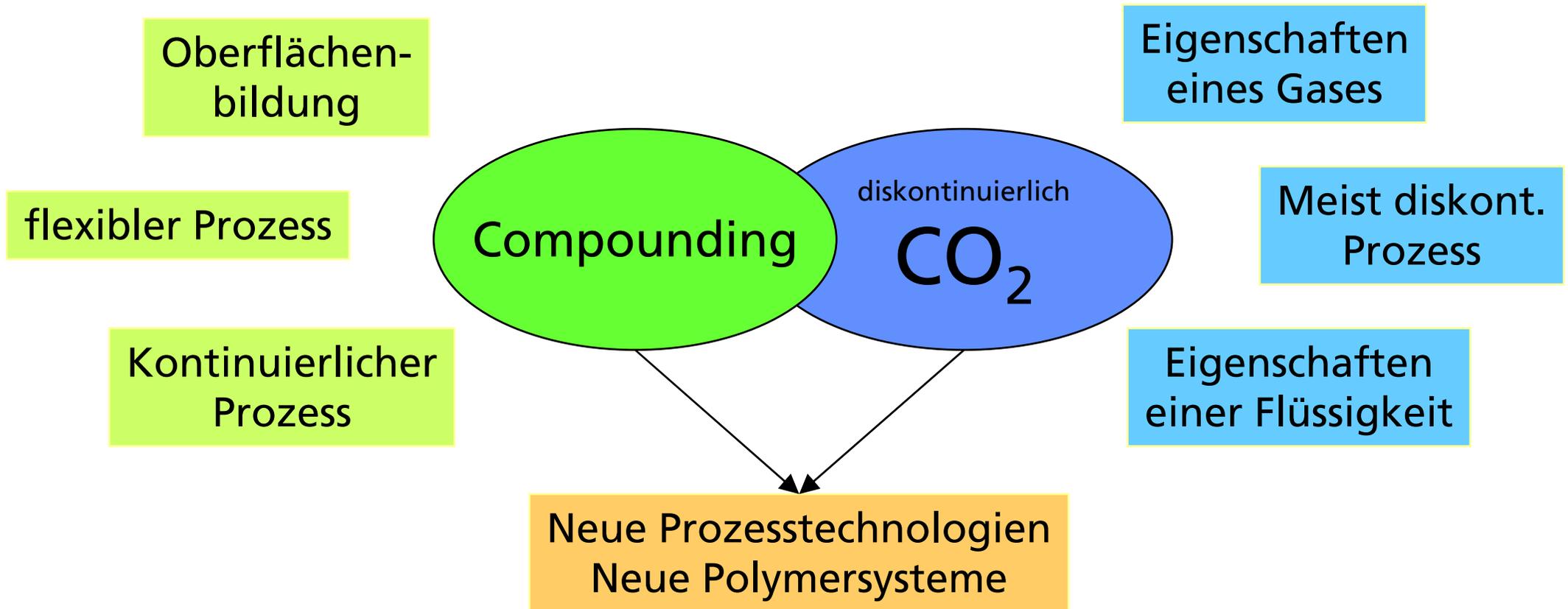
Löslichkeit von Paraffinen

Quellung von Polymeren



Prozeßintegration - Ansatz

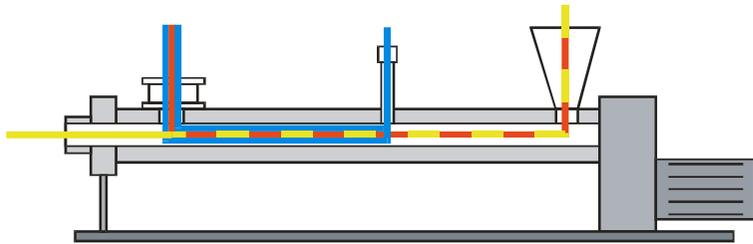
Integrierte Prozesse aus Compounding und Hochdrucktechnik
Nutzung des synergetischen Potenzials von Kunststoff-Compoundierung
und Hochdruckverfahrenstechnik



Verfahrensintegration

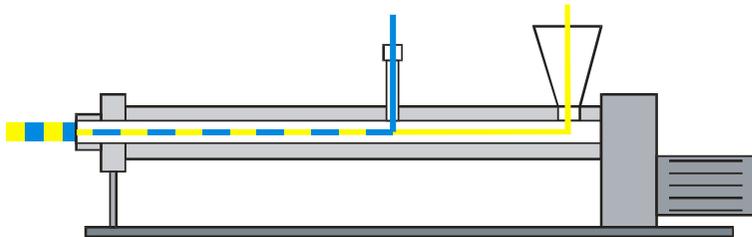
Moderne integrierte Extrusionsprozesse – Integrationsmöglichkeiten mit der Hochdruckverfahrenstechnik

Reinigung

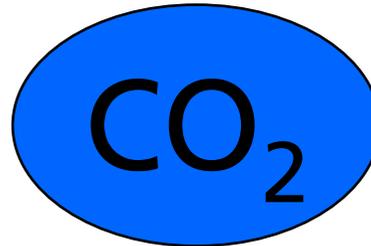


Lösungsmittel und Träger

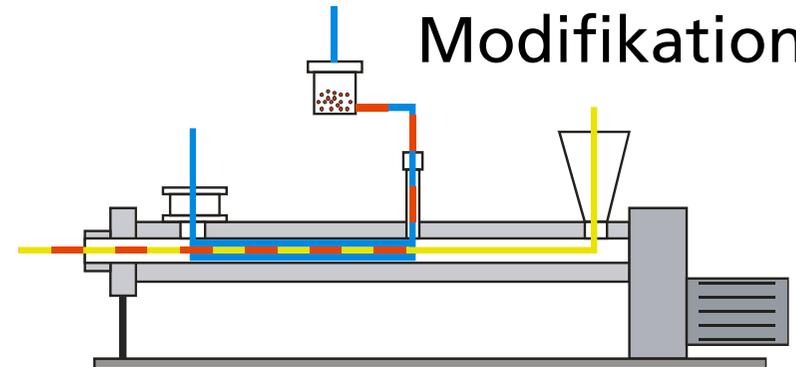
Schäumen



Treibmittel

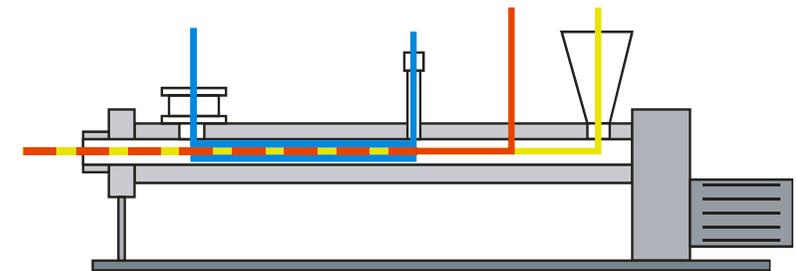


Modifikation



Träger- und Reaktionsmedium

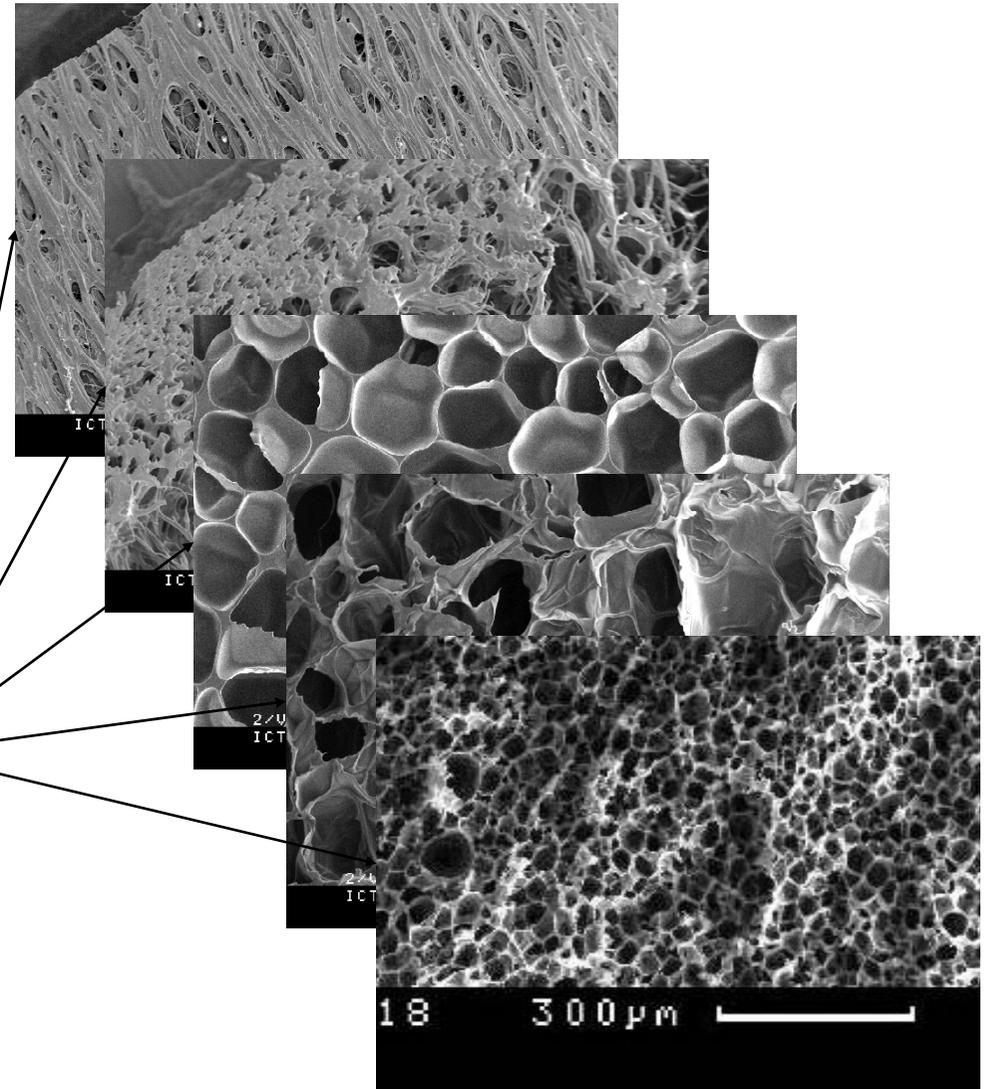
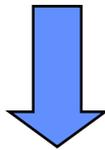
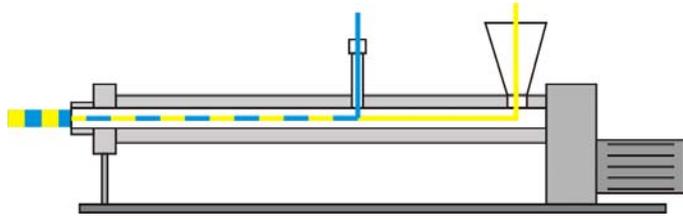
Polymerisation



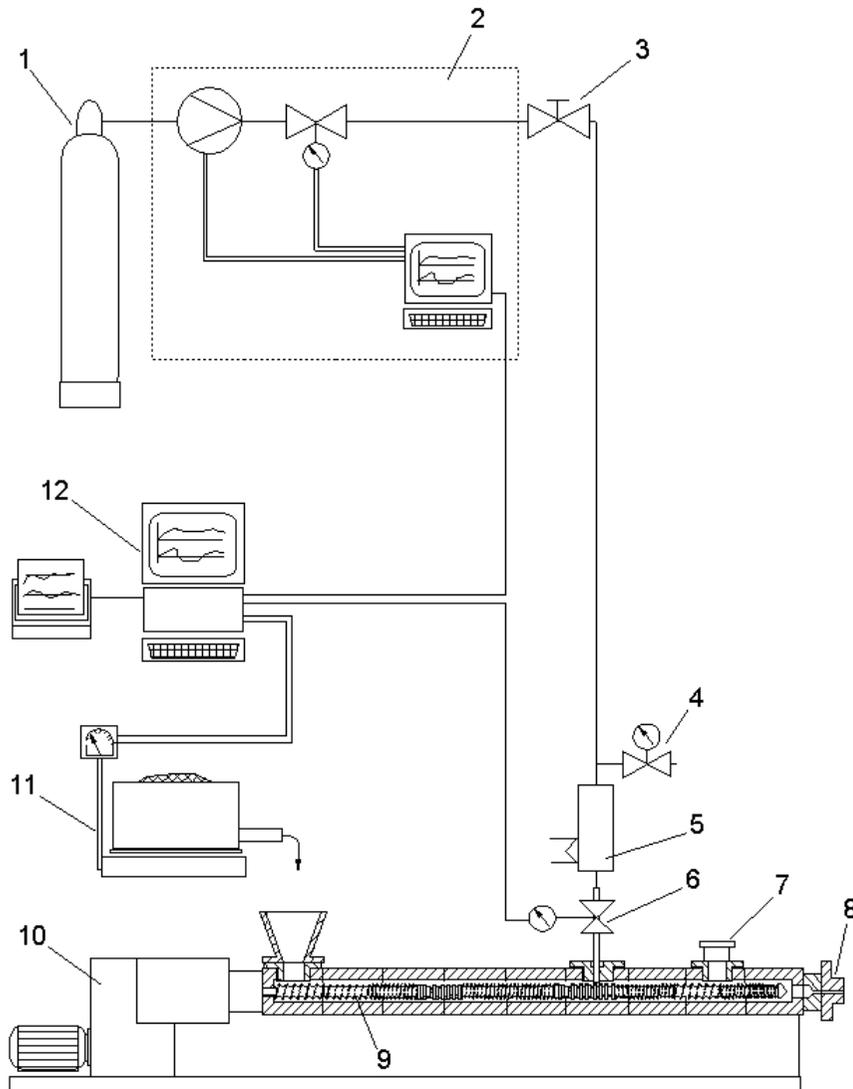
Reaktions- und Trägermedium

Seite 35

Schaumextrusion – vielfältige Möglichkeiten



Anlagentechnik Polymermodifikation / Schaumextrusion



Verfahrensablauf:

Lösen von reaktiven Komponenten im CO₂

Reaktion der Komponenten mit dem Polymer

Extraktion des CO₂ aus der Schmelze

Verfahrensvorteile:

Schnellere Homogenisierung

Verarbeitung thermisch sensibler Additive

Inerte Eindosierung kritischer Substanzen

Patentiertes Verfahren: EP 1 092 527 B1

Integrierte Extrusionsprozesse - Ein Konzept für neue Werkstoffe



Beispiel:
Farbstofftransport

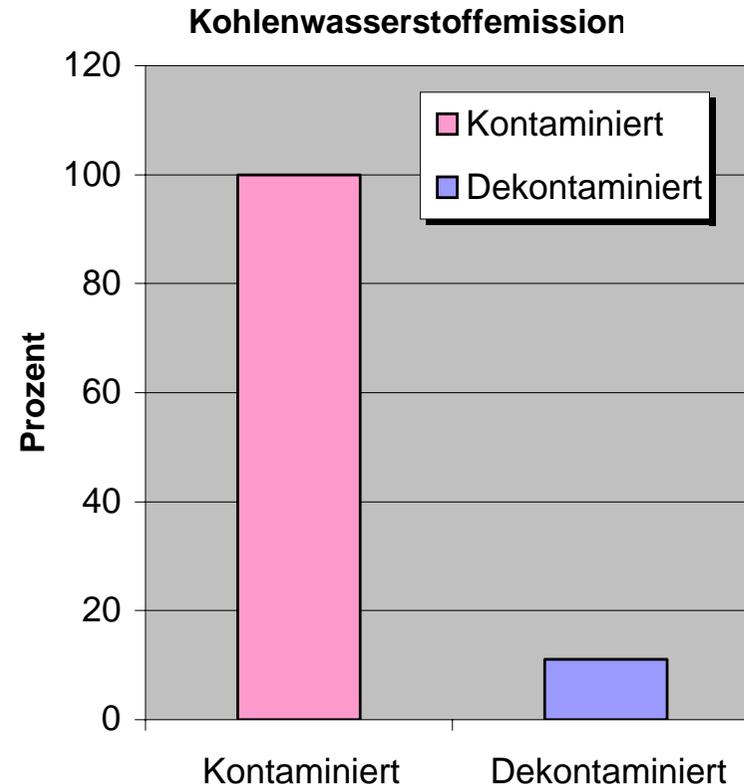
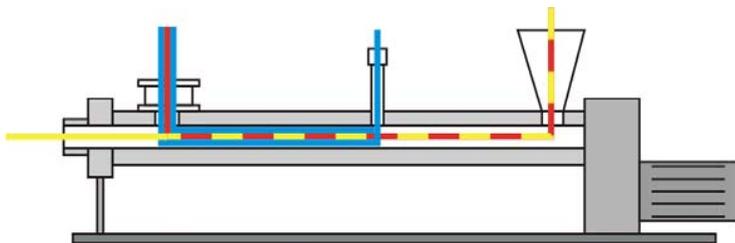


Anwendungspotential:
Peroxide
Wirkstoffe
Precursor-Substanzen

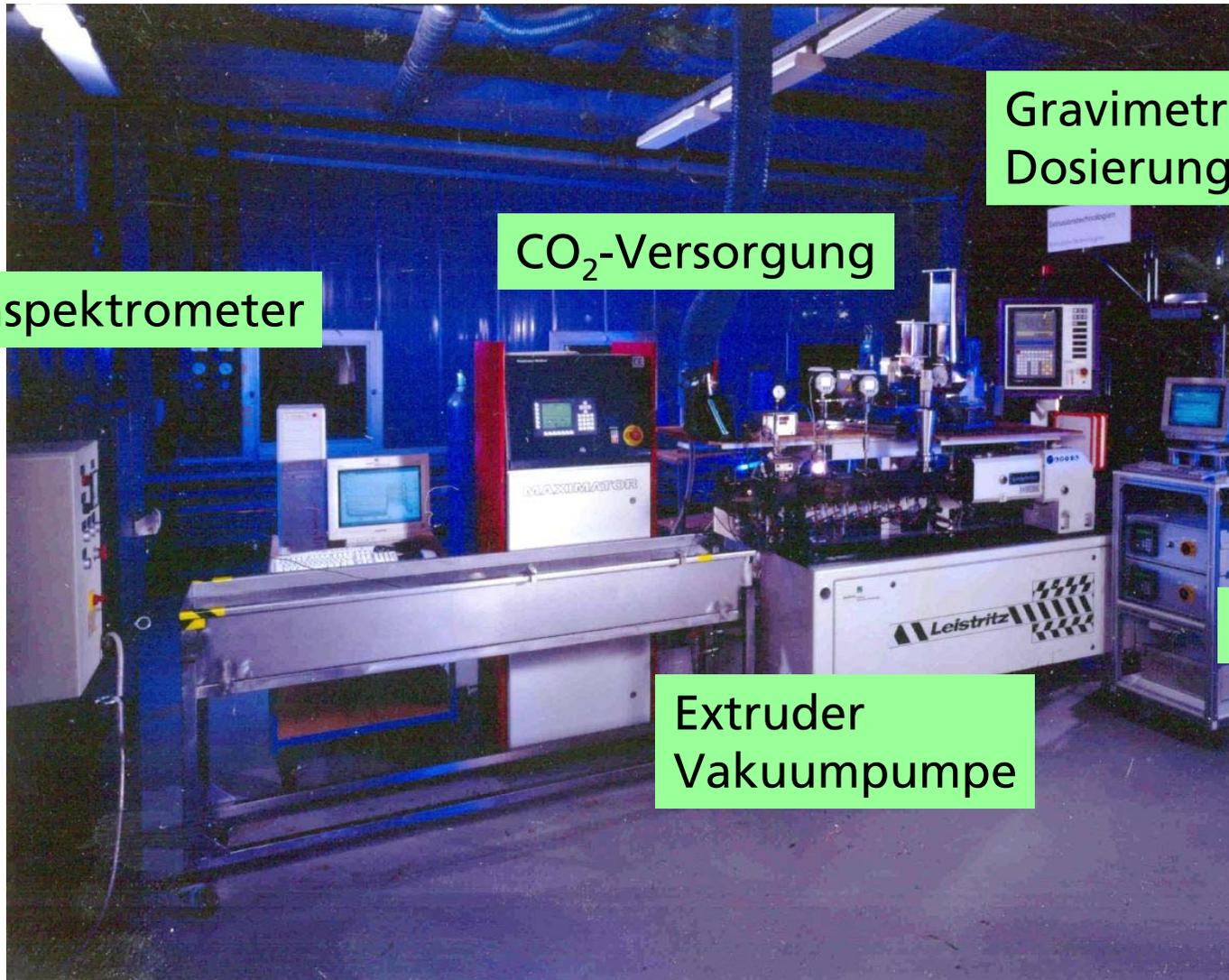
Integrierte Reinigungs- und Compoundierprozesse

Motivation:

- Wiederverwendung kontaminierter Kunststoffe
- Rezyklateinsatz in hochwertigen Bauteilen
- Reduktion der VOC-Werte
- Geruchsreduktion
- Restmonomerentfernung
- Reinigung von Neuware



Integrierte Verfahrenstechnik zur Reinigung und Compoundierung



Massenspektrometer

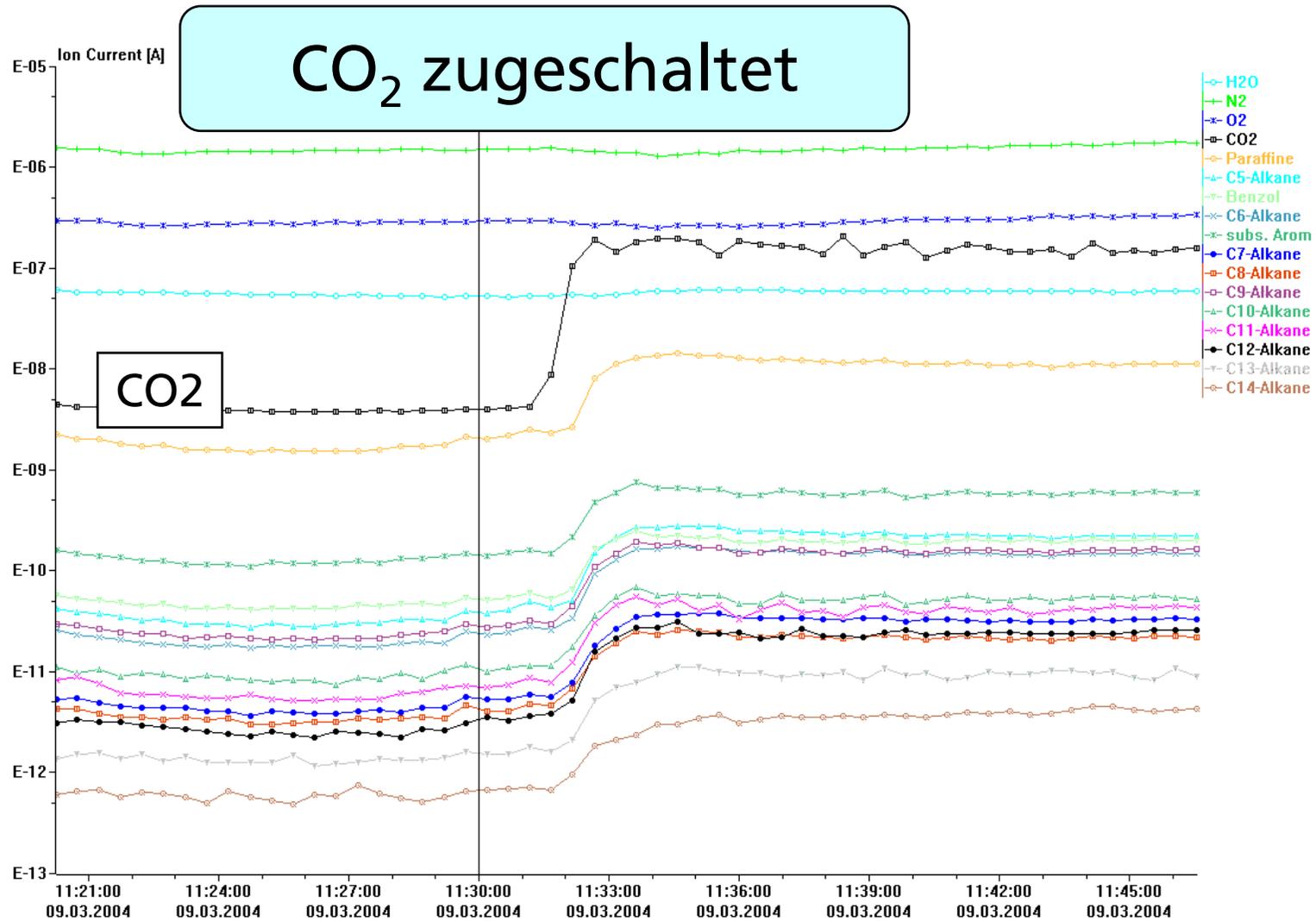
CO₂-Versorgung

Gravimetrische
Dosierung

Extruder
Vakuumpumpe

Meßtechnik

MS-Emissionmessung online am Vakuumdom



Forschungsvorhaben

Entwicklung und Umsetzung eines Verfahrens zur Herstellung emissions- und geruchsarmer Kunststoffe beginnend mit PP-Rezyklaten aus Automobilanwendungen.

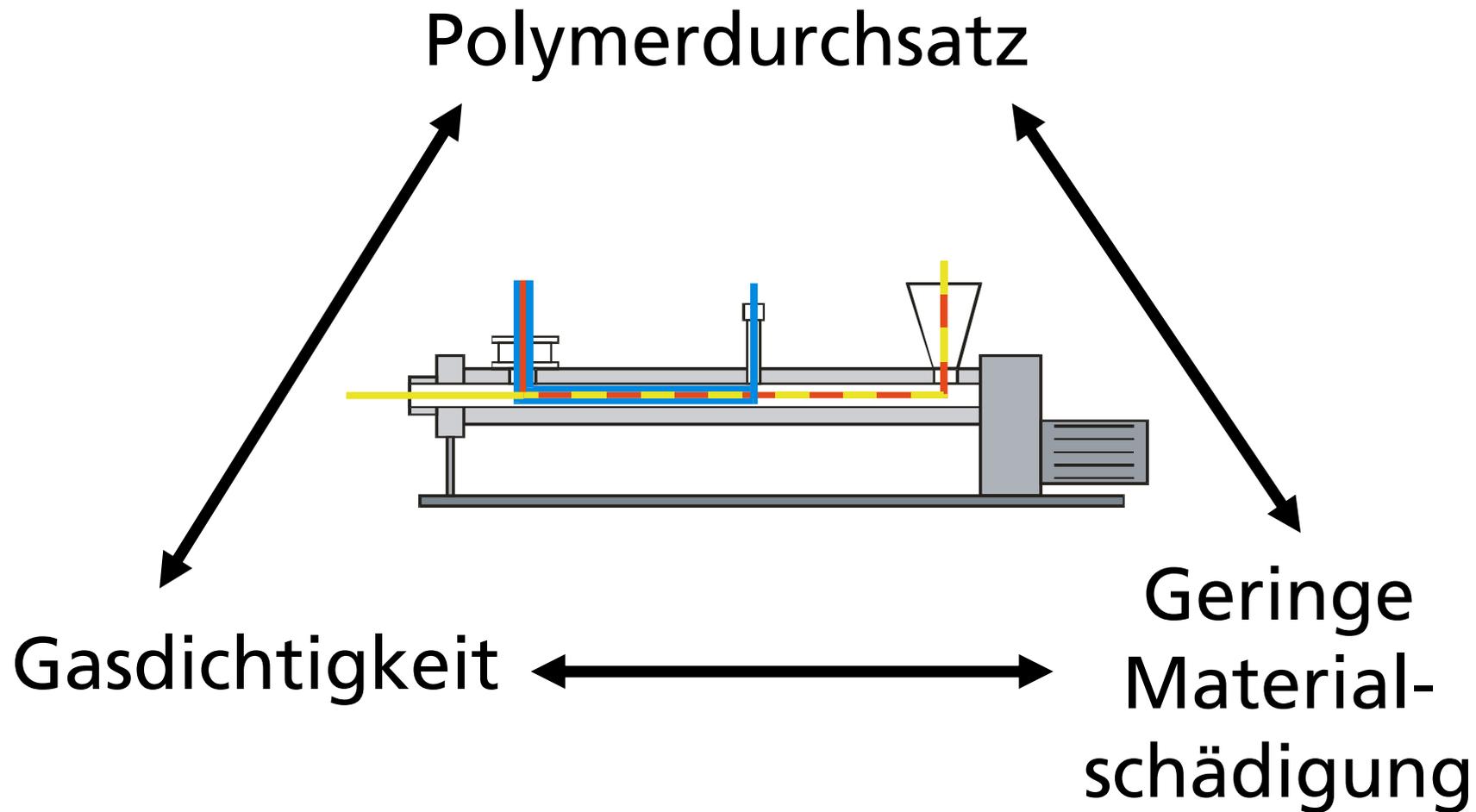
Es soll ein kontinuierliches und kostengünstiges Verfahren zur Polymerreinigung entwickelt werden

Zielvorgabe sind $<0,2$ €/kg Mehrkosten gegenüber der heutigen Verfahrenstechnik ohne Emissionsminderungsmaßnahmen.

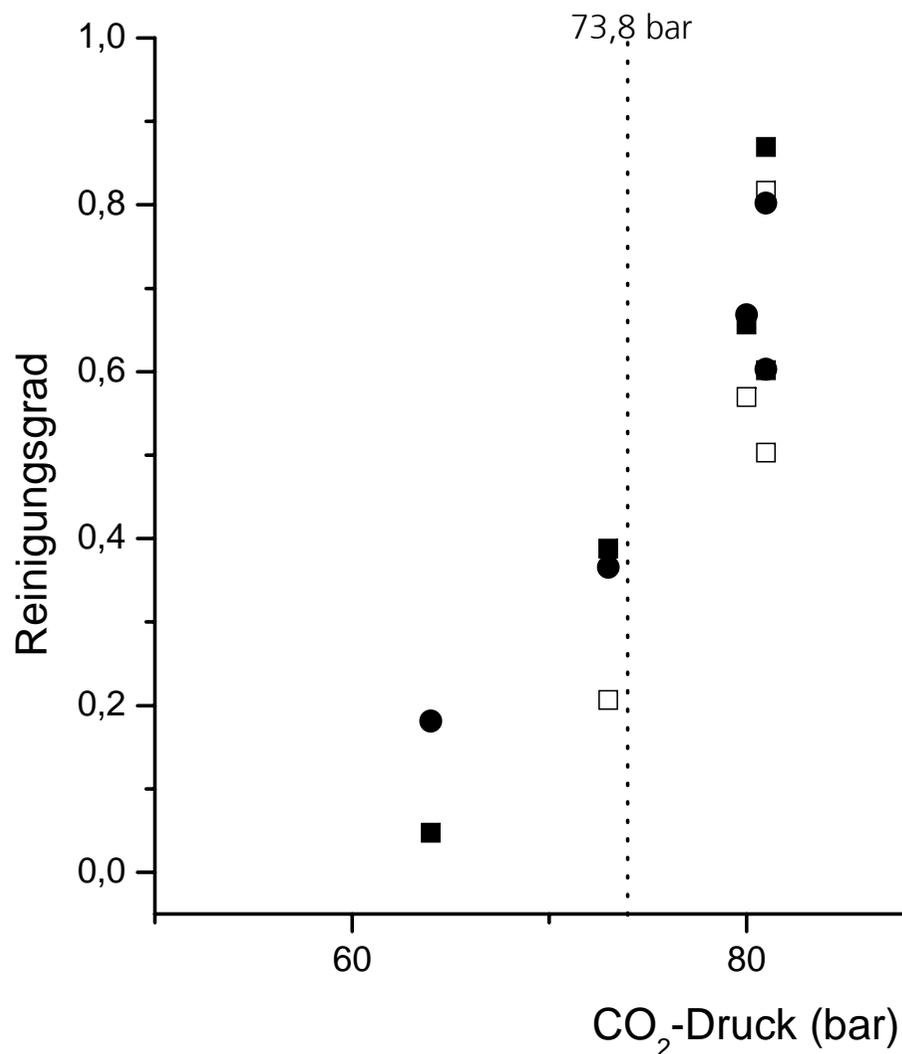


jced.jocogov.org/images/hhw/hhw_batteries.jpg



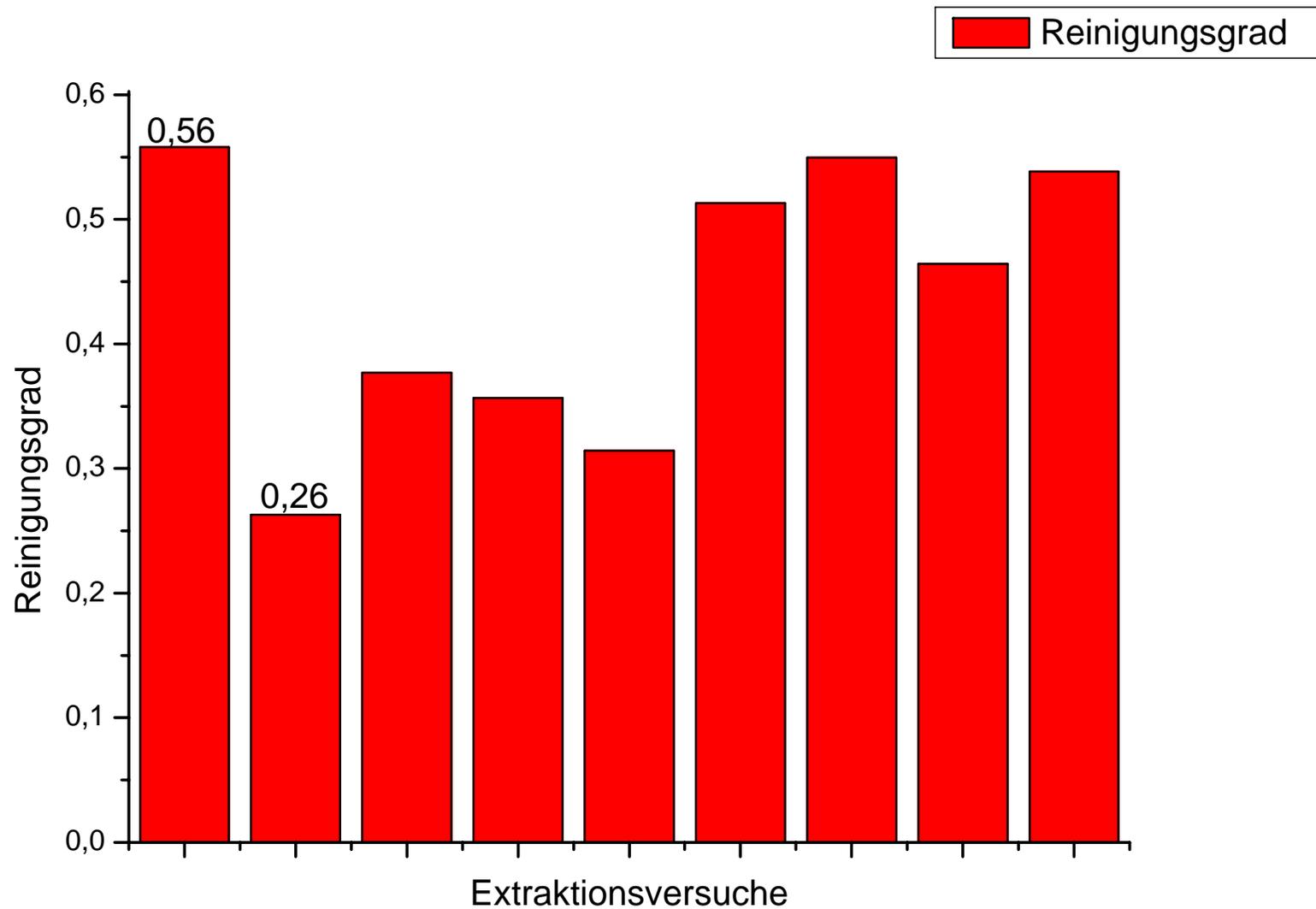


Druckabhängigkeit der Reinigung (HS-MS-Messungen)



Massenzahl	Substanz(klasse)	Bemerkung
57 amu	Summe Paraffine	Mitdetektion auch bei Masse 141, 145, 155, 165, 169
91 amu	substituierte Aromaten	Massen 105, 119 sind auch typisch für Aromaten wie z. B. Toluol, Xylol, Ethylbenzol. Das Tropyliumkation (C ₇ H ₆ ⁺) ist der Summenparameter für alle alkylsubstituierten Aromaten
69 amu	Langkettige Alkohole	1-Octadecanol als "Leitsubstanz" der Fog-Messung des VDA 278-Verfahrens

Reinigungsgrade der extraktiven Extrusion (VOC-Werte)



Zusammenfassung

Ansatzpunkte zur Minimierung von Polymeremissionen

im Bereich der

-Werkstoffe

-Urform-/Umformverfahren

-Nachbehandlung von Produkten

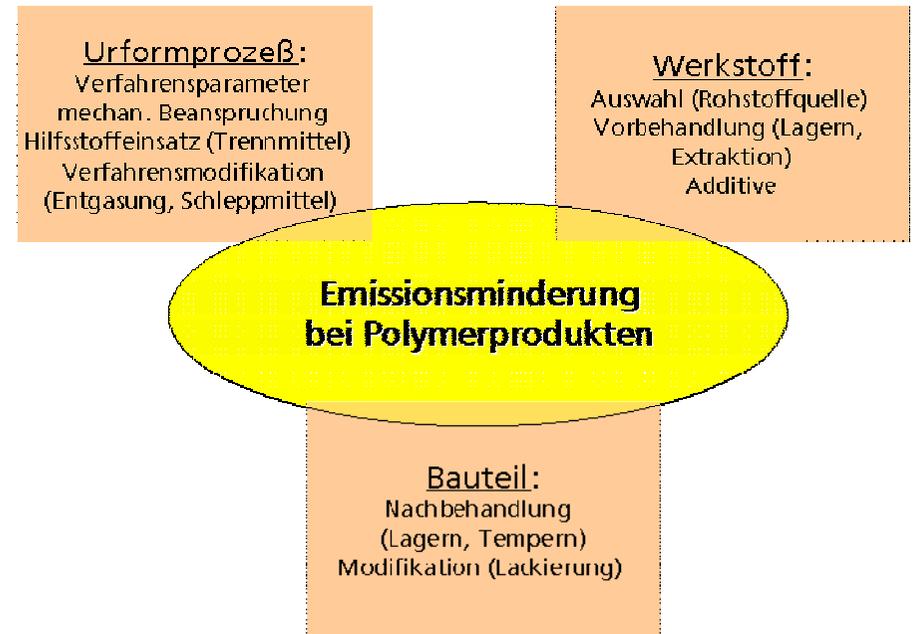
Einflußmöglichkeiten durch Variation der
Prozessparameter (Verarbeitungsfenster) gering

Einsatz komprimierter Gase erreicht Minimierungsraten
um 60% bei kontinuierlichen Prozessen und
über 90% bei Batchprozessen

Integrierte Verfahren in der Thermoplastverarbeitung an der Schwelle zur Umsetzung

Hohe Anforderungen an Online- und Offline-Meß-/Analysenverfahren

Ausblick: Prozessverständnis verbessern, Ergebnisse übertragen



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

An der Erarbeitung der vorgestellten Ergebnisse wirkten unter anderem mit

- Tobias Kieliba
- Gaby Gromer
- Lars Walter
- Benjamin Sandoz
- Oliver Klein
- Orestes Perivolaris
- Kathrin Buchholz

Kontakt:
Jörg Woidasky

Fraunhofer ICT
Umwelt-Engineering

Tel. +49-721-4640-367

Fax +49-721-4640-650
e-mail woi@ict.fhg.de

www.ict.fraunhofer.de