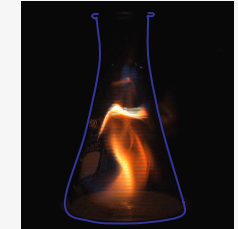
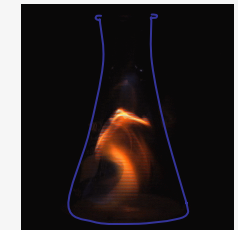
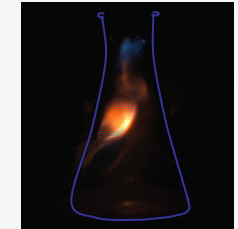


ZÜNDTEMPERATUR EINFLUSS DER GEOMETRIE



E. Brandes, PTB

IVSS-Workshop

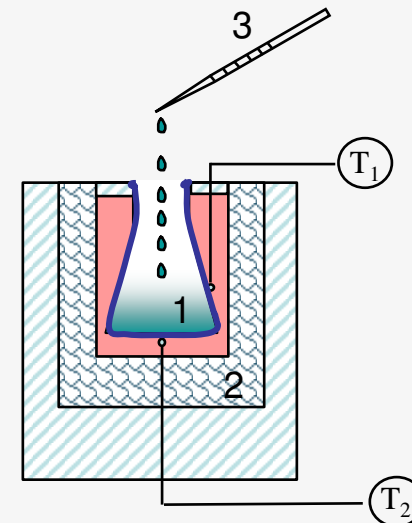
Frankfurt 2009

Genormte Bestimmungsverfahren



Temperaturklasse	Substanz	T _z [CHEMSAFE] °C
T6	Schwefelkohlenstoff	95
T4	Diethylether	175
	Benzaldehyd	190
	n-Hexanal	195
T3	n-Pentanal	205
	Isopren	220
	n-Hexan	230
	Cyclohexan	260
	n-Heptanol	275
T2	Pentylacetat	350
	1-Butanamin	320
	n-Butan	365
	1,4-Dioxan	375
	2-Hexanon	420
T1	Benzen	555

EN 14522 IEC 60079-4 DIN 51794



- 1: Zündgefäß (Erlenmeyerkolben) 0,2 l 2: Ofen
 3: Brennstoffdosierung 4: Spiegel

Definition (EN 14522):

Zündtemperatur ist die niedrigste Temperatur (einer heißen Oberfläche), bei der unter festgelegten Prüfbedingungen die Entzündung eines brennbaren Gases oder Dampfes im Gemisch mit Luft oder Luft/Inertgas auftritt.

Genormtes Bestimmungsverfahren



Charakteristika

„geringes“ Testvolumen

Heiße Oberfläche umschließt
explosionsfähiges Gas(Dampf)/Luft-Gemisch

=

Temperatur des explosionsfähigen Gas/Dampf/Luft-Gemisch
entspricht der Temperatur der heißen Oberfläche

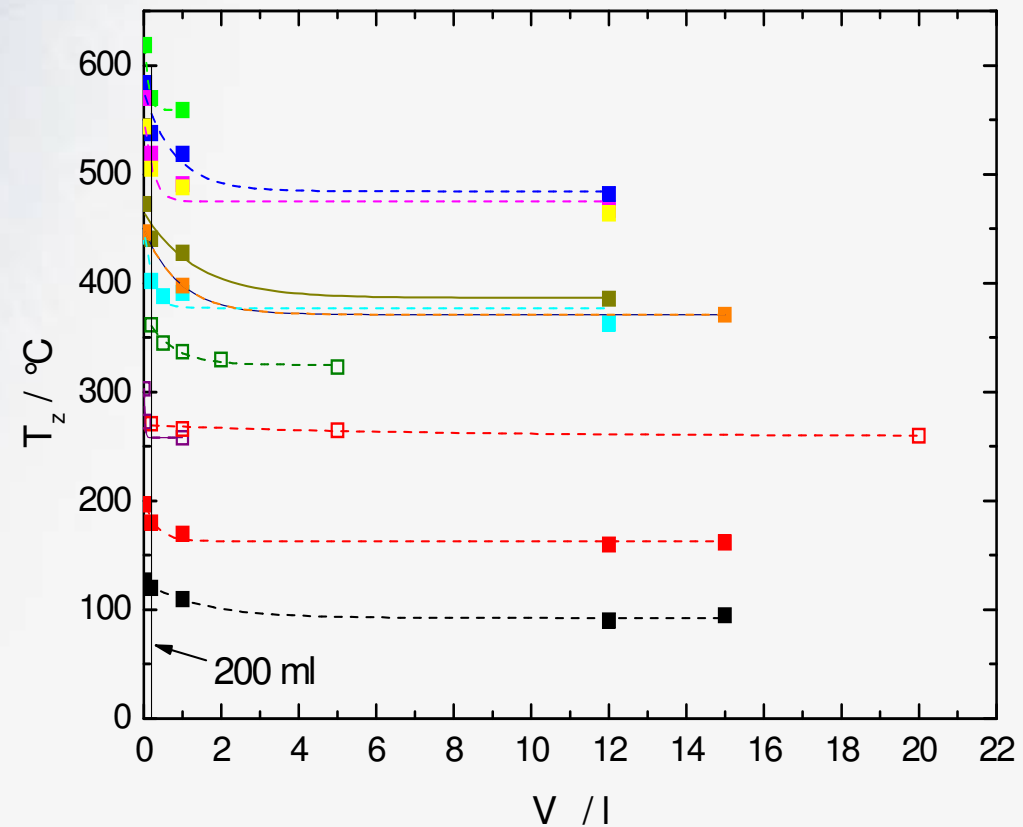
offenes Zündgefäß (isobare Bedingungen)

=

Turbulenz aufgrund von Konvektion
(Kein homogenes Gemisch (Konzentrations-schichtung) im Versuchsgefäß)

Volumenabhängigkeit

- CS₂
- Diethylether
- Benzen
- Toluen
- Aceton
- Essigsäure
- Ethanol
- Methanol
- Ethylenglycol
- Pentane
- Cyclohexan
- Isobutyrsäureanhydrid

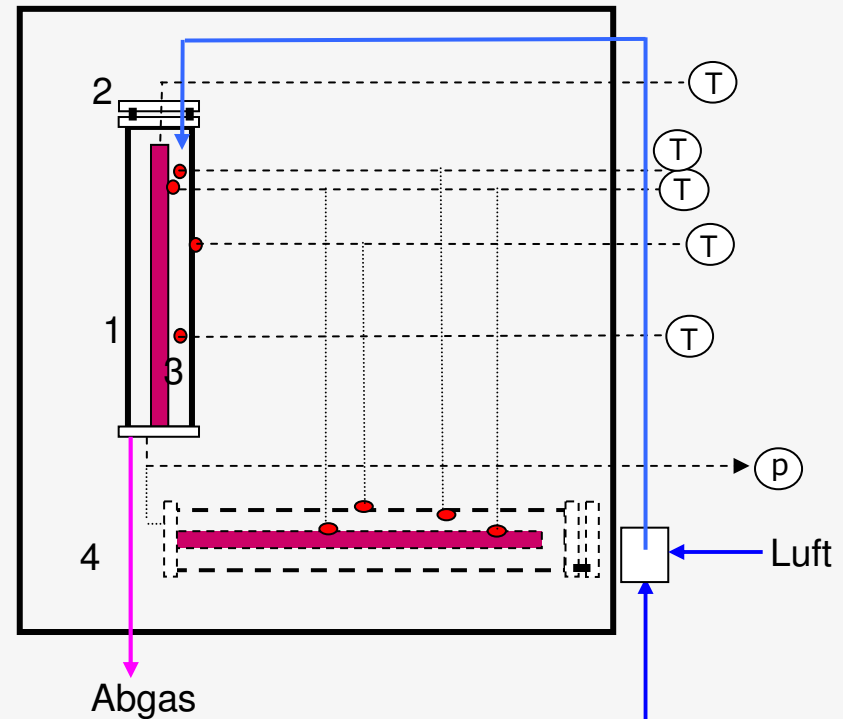


Zündtemperatur sinkt mit zunehmendem Volumen $T_z \sim \log(V)$

'Freie' Heiße Oberfläche (homogene Gemische)



Temperatur-klasse	Substanz	T_z [CHEMSAFE] °C	$T_{OF, Z}$ °C
T4	Diethylether	175	195
	n-Hexanal	195	284 - 244
T3	n-Pentanal	205	288 - 259
	n-Heptan	220	332 - 298
	Isopren	220	> 600
	n-Pentan	260	368 - 335
	Cyclohexen	260	> 600
T2	2-Heptanon	305	313
	1-Pentanol	320	> 600
	1-Butanamin	320	> 600
	n-Butan	365	> 600
	1,4-Dioxan	375	295; 275
	3-Heptanon	410	330; 300
	2-Pentanon	445	> 600
T1	2-Butanon	475	> 600



1: Zündgefäß ca. 8 l freies Volumen
3: freie heiße Oberfläche ca. 0,65m²

2: Druckentlastung
4: Thermostatisier-einrichtung

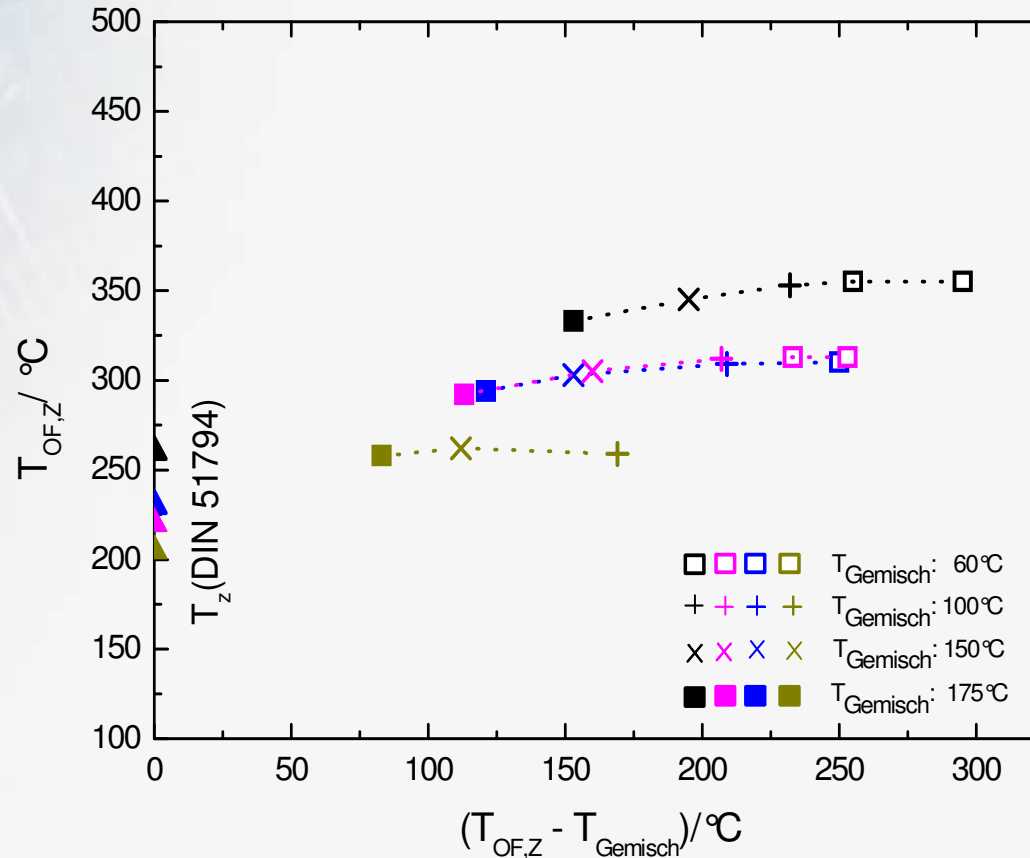
V/F: ca 12 m

Von Ausnahmen abgesehen, höher als die Normzündtemperatur

'Freie' Heiße Oberfläche (homogene Gemische)



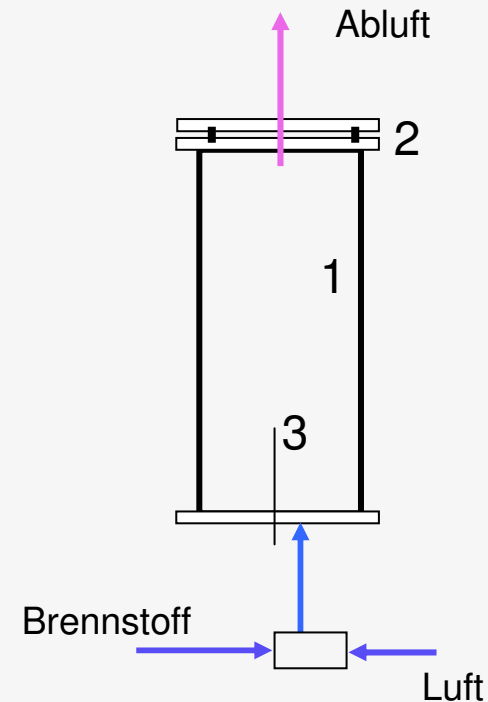
- n-Pentan
- n-Hexan
- n-Heptan
- n-Pentanal



$T_{OF,Z}$ um so höher, je größer die Differenz zwischen der Gemischtemperatur und $T_{OF,Z}$

Größe der ‚freien‘ heißen Oberfläche (homogene (stöchiometrische) Gemische)

Temperaturklasse	Substanz	T_z [CHEMSAFE] °C	$T_{OF,Z}$ °C
T6	CS ₂	95	~ 420
T4	Diethylether	175	~ 680
T3	n-Heptan	220	~ 830
	n-Pentan	260	~ 860
	Ethanol	400	~ 880
T2	1-Propanol	385	~ 840
	Ethen	440	~ 630
T1	2-Butanon	475	~ 850
	Propan	470	~ 800
	Wasserstoff	560	~ 560
	Methan	595	~ 900



1: Zündgefäß 5 l
2: Druckentlastung
3: freie heiße Oberfläche ca. 0,2 mm² (Ø ca. 0,5 mm)

V/F: ca. 250 m

$T_{OF,Z}$ um so höher, je größer das Verhältnis Gemischvolumen zu Größe der heißen Oberfläche

Geschlossenes Zündgefäß

Druckabhängigkeit der Zündtemperatur

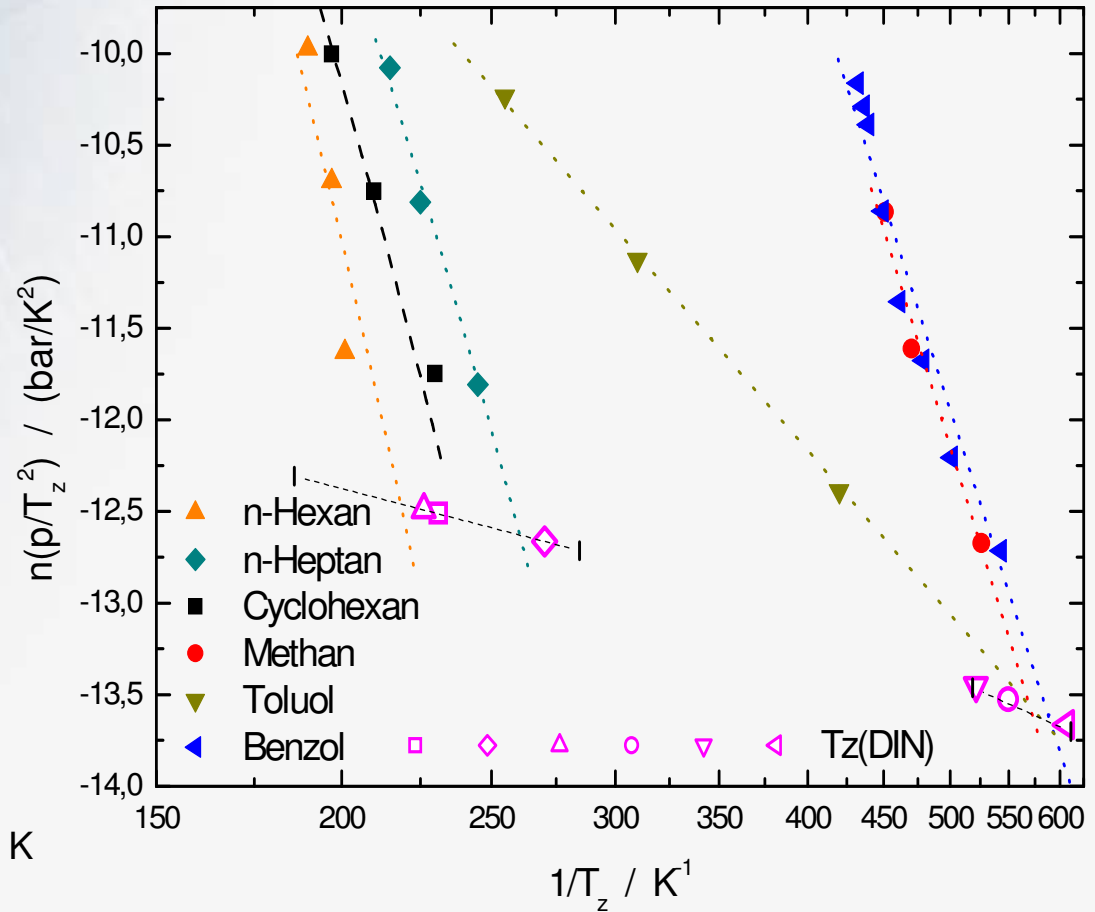


Semenov-Korrelation

$$p_Z = A \cdot T_Z^2 \cdot \exp\left(\frac{E}{2RT_Z}\right)$$



Geschätzte Messunsicherheit: 50 K



Geschlossenes Zündgefäß

Druckabhängigkeit der Zündtemperatur

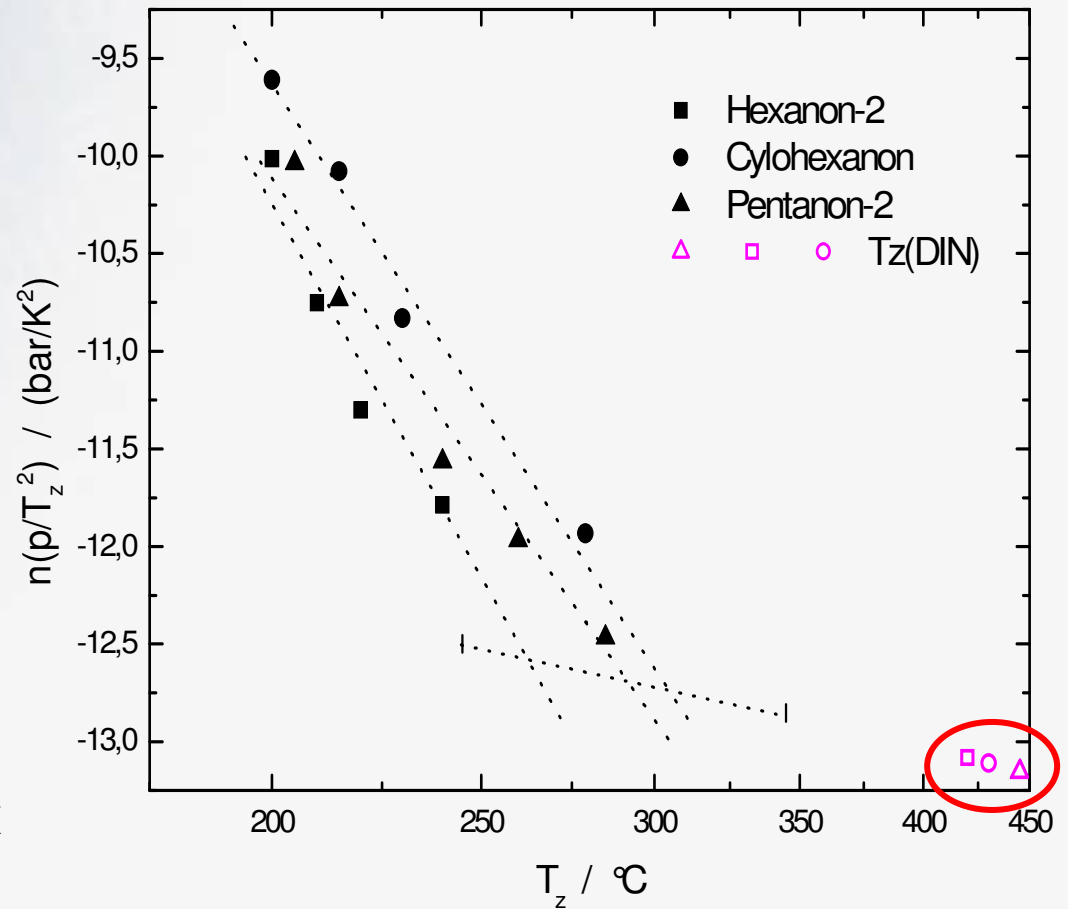


Semenov-Korrelation

$$p_Z = A \cdot T_Z^2 \cdot \exp\left(\frac{E}{2RT_Z}\right)$$



Geschätzte Messunsicherheit: 50 K



Ziel des Forschungsvorhabens



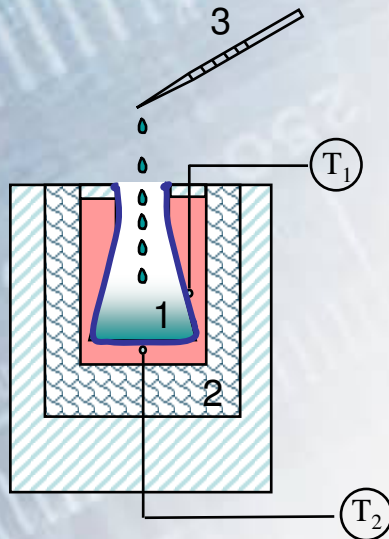
zu klären

gibt es Unterschiede zwischen der Normzündtemperatur und der Entzündungstemperatur im geschlossenen Gefäß bei 1 bar

wenn ja

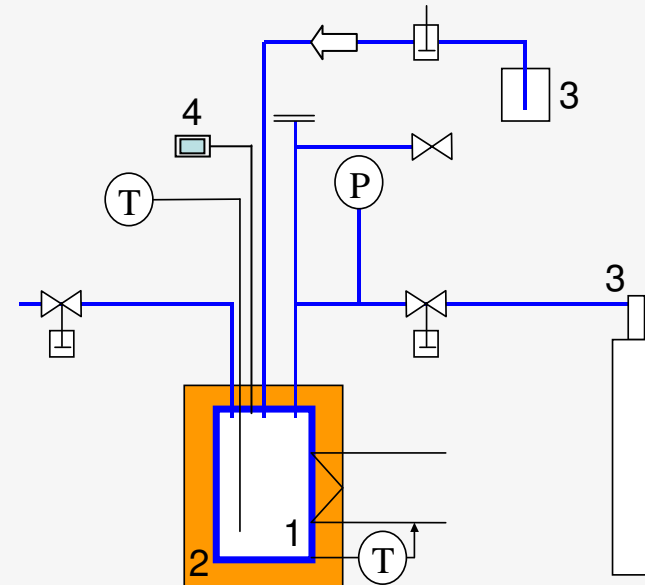
sind diese Unterschiede beschränkt auf
einzelne Komponenten
Substanzklassen
Zündtemperaturbereiche nach Norm

Offenes ↔ geschlossenes Zündgefäß Apparaturen



- 1: Zündgefäß (Erlenmeyerkolben) 0,2 l
- 2: Ofen
- 3: Brennstoffdosierung

Kriterium: Flamme



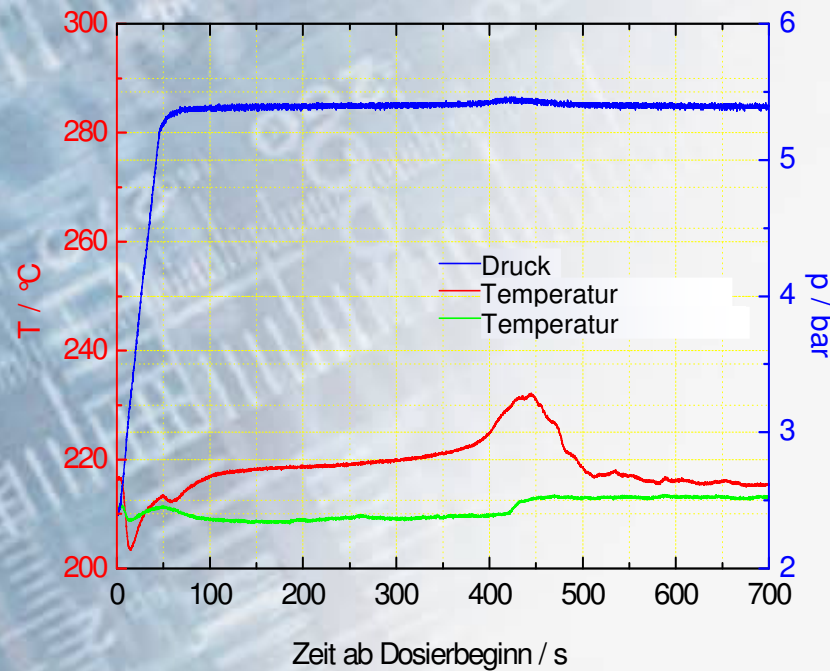
- 1: Zündgefäß 0,5 l
- 2: Heizung
- 3: Luft-/ Brennstoffdosierung
- 4: Photodiode

**Kriterium: Temperaturanstieg ($\Delta T > 20K$)
oder
Druckanstieg (Δp 10%)
(+ Photodiodensignal)**

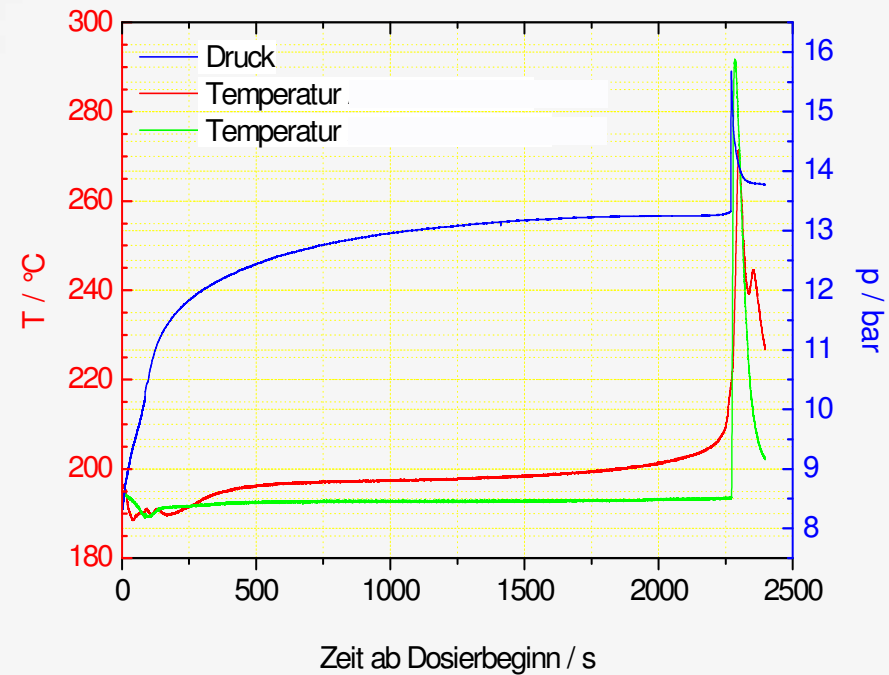
Offenes \longleftrightarrow geschlossenes Zündgefäß



Zündkriterium



Beispiel einer Nichtzündung



Beispiel einer Zündung