

## Handbuch der 20-I-Apparatur

8.0



### REMBE® Research+Technology Center GmbH

Zur Heide 39, D-59929 Brilon, Deutschland

[www.rembe-rtc.de](http://www.rembe-rtc.de) [info@rembe-rtc.de](mailto:info@rembe-rtc.de)

### Cesana AG

Baiergasse 56, CH-4126 Bettingen, Schweiz

[www.cesana-ag.ch](http://www.cesana-ag.ch) [info@cesana-ag.ch](mailto:info@cesana-ag.ch)

Autoren: Christoph Cesana, Richard Siwek

### Handbuch (dieses Dokument)

1. Grundlagen
2. Software
3. Bedienung
4. Prüfverfahren für Stäube
5. Prüfverfahren für Hybride Gemische
6. Prüfverfahren für Gase (ruhend)
7. Dienstprogramme
8. Fehlersuche
9. Wartung
10. Literatur

### Anhang

1. Installation
2. Piezodruckaufnehmer
3. Allgemeines Prüfverfahren
4. Reinigung der Apparatur
5. Wartung vom Auslassventil
6. Technik

### Sicherheitshinweise



Bitte lesen Sie diesen Hinweis !



Frage - Antwort



Achtung: Zuerst die Sicherheitshinweise lesen !

## 1. Grundlagen

### 1.1 Anwendungsmöglichkeiten der 20-I-Apparatur

---

#### 1.1.1 Brennbare Stäube

---

Aufgrund von Abkühleffekten und Druckäusserungen der chemischen Zünder muss der in der 20-I-Apparatur gemessene Explosionsüberdruck korrigiert werden, um Übereinstimmung mit dem 1m<sup>3</sup> Normbehälter zu erreichen. Diese Korrektur erfolgt automatisch.

Die aus den Werten für den maximalen zeitlichen Druckanstieg errechneten K<sub>max</sub>-Werte, stimmen in beiden Apparaturen, im Rahmen der Messgenauigkeit, bis hinauf zu den Aluminiumstäuben (K<sub>max</sub> > 700 m-bar/s) überein.

#### 1.1.2 Brennbare Gase und Lösungsmitteldämpfe

---

Da das Mindestvolumen für Messungen von Gas- bzw. Lösungsmitteldampf-Luftexplosionen V = 1 Liter beträgt, erlaubt die 20-I-Apparatur auch deren Explosionskenngrößenbestimmung.

#### 1.1.3 Hybride Gemische

---

Bei den "Hybriden Gemischen" handelt es sich um Staub/Luft - Gemische in Gegenwart von Brenngasen bzw. Dämpfen in der Verbrennungsatmosphäre. Es sind also Gemische von zweierlei Herkunft. Die Untersuchungen der Explosionskenngrößen, die das Explosions- und Zündverhalten solcher "Hybrider Gemische" beschreiben, können mit hinreichender Genauigkeit auch in der 20-I-Apparatur bestimmt werden, wenn zum Vergleich die Messergebnisse des Standard 1m<sup>3</sup>-Behälters zugrunde gelegt werden

## 1.2 Bestimmung der Explosionskenngrößen

Der Explosionsüberdruck  $P_m$  und der zeitliche Druckanstieg  $(dP/dt)_m$  beschreiben die Heftigkeit, mit der Staub-/Luft-Gemische beliebiger Konzentration in geschlossenen Behältern im Falle einer Zündung reagieren. Der maximale Explosionsdruck  $P_{max}$  und der maximale zeitliche Druckanstieg  $(dP/dt)_{max}$  brennbarer Stäube werden in der geschlossenen 20-l-Apparatur aus Versuchen über einen breiten Konzentrationsbereich, mittels einer gegebenen Zündquelle, experimentell bestimmt:

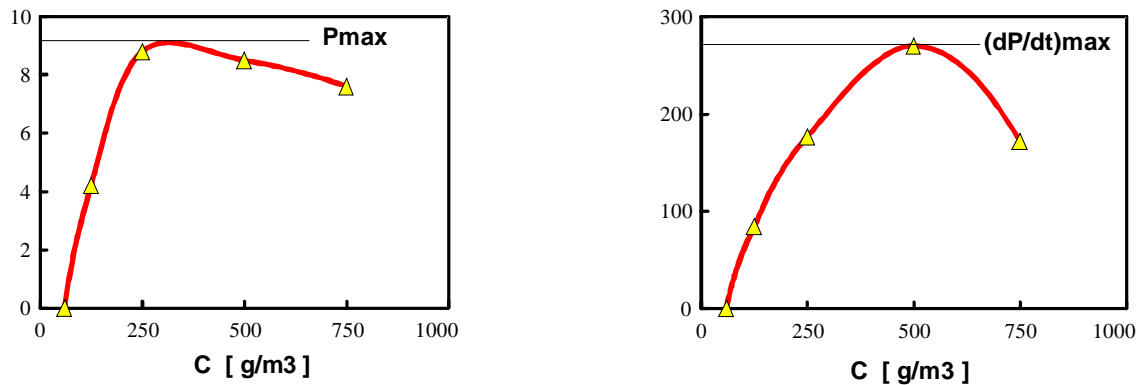


Bild 1.2: Explosionskenngrößen in Abhängigkeit der Staubkonzentration

Durch diese Versuchssystematik kann für einen vorgegebenen Staub zusätzlich die untere Explosionsgrenze UEG bestimmt werden. Die untere Explosionsgrenze ist für die Abschätzung des Sicherheitsrisikos in der chemischen Industrie von Bedeutung.

Der maximale Explosionsdruck  $P_{max}$  ist in geschlossenen, der Kugelform angenäherten Behältern von hinreichender Grösse ( $V \geq 20$  l) bei Anordnung der Zündquelle in Raummitte praktisch unabhängig vom Volumen.

Der maximale zeitliche Druckanstieg  $(dP/dt)_{max}$  ist dagegen volumenabhängig. Er nimmt mit steigendem Volumen ab. Wobei der  $K_{max}$ -Wert eine Staub- und Prüfverfahrensspezifische Kenngrösse und unabhängig vom Behältervolumen ist.

Für die 20-l-Kugel gilt:

$$0.02 \text{ [m}^3\text{]}^{1/3} \times (dP/dt)_{max} \text{ [bar/s]} = K_{max} \text{ [m} \cdot \text{bar/s]}$$

Bei der Vielzahl der in der Industrie produzierten und verarbeiteten Stäuben ist es sinnvoll, die staubspezifische Kenngrösse in Staubexplosionsklassen einzuordnen und sie für die Dimensionierung der Sicherheitsmassnahmen zu Grunde zu legen:

Staubexplosionsklasse	$K_{max}$ [m•bar/s]
St 1	> 0 - 200
St 2	201 - 300
St 3	> 300

### 1.3 Druckverlauf: Definitionen

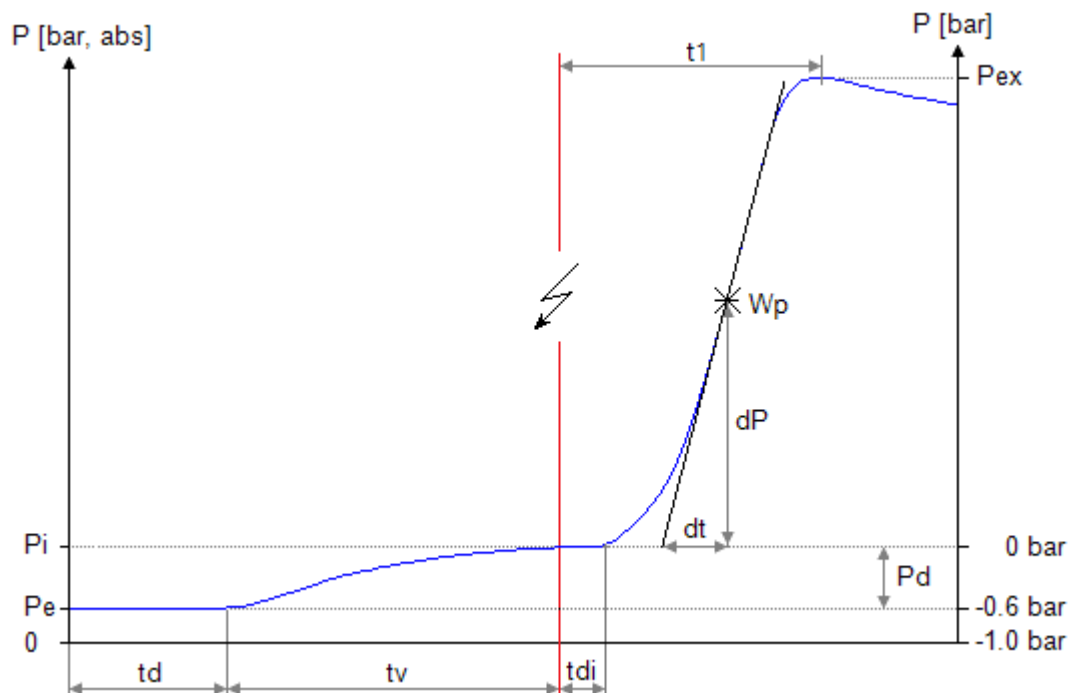


Bild 1.3: Druck-Zeit-Diagramm einer Brennstoffexplosion

<b>Pi</b>	Druck zum Zeitpunkt der Zündung = Normaldruck = 0 bar, Überdruck
<b>Pe</b>	Druck nach Evakuierung der Apparatur = 0.6 bar,abs = -0.6 bar, Überdruck
<b>td</b>	Zeitverzögerung des Auslassventils = zeitliche Differenz zwischen der elektrischen Erregung des Auslassventils und dem ersten Druckanstieg in der Apparatur.
<b>tv</b>	Zündverzögerungszeit = zeitliche Differenz zwischen dem ersten Druckanstieg in der Apparatur und der elektrischen Erregung der Zündung.
<b>tdi</b>	Zeitverzögerung der Zünder = zeitliche Differenz zwischen der elektrischen Erregung der Zünder und dem ersten Druckanstieg. Addiert sich zu tv und muss kontrolliert werden.
<b>t1</b>	Verbrennungsdauer: Zeitdifferenz zwischen dem Aktivieren der Zündquelle und dem Punkt mit dem höchsten Explosionsüberdruck (Pex).
<b>Wp</b>	Wendepunkt Wp des aufsteigenden Astes der Druck/Zeit Kurve
<b>dP/dt</b>	Maximale Steigung der Tangente im Wendepunkt Wp.
<b>Pd</b>	Expansionsdruck der Staubvorratsbehälterluft = (Pi - Pe) = 0.6 bar
<b>Pex</b>	Explosionsüberdruck. Die Druckdifferenz zwischen dem Kulminationspunkt und dem Druck zum Zündzeitpunkt. Wird Immer als Überdruck angegeben.
<b>Pm</b>	Korrigierter Explosionsüberdruck: Aufgrund von Abkühleffekten und Druckäusserungen der chemischen Zünder in der 20-I-Apparatur wird der gemessene Explosionsüberdruck Pex korrigiert, um Übereinstimmung mit dem 1m <sup>3</sup> Normbehälter zu erreichen.

## 1.4 Druckverlauf: Auswertung

### 1.4.1 Korrektur des Explosionsdruckes bei $P_{ex} > 5.5$ bar

Bedingt durch das ungünstigere Verhältnis zwischen Oberfläche und Volumen bei der 20-l-Apparatur, ist der Explosionsdruck etwas geringer als im 1m<sup>3</sup>-Normbehälter. Die Ursache dafür ist in Abkühleffekten zu suchen. Der Vergleich von Druck/Zeit-Aufzeichnungen zeigt auch bei der 20-l-Apparatur einen wesentlich steileren Druckabfall nach dem Maximalwert als beim 1m<sup>3</sup>-Normbehälter. Die Korrektur wird entsprechend der folgenden Gleichung vorgenommen:

$$P_m = 0.775 \cdot P_{ex}^{1.15}$$

Mit Hilfe dieser Korrektur entspricht der Druck  $P_m$  in der 20-l-Apparatur demjenigen des 1m<sup>3</sup> Normbehälters.

### 1.4.2 Korrektur des Explosionsdruckes bei $P_{ex} < 5.5$ bar

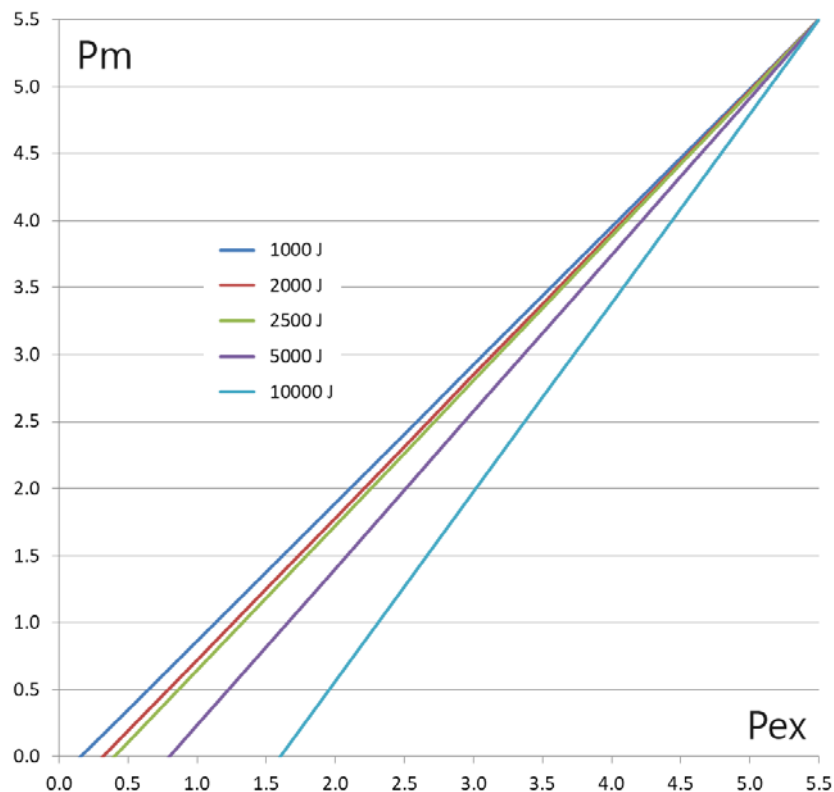
Unterhalb von 5,5 bar muss, bedingt durch das geringe Behältervolumen, die Druckäusserung der chemischen Zünder berücksichtigt werden. Ein Leerversuch, d.h. Explosion der chemischen Zünder ohne Brennstoff, ergibt bei  $ZE = 10'000$  J einen Überdruck von ungefähr 1 bar. Bei Brennstoffexplosionen wird jedoch mit wachsendem  $P_{ex}$  der Einfluss der Zünder durch die Druckäusserung der Explosion selbst verdrängt. Diese Korrektur wird wie folgt berechnet:

$$P_m = 5.5 \cdot (P_{ex} - P_{ci}) / (5.5 - P_{ci}) \text{ bar}$$

wobei

$$P_{ci} = \text{Druckäusserung der chemischen Zünder} \\ = 1.6 \text{ bar} \cdot ZE / 10'000$$

Für die Entscheidung „Zündung / keine Zündung“ bei UEG und SGK mit  $2 \times 1000$  J (EN 14034-3,4) und  $1 \times 2500$  J (ASTM), stimmt der Faktor 1.6 mit den Messungen gut überein.



## 1.5 Einflussgrößen

### 1.5.1 Turbulenz

Die Turbulenz hängt im Wesentlichen von der Zündverzögerungszeit  $t_v$  ab, d.h. der Zeit zwischen dem Beginn der Staubeinblasung und der Aktivierung der Zündquelle. Hiervon ist besonders der maximale zeitliche Druckanstieg bzw. der  $K_{max}$ -Wert betroffen. Für die Staubexplosionsprüfung wurde deshalb eine konstante Zündverzögerungszeit festgelegt:

20-I-Apparatur:  $t_v = 60\text{ms}$

1m<sup>3</sup> Behälter:  $t_v = 600\text{ms}$

Eine Erhöhung der Turbulenz ( $t_v < 600\text{ms}$  bzw.  $t_v < 60\text{ms}$ ) hat in der Regel eine Verstärkung, eine Erniedrigung der Turbulenz eine Abschwächung der Explosionsheftigkeit zur Folge.

### 1.5.2 Kornfeinheit

Einen wesentlichen Einfluss übt die Korngrößenverteilung auf die Explosionskenngößen aus. Charakterisiert wird diese durch den Medianwert  $M$ . Unter dem Medianwert versteht man den 50%-Wert der Summenverteilungskurve.

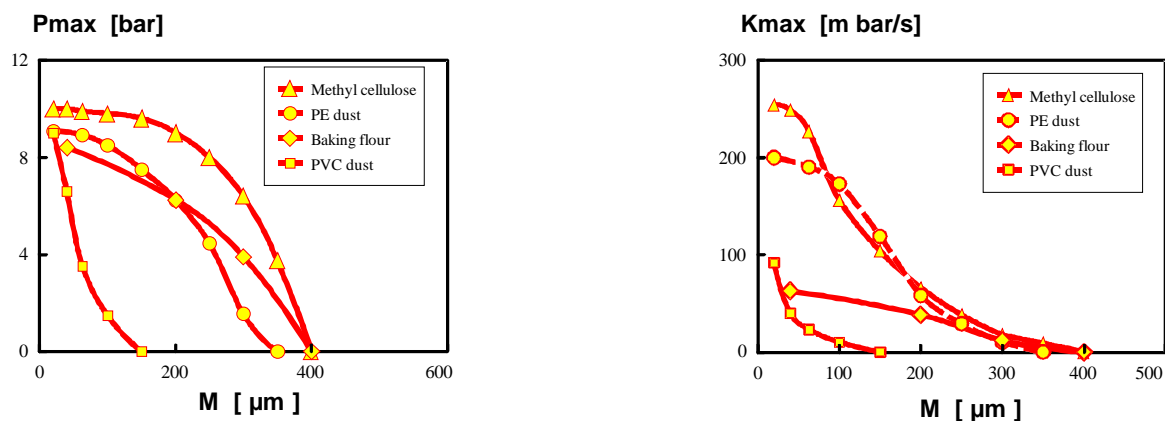


Bild 1.5.2: Einfluss des Medianwertes auf die Explosionskenngößen

Wie Bild 1.5.2 zeigt reagieren feine Stäube heftiger als Grobe. Daraus ergibt sich die Forderung für die Prüfpraxis, die Bestimmung der Explosionskenngößen nur mit solchen Stäuben durchzuführen, deren Medianwert  $M \leq 63 \mu\text{m}$  ist, um Optimalwerte zu erhalten.

Es ist auch bekannt, dass in der 20-I-Apparatur, bedingt durch die Staubverteilungsdüse und das Auslassventil, ein Mahleffekt auftreten kann. Im Zweifelsfall kann dies durch Korngrößenanalyse des Staubes nach seiner Zerstäubung in der 20-I-Kugel ohne Entzündung verifiziert werden.

### 1.5.3 Produktfeuchte

Die relative Produktfeuchte  $F$ , das ist das Gewichtsverhältnis des vorhandenen Wassers zur atro-Substanz (atro = absolut trocken) ist eine weitere Einflussgrösse.

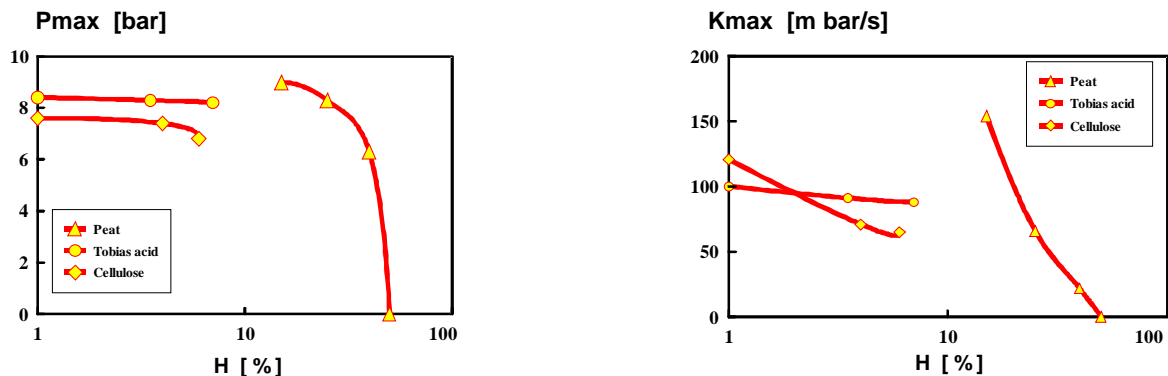


Bild 1.5.3: Einfluss der Produktfeuchte auf die Explosionskenngrossen

Oft war die Meinung vertreten, dass wasserhaltige Produkte mit einem Feuchtegehalt von einigen Prozenten keine explosionsfähigen Staub/Luft-Gemische bilden können. Bild 1.5.3 widerlegt diese Annahme. Es scheint sich abzuzeichnen, dass hierfür eine Produktfeuchte von mindestens 50% erforderlich ist. Wie aus Bild 1.5.3 ersichtlich ist, sollte die Produktfeuchte **unterhalb von 10%** liegen, um sicherzustellen, dass die Explosionskenngrossen durch Feuchte nicht wesentlich beeinflusst werden.

### 1.5.4 Temperatur

Die Temperatur ist für die Industriepraxis eine äusserst wichtige Einflussgrösse. Eine Temperaturerhöhung vermindert den Wert für die untere Explosionsgrenze, und zwar umso stärker, je höhere Grenzwerte bei Raumtemperatur gefunden wurden. Zu beachten ist ferner der Temperatureinfluss auf die Kenngrösse  $P_{max}$ :

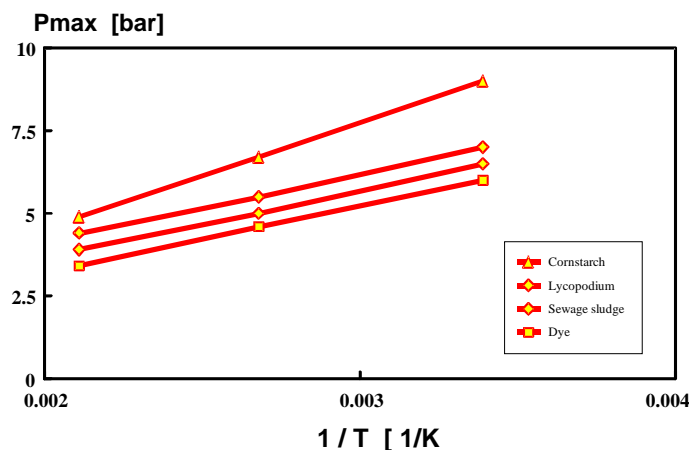


Bild 1.5.4: Einfluss der Temperatur auf  $P_{max}$

Wie Bild 1.5.4 zeigt, vermindert sich der maximale Explosionsdruck praktisch linear mit zunehmender Temperatur. Ursache ist hierfür der verminderte Sauerstoffgehalt. Auch der  $K_{max}$ -Wert unterliegt dem Temperatureinfluss. Bei heftiger reagierenden Stäuben hat die Temperaturerhöhung in der Regel eine lineare Abnahme, bei den schwächer reagierenden Stäuben dagegen eine Zunahme der  $K_{max}$ -Werte zur Folge. Für die Praxis kann der Einfluss der Temperatur auf den  $K_{max}$ -Wert vernachlässigt werden.

#### Berechnungen für den Temperatureinfluss in *"Calculate / Pmax: influence of temperature"*

<input checked="" type="radio"/> Pmax: influence of temperature T	Pmax at 20°C	8.2	bar
<input type="radio"/> Pmax: influence of initial pressure Pi	Temperature T	50	°C
<input type="radio"/> Kmax: influence of initial pressure Pi	Pmax at T	7.5	bar

### 1.5.5 Vordruck

Die Explosionskenngößen  $P_{max}$  und  $K_{max}$  werden vom Vordruck  $P_i$ , dem Ausgangsdruck zum Zeitpunkt der Entzündung, proportional beeinflusst. Es besteht eine lineare Abhängigkeit bis zu einem Vordruck von ca. 3 bar.

#### Berechnungen für den Vordruck in *"Calculate / Pmax: influence of initial pressure Pi"*

	Pmax at Po	8.1	bar
<input type="radio"/> Pmax: influence of temperature T	Po	990	mbar,abs
<input checked="" type="radio"/> Pmax: influence of initial pressure Pi	Pi	1013	mbar,abs
<input type="radio"/> Kmax: influence of initial pressure Pi	Pmax at Pi	8.2	bar

#### Berechnungen für den Vordruck in *"Calculate / Kmax: influence of initial pressure Pi"*

	Kmax at Po	252	m · bar/s
<input type="radio"/> Pmax: influence of temperature T	Po	990	mbar,abs
<input type="radio"/> Pmax: influence of initial pressure Pi	Pi	1013	mbar,abs
<input checked="" type="radio"/> Kmax: influence of initial pressure Pi	Kmax at Pi	257.8	m · bar/s



## 1.6 Zündart und Zündenergie

Aus den zahlreichen Ergebnissen, die in dem 1m<sup>3</sup>-Behälter und in der 20-I-Apparatur für die minimale Mindestzündenergie erhalten wurden, zeigte sich, dass man die Stäube in 2 Gruppen einteilen kann, wenn der Einfluss der Zündart und der Zündenergie auf die Explosionskenngrossen zugrunde gelegt wird.

### 1.6.1 Zündenergie unabhängige Stäube

Wie Bild 1.6.1 zeigt, sind die gemessenen Explosionskenngrossen im Rahmen der Messgenauigkeit unabhängig von der angewendeten Zündart und Zündenergie (chemische Zünder für E = 250...10'000 J und Kondensatorentladungsfunken für E > MZE ... 100 J).

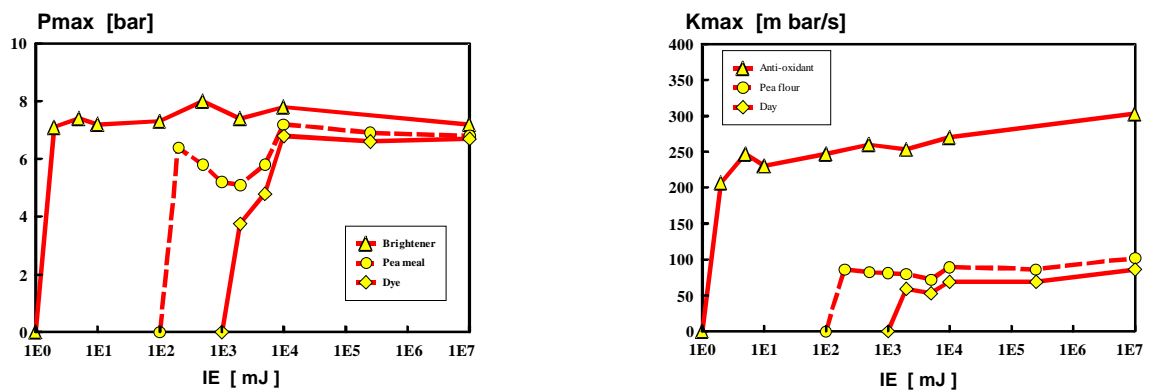


Bild 1.6.1: Definition der Energie **unabhängigen** Stäube

Hieraus ist die Schlussfolgerung zu ziehen, dass es für den Explosionsablauf dieser Energie unabhängigen Stäube also gleichgültig ist, welche der beiden oben genannten Zündarten verwendet wird. Schwache Kondensatorentladungen oder sehr kräftige chemische Zünder, wie bei der Staubprüfung vorgeschrieben, ergeben die gleichen Resultate.

Diese Stäube haben im Allgemeinen eine Mindestzündenergie von weniger als 1 J.

### 1.6.2 Zündenergie abhängige Stäube

Bei diesen Stäuben bewirkt eine Abnahme der Zündenergie eine lineare Verminderung des  $K_{max}$ -Wertes.

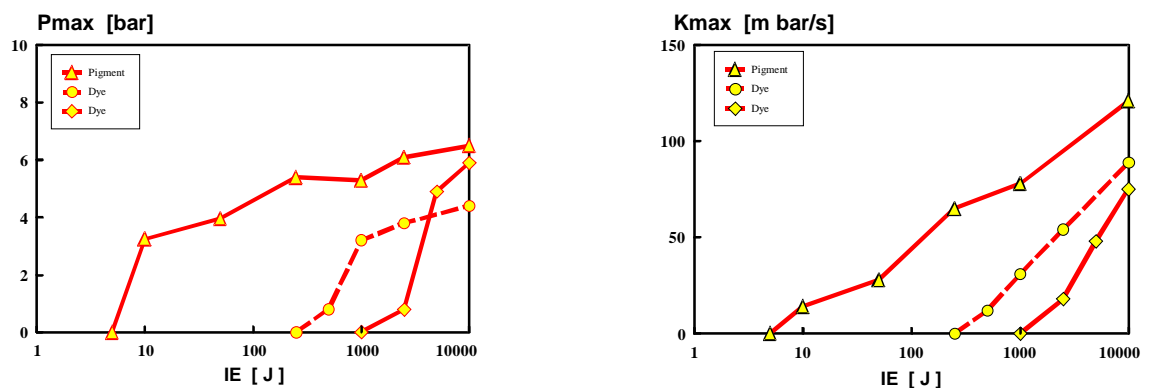


Bild 1.6.2: Definition der Energie **abhängigen** Stäube

Der Explosionsdruck bleibt von dieser Einflussnahme praktisch unberührt. Es ist lediglich bei einzelnen Produkten eine abnehmende Tendenz feststellbar.

Solchen Stäuben ist eine Mindestzündenergie von mehr als 1 J zuzuordnen.

### 1.6.3 Chemische Zünder

Die Explosionskenngrößen müssen mit einer Zündquelle von ausreichender Energie bestimmt werden. Zur Zeit steht in der Praxis nur eine Zündart für die gesicherte Kenngrößenbestimmung ( $P_{max}$ ,  $K_{max}$ ) brennbarer Stäube zur Verfügung:

2 chemische Zünder mit je **5000 J** und einer Gesamtenergie von **E = 10'000 J**

Für die Bestimmung der unteren Explosionsgrenze UEG und der Sauerstoffgrenzkonzentration SGK von brennbaren Stäuben sind zu verwenden:

EN 14034-3, 4: 2 Zünder mit je **1000 J** und einer Gesamtenergie von **E = 2000 J**

ASTM E1515, E2931: 1 Zünder mit **E = 2500 J** oder mit **E = 5000 J**

Es sei ausdrücklich betont, dass die Anwendung der entsprechenden Zündquelle für die Staubuntersuchungen nicht nur von grosser Wichtigkeit ist, um einerseits die in den verschiedenen Laboratorien ermittelten Explosionskenngrößen untereinander vergleichen zu können, sondern um andererseits auch die Dimensionierung von Schutzmassnahmen eindeutig vornehmen zu können.



Für die sichere Handhabung der chemischen Zünder muss unbedingt eine Schutzbrille getragen werden.



Falls Pulver an der Oberfläche der Zünder oder in der Verpackung sichtbar ist, besteht die Gefahr einer Entzündung durch elektrostatische Entladungen. Dies muss z.B. durch Erdung des Bedieners verhindert werden.



Die chemischen Zünder müssen sicher, kühl und trocken gelagert werden.  
Ferner sind die Nationalen Sicherheitsvorschriften zu beachten.

**Hersteller:**

Fr. Sobbe GmbH  
Beylingstr 59  
**D-44329 Dortmund**  
Deutschland  
Tel: +49 231 230 560  
info@sobbe-zuender.de  
[www.sobbe-zuender.de](http://www.sobbe-zuender.de)

**Hersteller:**

Simex Control s.r.o.  
Ul. 4. května 175  
**Vsetín 755 01 CZ**  
Czech republic  
Tel: +42 0571 498 711  
sale@simexcontrol.cz

**Vertrieb für USA und Kanada:**

Cesana Corporation  
P.O. Box 182  
**Verona, NY 13478**  
U.S.A.  
Tel: +1 315 337 9181  
office@cesanacorp.com

#### 1.6.4 Kondensatorentladung

---

Es sei darauf hingewiesen, dass mit chemischen Zündern der gleiche zeitliche Druckverlauf einer Staubexplosion erhalten wird wie mit einer Kondensatorentladung als Zündquelle, sofern deren Energie oberhalb der Mindestzündenergie liegt.

Ausgenommen sind natürlich die schwer entzündlichen Produkte deren  $K_{max}$ -Wert abhängig von der Zündenergie ist.

#### 1.6.5 Dauerfunkenstrecke

---

Wird an Stelle der chemischen Zünder eine Dauerfunkenstrecke mit einer Energie von  $E = 10J$  angewendet, dann können vor allem die  $K_{max}$ -Werte bis zu 60 % niedriger liegen als diejenigen, die bei Anwendungen der bereits erwähnten anderen Zündarten gemessen werden.

Die Dauerfunkenstrecke unterschätzt also wesentlich den effektiven Explosionsablauf und darf deshalb nicht für die Kenngrößenbestimmung brennbarer Stäube angewendet werden.

#### 1.6.6 Glühwendel

---

Zahlreiche Vergleichsversuche zwischen den Zündquellen chemische Zünder und Glühwendel ergaben keine Übereinstimmung.

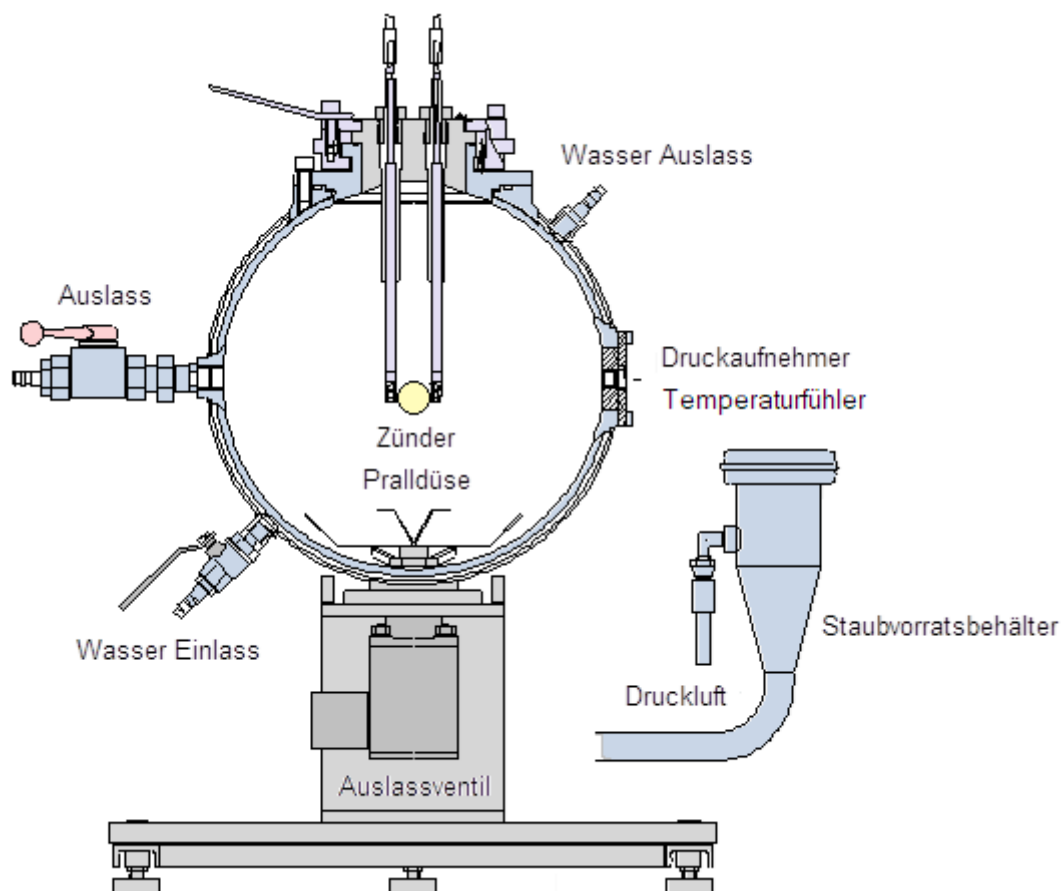
Die meisten mit der Glühwendel bestimmten Stäube wurden als nicht explosionsfähig bestimmt, oder aber die Explosionsheftigkeit wurde unterschätzt. Die Glühwendel ist somit als Zündquelle für die Kenngrößenbestimmung und zum eindeutigen Erfassen der Explosionsfähigkeit von Stäuben ungeeignet.

## 1.7 Prüfapparatur

Die Prüfkammer ist eine Hohlkugel aus rostfreiem Stahl mit einem Inhalt von 20 Liter. Ein zusätzlicher Wassermantel führt die Explosionswärme ab oder erlaubt eine Thermostatisierung bei unterschiedlichen Temperaturen.

Beim Prüfablauf wird der Staub aus dem unter Druck stehenden Staubvorratsbehälter über das Auslassventil und die Staubverteilungsdüse in der Kugel verteilt. Das Auslassventil wird dazu elektrisch betätigt und über einen Hilfskolben mit Druckluft geöffnet und wieder geschlossen.

Die Zündquelle ist in der Mitte der Kugel angeordnet. Am seitlichen Messflansch sind die beiden Piezodruckaufnehmer eingebaut. Der vordere Flansch kann für weitere Messgeber verwendet oder durch ein Sichtfenster ersetzt werden.



## 1.8 Nomenklatur

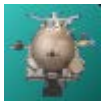
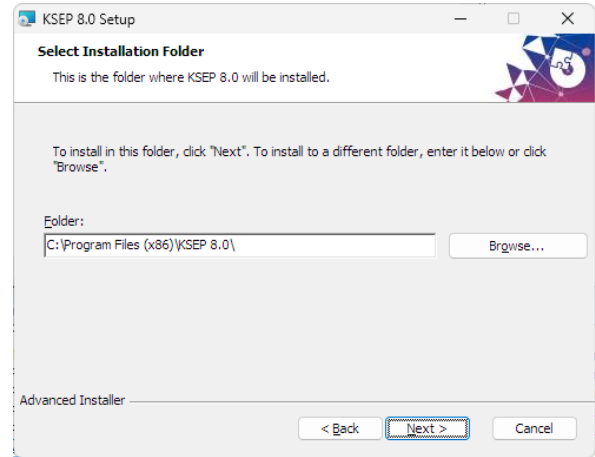
---

<b>(dP/dt)<sub>m</sub></b>	maximale Druckanstiegsgeschwindigkeit bei <b>beliebiger</b> Brennstoffkonzentration und unter Normalbedingungen
<b>(dP/dt)<sub>max</sub></b>	maximale Druckanstiegsgeschwindigkeit bei <b>optimaler</b> Brennstoffkonzentration und unter Normalbedingungen
<b>K</b>	Material spezifische Konstante
<b>K<sub>max</sub></b>	Maximalwert von K
<b>M</b>	Medianwert
<b>MZE</b>	Mindestzündenergie
<b>OEG</b>	obere Explosionsgrenze
<b>P<sub>d</sub></b>	Druckdifferenz
<b>P<sub>ex</sub></b>	grösster Explosionsüberdruck bei <b>beliebiger</b> Brennstoffkonzentration, gemessen in der 20-I-Apparatur
<b>P<sub>m</sub></b>	korrigierter Explosionsüberdruck bei <b>beliebiger</b> Brennstoffkonzentration, gemessen in der 20-I-Apparatur gemäss dem ISO-Standard
<b>P<sub>max</sub></b>	grösster Explosionsüberdruck bei <b>optimaler</b> Brennstoffkonzentration, gemessen in der 20-I-Apparatur gemäss dem ISO-Standard
<b>P<sub>i</sub></b>	Druck zum Zeitpunkt der Zündung
<b>P<sub>z</sub></b>	Zerstäubungsdruck
<b>SGK</b>	Sauerstoffgrenzkonzentration
<b>St</b>	Staubexplosionsklasse
<b>t<sub>1</sub></b>	Verbrennungsdauer
<b>t<sub>d</sub></b>	Zeitverzögerung des Auslassventils
<b>t<sub>di</sub></b>	Zeitverzögerung der Zünder
<b>t<sub>v</sub></b>	Zündverzögerungszeit
<b>UEG</b>	untere Explosionsgrenze
<b>ZE</b>	Zündenergie

## 2. Software

Voraussetzung: Betriebssystem „Microsoft-Windows“ 7...11 (32/64-bit)

Installation: Bitte die folgende Windows-Setup-Datei ausführen: [KSEP80\\_setup.exe](#)

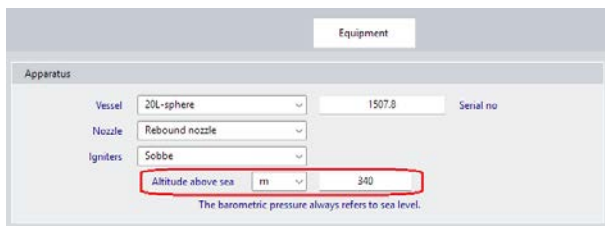


Die KSEP 8.0 - Software starten und die Anweisungen befolgen:



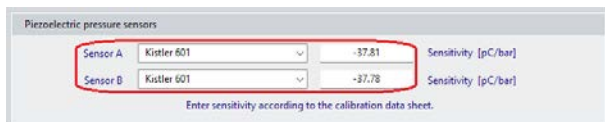
### Sprachen

Für die Bedienerführung und den Prüfbericht sind neben Deutsch und Englisch viele weitere Sprachen verfügbar. Ist Ihre Sprache nicht dabei, dann bitte Mitteilung an: [info@cesana-ag.ch](mailto:info@cesana-ag.ch)

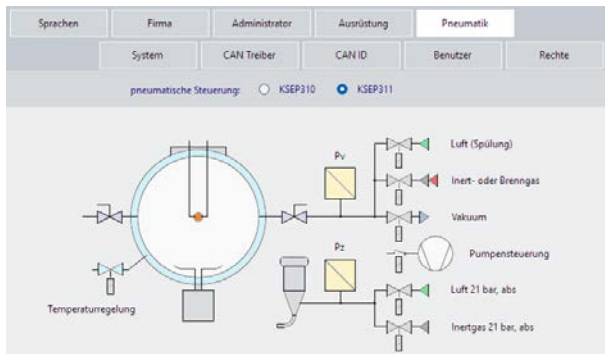


### Höhe über Meer

von Ihrer Prüfstelle ( $\pm 10\text{m}$ ). In der Fussleiste des Programms wird der aktuelle statische Druck und der berechnete Wert bezogen auf Meereshöhe angezeigt. Im Vergleich mit den aktuellen Meteodaten muss dieser Wert übereinstimmen ( $\pm 10\text{hPa} = \pm 1\%$ ).



**Drucksensoren** Die Empfindlichkeit der Aufnehmer den dazugehörigen Kalibrierdaten entnehmen. (Bereich = 0...5bar oder 0...20bar)



### 20L-Kugel + KSEP333 + KSEP311

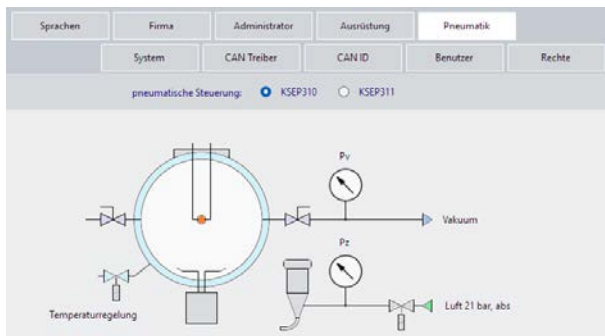
Druckmessung Pv, Pz: absolut, digital

Evakuierung: automatisch

Partialdruck-Verfahren: automatisch

(SGK, Hybrides Gemisch, Gas)

Regelung der Behältertemperatur

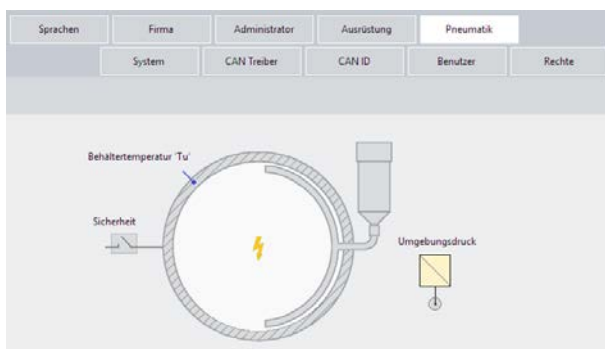


### 20L-Kugel + KSEP333 + KSEP310

Ersatz für alte KSEP330...KSEP332

Druckmessung Pv, Pz: relativ, analog

Regelung der Behältertemperatur

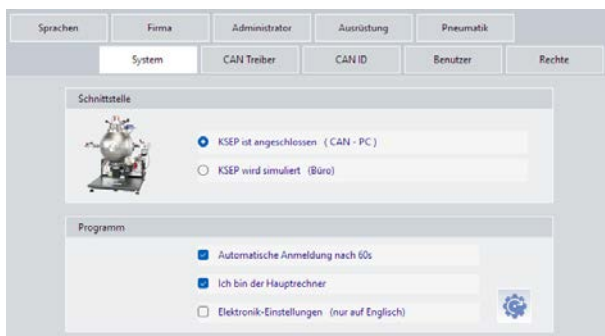


### 1m3-Behälter + KSEP333

Messung und Korrektur von:

Umgebungsdruck (absolut, digital)

Behältertemperatur



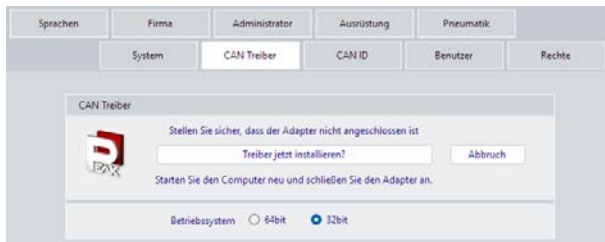
### Schnittstelle

Die Apparatur ist angeschlossen (CAN - PC)  
oder wird simuliert (im Büro).

### Programm

Automatischer Programmstart nach 60s

Sind mehrere PC's angeschlossen, so muss einer davon als Hauptrechner definiert werden.



### Installation

- CAN-Adapter **nicht** anschliessen.
- Den Peak-Treiber installieren.
- CAN-Adapter an USB-Port anschliessen.
- Windows benachrichtigt über neue Hardware.
- Das KSEP333-Programm neu starten.



Sprachen	Firma	Administrator	Ausrüstung	Pneumatik	
System	CAN Treiber	CAN ID	Benutzer	Rechte	
Benutzer	Vollständiger Name	Berechtigung	aktiviert	Status	
1 JS	John Smith	Administrator	✓	aktiv	
2 TH	T. Hanks	Service	✓	neu	
3 HL	T. Hill	Supervisor	✓	neu	
4 BS	B. Spencer	Operator	✓	neu	
5					
6					
7					
8					
9					

Sprachen	Firma	Administrator	Ausrüstung	Pneumatik	
System	CAN Treiber	CAN ID	Benutzer	Rechte	
	Administrator	Service	Supervisor	Operator	
1 Neue Tests	✓	✓	✓	✓	
2 Dateimanager (neu, speichern)	✓	✓	✓	✓	
3 Tabellenänderung	✓	✓	✓	✓	
4 Testbedingungen	✓	✓	✓	✓	
5 Software-Update	✓	✓	✓	✓	
6 System - Einstellungen	✓	✓	✓	✓	

### CAN-Treiber

Für die Installation benötigen Sie Administrator-Rechte. Danach jedoch sind keine besonderen Rechte notwendig.

Bitte keine USB-Verlängerungskabel zwischen CAN-USB-Adapter und PC verwenden.

### Info

Am CAN-USB Adapter ist eine rote LED:

Konstant leuchtend: mit Windows verbunden

Langsam blinkend: mit KSEP333 verbunden

Schnell blinkend: Daten werden übertragen

### CAN-ID

Falls an Ihrem PC mehrere CAN-Adapter angeschlossen sind, müssen diese eindeutig identifiziert werden.

Bei einem neuen Adapter ist diese Nummer üblicherweise 255 (0xFF). Sie können diese einfach ändern.

### Benutzer

Der 1. Administrator wird bei **Administrator** definiert. Weitere Benutzer können hier hinzugefügt werden:

"Administrator" für die Verwaltung der Benutzer.

"Service" für die Kalibrierung und Wartung.

"Supervisor" für die Prozessüberwachung.

"Operator" für alle anderen Benutzer.

### Rechte

Die Rechte der 4 Benutzergruppen können hier vom Administrator definiert werden.



### 3. Bedienung



Nach dem Programmstart den gewünschten Benutzer auswählen.  
Siehe: 2.2 PC-Software **Benutzer**

Neue Benutzer müssen zuerst ihr eigenes Passwort definieren.

Benutzer	Vollständiger Name	Berechtigung	Status
JS	John Smith	Administrator	aktiv
TH	T. Hanks	Service	neu
HL	T. Hill	Supervisor	neu
BS	B. Spencer	Operator	neu

#### 3.1 Infos

Infos

Tabelle

Kurve

Grafik

Audit

Produkt

Niacin USP

Bestellung

CaRo24

Kunde

Cesana AG

Grund

Calibration Round Robin

Median

18um

Vorbereitung

none

Firma

Cesana AG

Abteilung

Bettingen

Dateinamen

Demo CaRo24.K20 (KSEP8Datei)

erstellt

26.06.2025

Apparatur

20L-Kugel

importiert

Demo CaRo24.K20

SGK

12.0

%V/V

± 1%V/V

Inertgas

Nitrogen

Prozeduren

Test

Kontrollversuch

1

Staub: Pmax, Kmax

22

Staub: untere Explosionsgrenze

11

Staub: Sauerstoffgrenzkonzentration

27

Staub: Explosionsfähigkeit

0

Hybrid: Pmax, Kmax

0

JS

Administrator

Hauptrechner

20L-Kugel + KSEP311

CAN 3

1002mbar

1.0bar

29°C

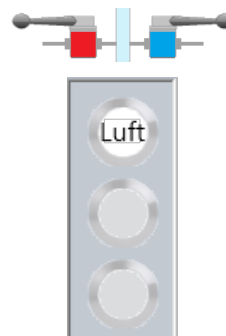
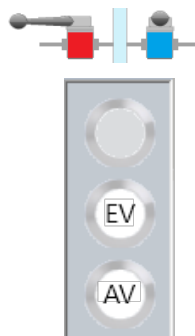
2522

#### Statuszeile

1. Der aktuelle Benutzer
2. Berechtigung des Benutzers
3. Priorität
4. Prüfapparatur
5. CAN-Schnittstelle
6. Druck in der Kugel
7. Druck in der Vorkammer
8. Behältertemperatur
9. Version: Jahr, Woche

#### Fernbedienung

Die Funktion der Fernbedienung ist abhängig von der Stellung der beiden Kugelhähne. Kugel und Sicherheits-schalter müssen geschlossen sein. Alternativ zu der Fernbedienung können die Bildschirmtasten verwendet werden.



**EV** = Einlassventil zu Staubvorratsbehälter

**AV** = Auslassventil (zwischen Staubvorratsbehälter und Kugel)

### 3.2 KSEP-Dateien



#### Neues Produkt, neue Datei

Bei Prüfungsbeginn mit einem neuen Produkt wird eine neue Datei eröffnet. Der Dateinamen wird entweder vom Programm automatisch generiert (**A**) oder von Ihnen eingegeben (**B**):

- A:** Automatisch generierte Dateinamen beginnen immer mit der von Ihnen definierten Identität (Siehe: [2.3 PC-Software](#)) gefolgt vom Datum. Der anschliessende Buchstaben unterscheidet Dateien, die am gleichen Tag erstellt wurden.

Beispiel 1: Lab\_230224A.K20

Beispiel 2: Lab\_230224B.K20 (am gleichen Tag erstellt wie Beispiel 1)

- B:** Beispiel 3: mein\_Produkt.K20 (max. Länge des Dateinamens = 126 Zeichen)



#### Bestehendes Produkt, Datei öffnen

Ein Verzeichnis von KSEP-Dateien mit Angabe des Produktes wird angezeigt. Für die Auf- bzw. Absteigende Sortierung auf das entsprechende Feld (*filename*, *date*, *product*) klicken.

E:\PROGNET_C\KSEP8_INT\bin\KSEPDATA\		
<input checked="" type="radio"/> 20L-sphere (*.K20)	<input type="radio"/> 1m <sup>3</sup> -vessel (*.1m3)	<input type="radio"/> KSEP6 - file ([K*,*])K*,*
Filename	Date	Product
Lab_250709A.K20	7/11/2025	TL20332/1
CAG_250407A.K20	7/10/2025	Test Zünder



#### Datei sichern als ...

Alle Daten werden immer **automatisch** gesichert. Bei Bedarf können Sie die gesamte Aufzeichnung unter einem neuen Dateinamen in einer separaten Datei speichern.



#### Dateien kopieren

Ein einfach zu bedienender Dateimanager für das Kopieren von KSEP-Dateien ist eingebaut. Es werden dabei nur KSEP-Dateien angezeigt.

Windows-style file dialog ☐

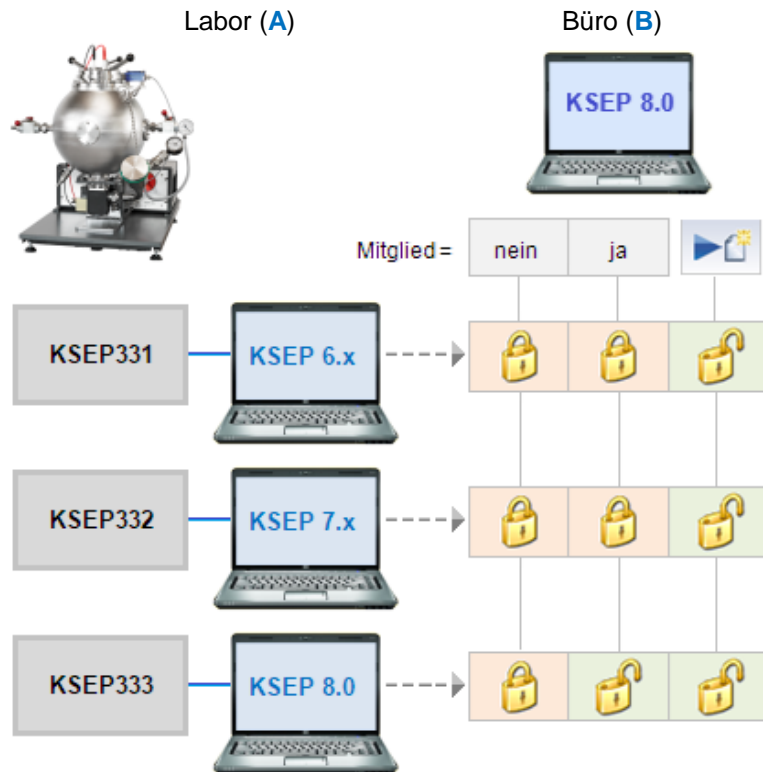
Dateiauswahl im Windows-Stil oder mit Produktanzeige.

### 3.2.1 Zugriffsrechte



Im Prüflabor muss die Software passend zur Apparatur sein.

Im Büro empfehlen wir die KSEP 8.0 Software, denn diese kann alle älteren Dateien lesen, ist in der Bedienung wesentlich komfortabler und flexibler beim Prüfbericht.



Bei der Übertragung der Dateien an andere Rechner, z.B. vom Labor (A) zum Büro (B) sind die Benutzer zu beachten. Der Benutzer (B) muss ein **Mitglied** der Benutzerliste vom Labor (A) sein. Andernfalls müssen die Daten importiert werden.



#### gesperrt

Alle Manipulationen der Daten sind gesperrt, ausser Ansicht und Ausdrucken.



#### frei zugänglich

Sie können die Tabellen bearbeiten und Kommentare hinzufügen.



**KSEP6** - Dateien kennen noch keine Benutzerverwaltung und das Dateiformat unterscheidet sich.

Deshalb muss für Manipulationen die KSEP6-Datei im KSEP8-Format gespeichert werden.

Es wird ein neuer Dateiname generiert: z.B. K030618A.SIB wird zu K030618A\_**i6**.K20

Gesperrte **KSEP7**- oder **KSEP8**- Dateien müssen für den freien Zugang importiert werden.

Es wird ein neuer Dateiname generiert: z.B. CaRo24.K20 wird zu CaRo24\_**i7**.K20

Für die Benutzerverwaltung wird der Import von Daten im Audit registriert:

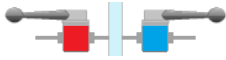


no	date	time	cause	event	username	signature
95	27.03.2025	10:19	OP1	KSEP data imported	JS	John Smith
					OP1	my Operator 1

### 3.3 Prüfablauf

#### 3.3.1 Vorbereitung

##### Statische Druckmessung

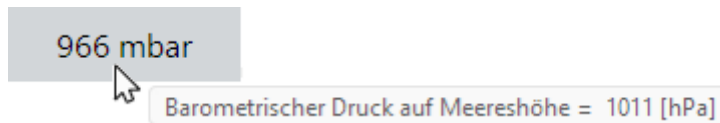


Beide Kugelhähne sind offen. In der Kugel ist Umgebungsdruck.

Die korrekte Druckanzeige lässt sich einfach überprüfen:

Im „Setup“ wird die Höhe über Meer von Ihrer Apparatur eingegeben. In der Fussleiste des Programms wird der aktuelle statische Druck und der berechnete Wert bezogen auf Meereshöhe angezeigt. Im Vergleich mit den aktuellen Meteodaten muss dieser Wert übereinstimmen ( $\pm 10 \text{ hPa} = \pm 1.0\%$ ).

Maus-Zeiger auf die Anzeige  
vom statischen Kugeldruck:



##### Dichtigkeit vom Staubvorratsbehälter

Nach jeder grossen Reinigung muss die Dichtigkeit von Staubvorratsbehälter und Kugel geprüft werden:



Nur linker Kugelhahn ist offen.

1. Den Staubvorratsbehälter auf 20bar mit Luft füllen. Taste „**IN**“.
2. Bleibt der Druck konstant?  
Falls er kontinuierlich fällt, ist der **Vorratsbehälter undicht**.  
Mögliche Ursache: Verschmutzung beim Auslassventil.
3. Den Staubvorratsbehälter mit Taste „**OUT**“ entlasten.

(Tasten am Bildschirm oder auf der Fernbedienung)

##### Dichtigkeit der Kugel



Nur rechter Kugelhahn ist offen.

1. Die Kugel auf 400mbar evakuieren. Taste „**VAC**“.  
(Umschaltfunktion: 1 x Drücken = EIN, nochmals Drücken = AUS)
2. Der Druck bleibt konstant → alles OK  
Der Druck steigt kontinuierlich → 3.
- (Tasten am Bildschirm oder auf der Fernbedienung)
3. Den rechten Kugelhahn schliessen.
4. Der Druck bleibt jetzt konstant → **Kugel undicht**.
5. Der Druck steigt kontinuierlich → **Vakuumpfilter undicht?**  
→ **Verschraubungen undicht?**

### 3.3.2 Kontrollversuch

Die Explosionskenngrößen  $P_{max}$  und  $K_{max}$  werden vom Anfangsdruck  $P_i$ , dem Druck zum Zeitpunkt der Zündung, proportional beeinflusst. Gemäss Normen gilt:  **$P_i = 1013 \text{ mbar} = \text{Normaldruck}$**

#### 1. Wahl des Prüfverfahrens:

Prüfprozedur **ohne Staub** und **ohne Zünder**

procedures	tests
Kontrollversuch	0
Staub: $P_{max}$ , $K_{max}$	15
Staub: untere Explosionsgrenze	9
Staub: Sauerstoffgrenzkonzentration	0

#### 2. Automatische Vorbereitung:

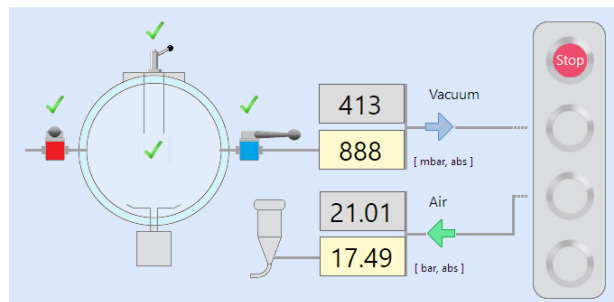
automatische Vorbereitung ☒

#### 3. Kontrollversuch starten:

Evakuierung der Kugel und Füllung vom Staubvorratsbehälter erfolgen in Schritten. Werden die Sollwerte nach 1min nicht erreicht, muss der Versuch abgebrochen werden.

→ **Kugel undicht?**

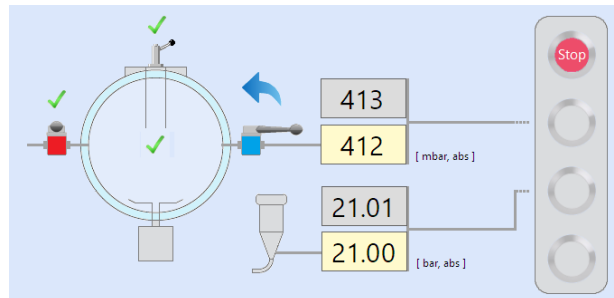
→ **Druckluft < 22bar, absolut?**



#### 4. Test starten:

Kugelhahn schliessen und den Test durch die OK-Taste am Bildschirm oder auf der Fernbedienung starten.

Nicht zu lange warten. Infolge Undichtigkeit können sich die Drücke verändern.

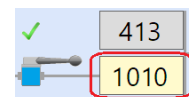
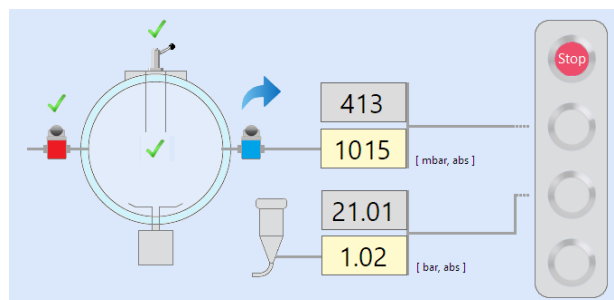


#### 5. Anfangsdruck $P_i$ prüfen:

Aus gemessenen Drücken der Vorbereitung wird ein theoretischer Anfangsdruck berechnet:

**Prüfe: Anfangsdruck  $P_i = 1012 \text{ mbar}$  ?**

Nach Öffnung vom rechten Kugelhahn wird der effektive Anfangsdruck  $P_i$  angezeigt.



Zulässige Werte für den berechneten und effektiven Anfangsdruck sind:

$$1013 \text{ mbar} \pm 2\% = 993 \dots 1033 \text{ mbar}$$

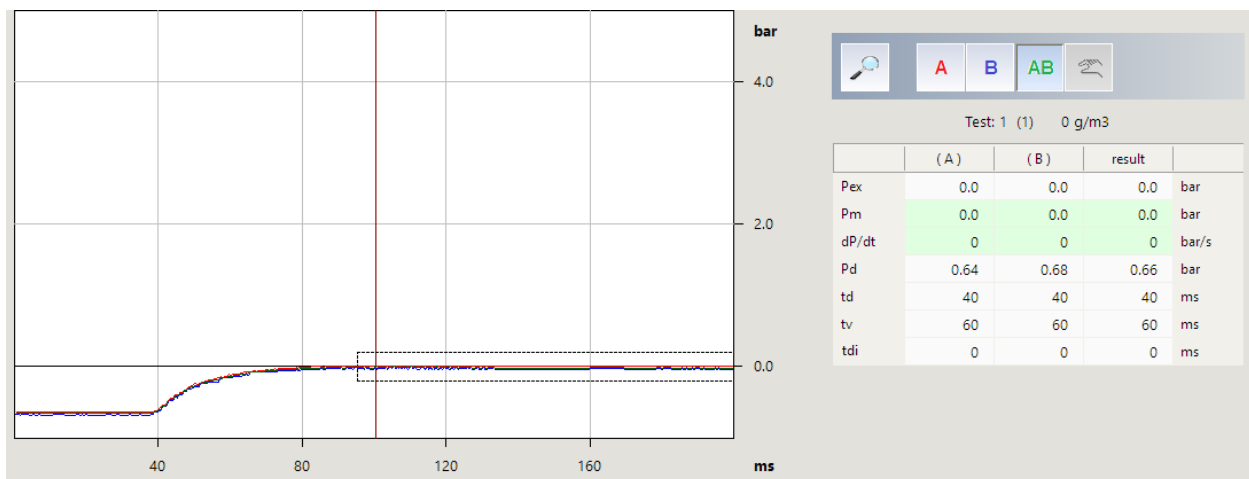
Bei grösseren Abweichungen besteht Verdacht auf **Undichtigkeit**.



Bei korrektem Anfangsdruck  $P_i$  gilt die Kalibrierkette:

**Meteodaten** → Umgebungsdruck  $P_v$  → Kontrollversuch → Zerstäubungsdruck  $P_z$

## 6. Anzeige vom Druckverlauf



Ziehen Sie mit der Maus ein Fenster um den zu vergrößernden Ausschnitt.  
Mit dieser Taste wird der Ausschnitt angezeigt.



Wechseln Sie in die Übersichtsdarstellung.



In Ergänzung zu den Explosionskenndaten können die Ergebnisse der Vorbereitung angezeigt werden. Der absolute Anfangsdruck P<sub>i</sub> wird aus den gemessenen Werten von P<sub>v</sub> und P<sub>z</sub> berechnet.

dP/dt	Test: 28 (1) 0 [g/m3]			
	setpoint	effective	FS [%]	
P <sub>v</sub> Vakuum [mbar]	413	412	-0.1	
P <sub>z</sub> Luft [bar]	21.01	21.01	0.0	
P <sub>i</sub> berechnet* [mbar]	1013	1012*		



**Fehlermeldungen:** Die gesamte Auswertung erfolgt automatisch. Die folgenden Kontrollgrößen werden überwacht und bei nicht akzeptablen Werten rot angezeigt:

- P<sub>d</sub>** Expansionsdruck der Vorkammerluft:  
Der Nennwert beträgt **0.6bar** ( zulässig sind: **0.55...0.75bar** ).  
Die Dicke bzw. Härte der Silikonschutzschicht auf den Kistler-Druckaufnehmern prüfen.
- t<sub>d</sub>** Die Zeitverzögerung des Auslassventils liegt nicht im erlaubten Bereich von **30...50ms**.  
Möglicherweise ist das Auslassventil verschmutzt oder die Staubverteildüse verstopft.

### 3.3.3 Staub: Pmax, Kmax

#### Prüfbedingungen

Prüfverfahren		=	<b>Staub: Pmax, Kmax</b>
Zündquelle		=	Chemische Zünder
Zündenergie	ZE	=	<b>2 x 5kJ</b>
Zündverzögerungszeit	tv	=	60 ms

#### Prinzip des Prüfablaufs

In einer ersten Versuchsreihe werden der maximale Explosionsdruck und der maximale zeitliche Druckanstieg ermittelt. Beginnend mit einer niedrigen Staubkonzentration von 60g/m<sup>3</sup> (1.2g / 20-l), wird die Staubkonzentration solange in Stufen vergrößert, bis die Höchstwerte des Explosionsdruckes und des zeitlichen Druckanstiegs eindeutig erfasst sind. Die folgenden Stufen sind zu verwenden:

60; 125; 250; 500; 750; 1000; 1250; 1500 g/m<sup>3</sup>

Nach der ersten Versuchsreihe wird nur noch der Nahbereich der Optima (Pmax, (dP/dt)max) kontrolliert, d.h. die Versuche bei der Optimalkonzentration und die Versuche mit der nächsthöheren bzw. mit der nächstniedrigeren Konzentrationsstufe werden wiederholt. Ein Beispiel: (Vorausgesetzt, die Maxima von Pm und dP/dt liegen bei 250 bzw. 500 g/m<sup>3</sup>)

1. Serie:	60,	125,	250,	500,	750,	1000 g/m <sup>3</sup>
2. Serie:		125,	250,	500,	750	
3. Serie:		125,	250,	500,	750	

#### Montage der Zünder

Zwei chemische Zünder (**Z**) mit je 5kJ Energie werden an den Elektrodenstäben (**S**) wie im Bild gezeigt montiert. D.h. die Zünder feuern horizontal und in entgegengesetzte Richtung.



**Sobbe**-Zünder werden elektrisch **parallel** geschaltet.

**Simex**-Zünder sind bereits schon vorverdrahtet (Serienschaltung).



Die Zündverzögerungszeit ist bei Simex-Zündern um durchschnittlich 5ms kürzer als bei Sobbe. Es besteht die Möglichkeit, dass das Auslassventil zum Zündzeitpunkt noch nicht vollständig geschlossen ist und somit eine „Rückzündung“ in den Staubvorratsbehälter erfolgt. Deshalb wird bei Simex-Zündern der Zündzeitpunkt automatisch um 5ms korrigiert.

Siehe: [2.2 Software / Setup 4: Apparatur](#)

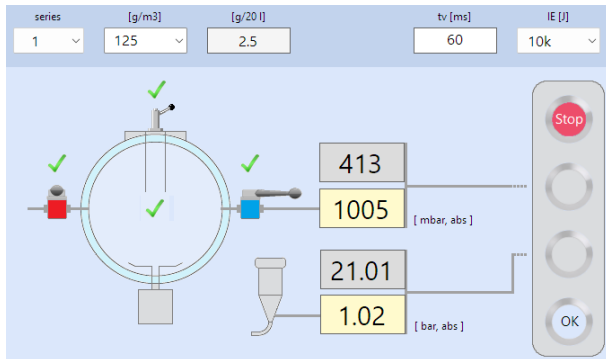
## Prüfablauf

Empfohlen:

☒ automatic cleaning

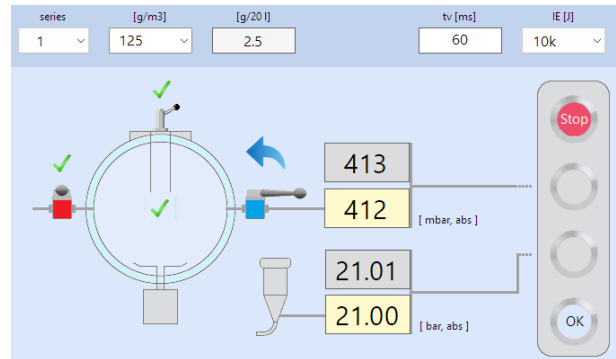
 automatic preparation ☒

### 1. Einstellungen



Prüfparameter einstellen  
und mit OK bestätigen.

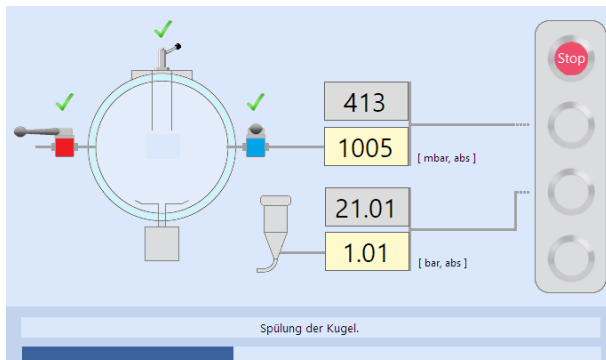
### 2. Test starten



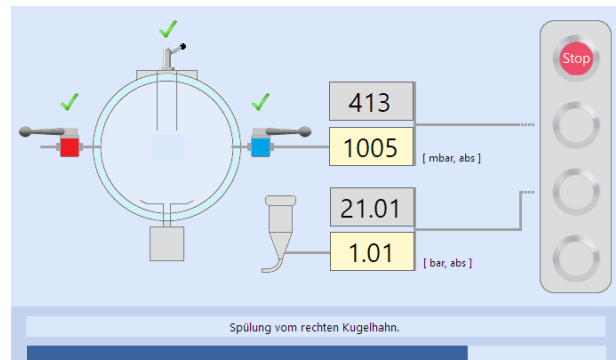
Nach Abschluss der automatischen  
Vorbereitung den Test starten.

Taste am Bildschirm oder auf der Fernbedienung.

### 3. Spülung der Kugel:



### 4. Spülung vom rechten Kugelhahn:



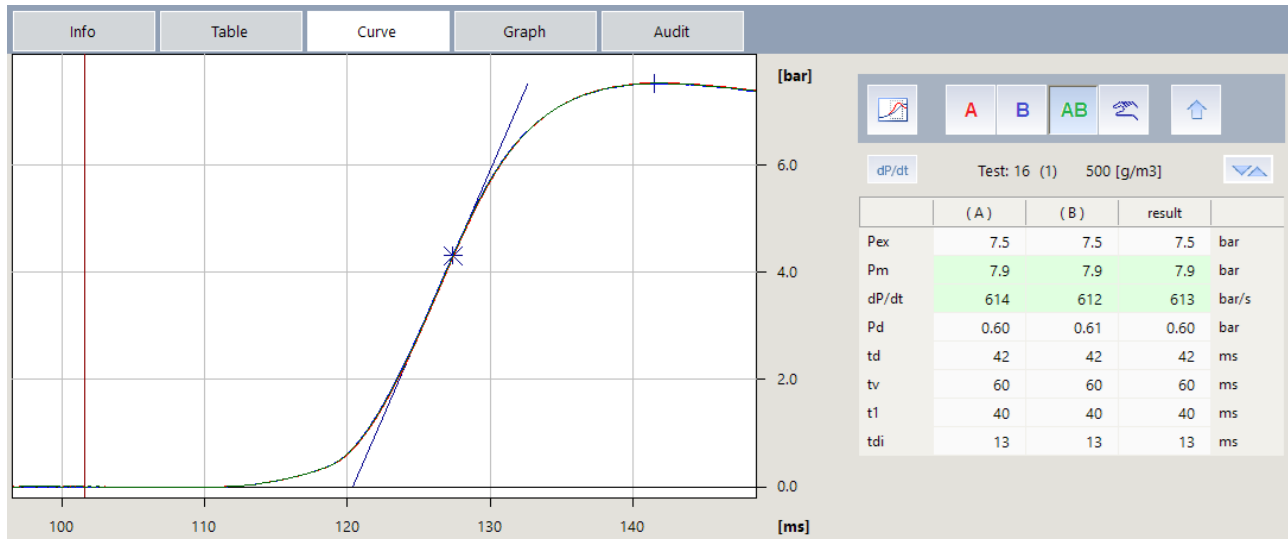
### 5. Nach dem Test:

- Kugel öffnen und die Verbrennungsrückstände mit einem Staubsauger absaugen.
- Abgebrannte Zünder entfernen und Zünddurchführungen reinigen.
- Die Pralldüse reinigen: Alle Bohrungen müssen frei sein.
- Die Rückstände im Staubvorratsbehälter mit einem Staubsauger absaugen.



## Druckverlauf (Curve)

Nach dem automatischen Prüfablauf wird der Druckverlauf von Kanal 1 (rot), Kanal 2 (blau) und deren Mittelwert (grün) angezeigt. Die vertikale Linie definiert den Zeitpunkt der Zündung. In kobaltblauer Farbe zeigen sich die Tangente des maximalen zeitlichen Druckanstieges, der dazugehörige Wendepunkt und das Kreuz für den maximalen Explosionsdruck Pex.



Wechseln Sie in die Übersichtsdarstellung.



Ziehen Sie mit der Maus ein Fenster um den zu vergrößernden Ausschnitt.  
Mit dieser Taste wird der Ausschnitt angezeigt.



Es wird der Mittelwert aus beiden Messkanälen ausgewertet und angezeigt (grüne Linie).  
Standard-Einstellung.



Es wird nur Kanal A ausgewertet.  
Sinnvoll bei fehlerhaftem Kanal B.



Es wird nur Kanal B ausgewertet.  
Sinnvoll bei fehlerhaftem Kanal A.

### Fehlermeldungen:

- Pex** Zwischen beiden Druckmessketten ist eine Differenz von mehr als **0.3bar** aufgetreten.
- Pm** Druckaufnehmer vertauscht?
- dP/dt** Druckanstiegsgeschwindigkeiten sind verschieden (**> 10%**).
- Pd** Expansionsdruck der Vorkammerluft: Typisch = 0.6bar (zulässig sind: **0.55...0.75bar**).
- td** Die Zeitverzögerung des Auslassventils (zulässig sind: **30...50ms**)
- tv** Die gemessene Zündverzögerungszeit entspricht nicht der Vorgabe (**± 5ms**)
- tdi** Zeitverzögerung der Zünder ist zu gross. Siehe: **3.8 Test - Einstellungen**

## Manuelle Auswertung

Bei einem  $(dP/dt)_m$  von weniger als 150 bar/s, kann der Fall auftreten, dass die Druckanstiegsgeschwindigkeit der chemischen Zünder grösser ist, als diejenige der Brennstoffexplosion. Verwenden Sie dazu zum Vergleich den Druckverlauf der chemischen Zünder in einer Atmosphäre ohne Brennstoff und unter sonst identischen Bedingungen. Typische Werte für chemische Zünder mit einer Zündenergie von 10 kJ liegen bei ca. 100 bar/s. Es kann angenommen werden, dass der Druckanstieg der chemischen Zünder nach ca. 50 ms beendet ist (Die Tangente darf also erst 50 ms nach dem Zeitpunkt der Zündung angelegt werden).

Vom Rechner KSEP 333 wird diese Vorschrift automatisch berücksichtigt. Diese einfache Faustregel kann aber nicht alle in der Praxis vorkommenden Fälle abdecken und unter Umständen ist dann eine manuelle Auswertung notwendig:

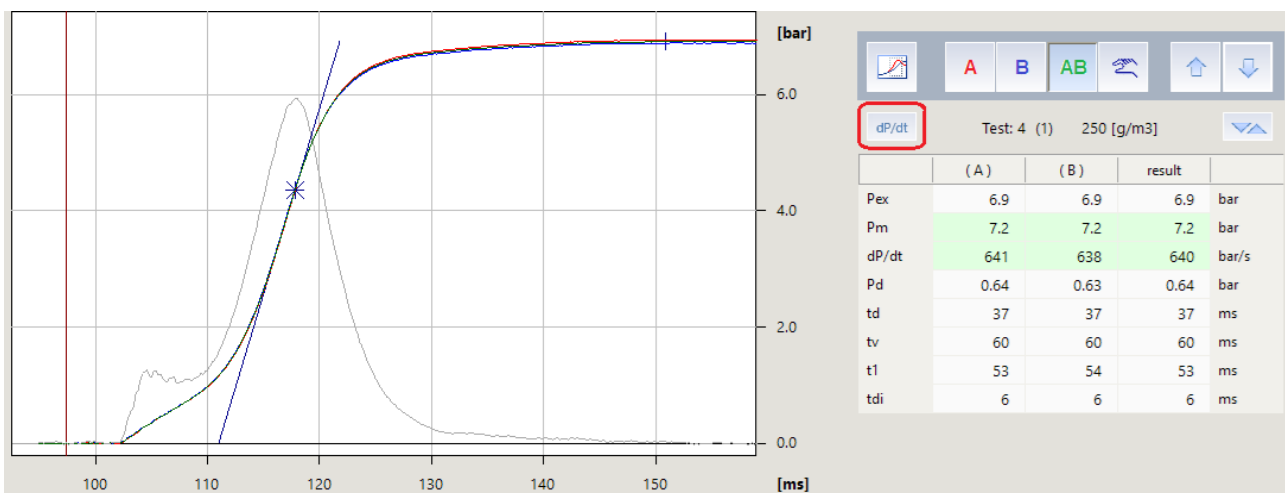


Beobachten Sie nach einem Explosionsversuch wo und wie der Rechner die Tangente anlegt. Schwache Explosionen oder dem Druckverlauf überlagerte Schwingungen können zu einer falschen Auswertung führen. Entspricht dann die Vorgabe des Rechners nicht dem realen Verlauf, so führen Sie am Besten eine manuelle Auswertung durch.

## Druckanstieg $dP/dt$



Für die Entscheidung „Zündung / keine Zündung“ bei UEG und SGK kann die Darstellung der Druckanstiegsgeschwindigkeit  $dP/dt$  sinnvoll sein (siehe ASTM-Normen) und hilft bei der Unterscheidung zwischen „Zünder“ und „Staubexplosion“.



## Vorbereitung



In Ergänzung zu den Explosionskenndaten können die Ergebnisse der Vorbereitung angezeigt werden. Der absolute Anfangsdruck  $P_i$  wird aus den gemessenen Werten von  $P_v$  und  $P_z$  berechnet.

dP/dt	Test: 49 (3)	125 [g/m3]	
	setpoint	effective	FS [%]
Pv Vakuum [mbar]	413	410	-0.3
Pz Luft [bar]	21.01	21.07	0.3
Pi berechnet* [mbar]	1013	1012*	

### 3.4 Tabelle (Table)

Getrennt nach Prozeduren werden alle Versuche numerisch dargestellt und bearbeitet:

curve	ok	test	series	conc.	Pm	dP/dt	tv	tdi	IE	Tu	comment
14	✓	14	1	125	4.7	173	60	8	10kJ	24°	
15	✓	15	1	250	6.8	546	60	8	10kJ	26°	
16	✓	16	1	500	8.3	673	60	8	10kJ	27°	
17	✓	17	1	750	8.2	732	60	8	10kJ	28°	
18	✓	18	1	1000	8.1	867	60	8	10kJ	29°	
19	✓	19	1	1250	7.6	750	60	7	10kJ	29°	
20	✓	20	1	1500	7.0	655	60	8	10kJ	28°	
21	✓	21	2	125	5.6	278	60	8	10kJ	24°	
22	✓	22	2	250	7.3	568	60	7	10kJ	25°	
23	✓	23	2	500	8.1	839	60	6	10kJ	27°	
24	✓	24	2	750	8.2	938	60	7	10kJ	28°	
25	✓	25	2	1000	7.7	840	60	8	10kJ	28°	
26	✓	26	2	1250	7.5	738	60	7	10kJ	28°	
27	✓	27	3	125	5.7	273	60	7	10kJ	24°	
28	✓	28	3	250	7.7	631	60	6	10kJ	25°	

parameter	value	unit	tolerance	series 1	series 2	series 3
Pmax	8.3	bar	± 10%	-0.1%	-1.5%	1.6%
(dP/dt)max	890	bar/s	± 10%	-2.6%	5.3%	-2.7%
Kmax	242	m-bar/s	± 10%	t1 min	27	ms

procedures	tests
Kontrollversuch	0
Staub: Pmax, Kmax	22
Staub: untere Explosionsgrenze	11
Staub: Sauerstoffgrenzkonzentration	27
Staub: Explosionsfähigkeit	0
Hybrid: Pmax, Kmax	0

JS	Administrator	Master	20L sphere + KSEP311	CAN 3	1012 mbar	1.0 bar	23°C	2501
----	---------------	--------	----------------------	-------	-----------	---------	------	------

#### Symbole der Tabelle:

- Maximum-Wert (einer jeden Serie), hellgrün
- dieser Wert ist fehlerhaft, hellrot
- ☒ dieser Versuch ist gültig und wird ausgewertet (Wechsel durch Klick auf dieses Feld)
- der Druckverlauf ist gespeichert
- ausgewählter Druckverlauf (Curve)

#### Berechnung der Explosionskenngrößen:

Als Kenngröße für den maximalen Explosionsdruck Pmax und den maximalen zeitlichen Druckanstieg (dP/dt)max wird der **Mittelwert** aus den **Maximalwerten** einer jeden Serie angegeben, kurz Mittel aus Maxima genannt.

Pm [Serie n] = Maximalwert einer jeden Serie

$$\mathbf{Pmax} = (Pm [Serie 1] + Pm [Serie 2] + Pm [Serie 3]) / 3$$

(dP/dt)m [Serie n] = Maximalwert einer jeden Serie

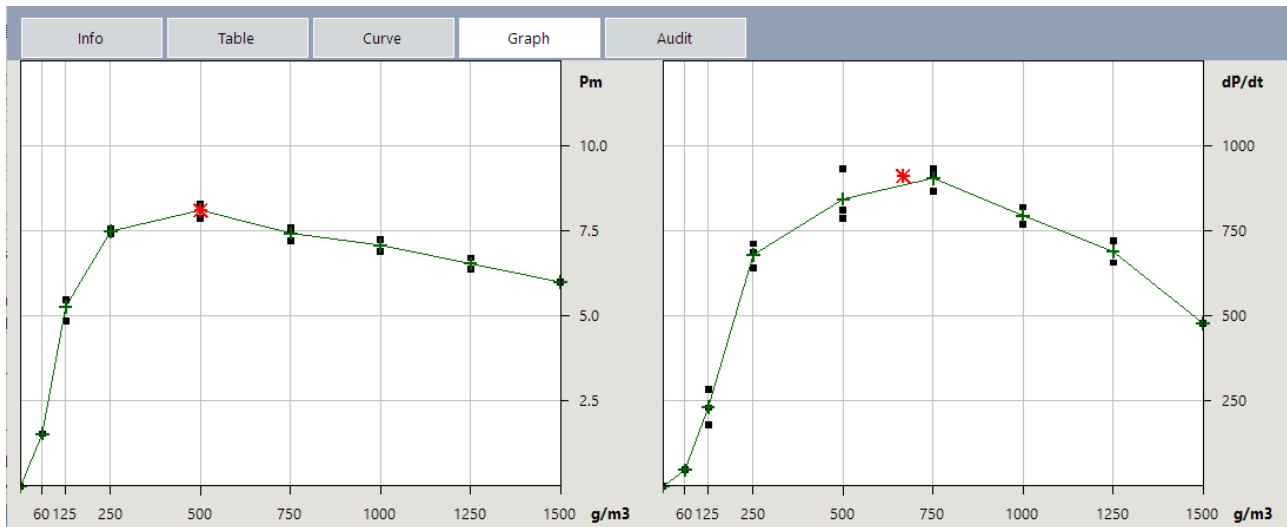
$$\mathbf{(dP/dt)max} = (dP/dt [Serie 1] + dP/dt [Serie 2] + dP/dt [Serie 3]) / 3$$

$$\mathbf{Kmax} = 0.27144 \times (dP/dt)max$$

$$v^{1/3} = 0.02^{1/3} = 0.27144$$

### 3.5 Graphiken (Graph)

Angezeigt werden jeweils die Einzelwerte (Quadrate), die Mittelwerte (Kreuze) und für „Pm“ bzw. „dP/dt“ noch das Mittel aus den Maxima einer jeden Serie (Stern).



### 3.6 Audit

Info Table Curve Graph Audit								
no	date	time	cause	event	value	username	signature	authorization
7	15.06.2022	09:52	System	Procedures	Proc_Deutsch.usr	swissi	swiss!	Administrator
8	15.06.2022	10:00	swissi	Test - 1	Staub: Pmax, Kmax	CC	Ch. Cesana	Administrator
9	15.06.2022	10:27	swissi	Test - 2	Staub: Pmax, Kmax	OP	Bill	Operator
10	15.06.2022	10:30	swissi	Test - 3	Staub: Pmax, Kmax			
11	15.06.2022	10:32	swissi	Test - 4	Staub: Pmax, Kmax			



Jede KSEP-Datei enthält eine Liste von Benutzern. Falls Sie ein Mitglied in dieser Liste sind, haben Sie Zugriff entsprechend Ihrer Berechtigung (Administrator ... Operator).



Die Audit-Daten sind kodiert in der KSEP-Datei gespeichert!

### 3.7 Prüfbericht

Drucken: ☒ Titelseite ☒ Test ☒ Audit ☒ Kurve

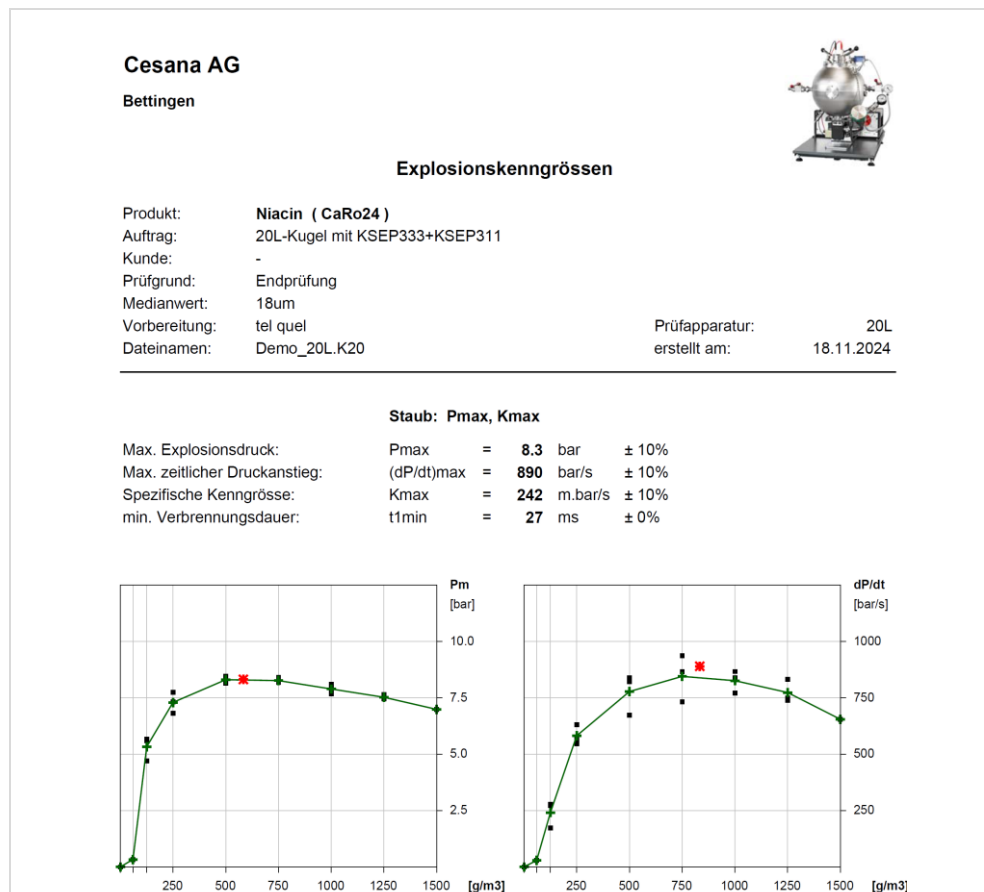
Seiten: 1 1 2 1

Logo\_KSEP.png 20

Sprachen: Deutsch (CH) Formatierung: Deutsch (Schweiz)

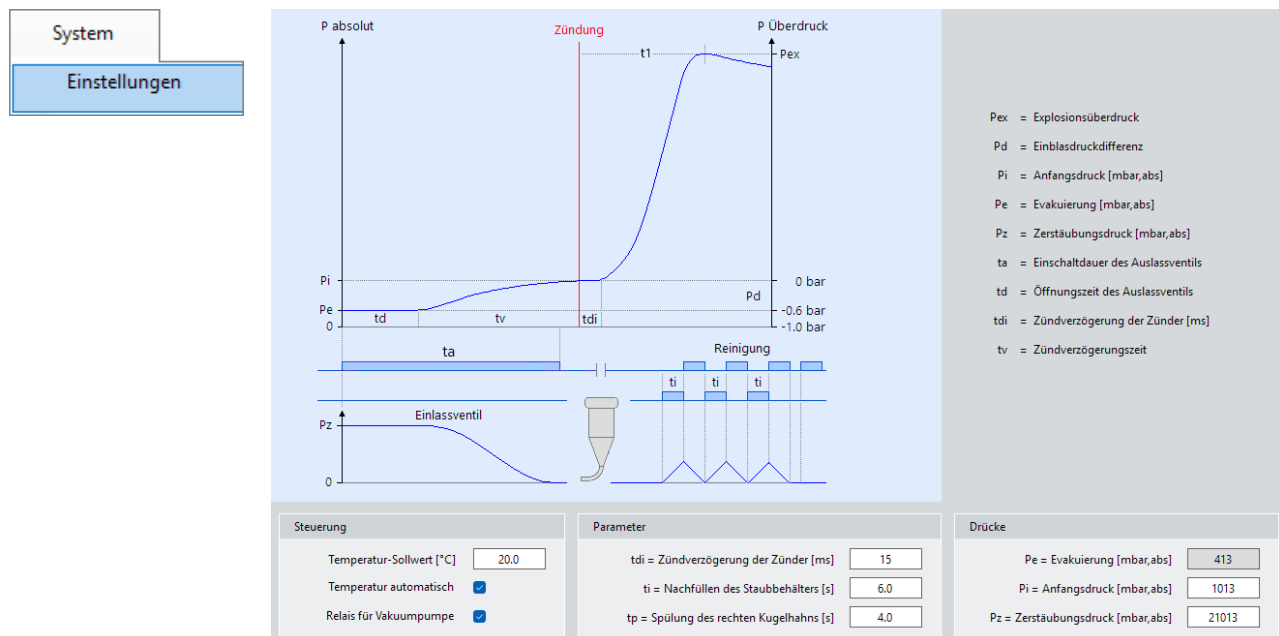
Versehen Sie den Prüfbericht mit Ihrem eigenen Firmenlogo. Dateiformat = png-Bitmap  
Das Logo-Bild wird automatisch auf die gewünschte Grösse verkleinert. Ein Versuch lohnt sich.

Unabhängig von der Sprache des Anwenders kann der Prüfbericht in der Sprache des Kunden ausgedruckt werden. Dazu die korrekte Formatierung auswählen. Das Datum und das Zahlenformat sind oft unterschiedlich z.B. das Dezimaltrennzeichen kann ein Punkt oder ein Komma sein.



### 3.8 Test - Einstellungen

#### 3.8.1 20L mit KSEP311



**Steuerung Temperatur automatisch:** Gemäss ISO/IEC 80079: Anfangstemperatur = **20°C ± 5°C**

Bedingt durch die hohe Versuchsfrequenz muss die Explosionskugel mittels Wasserkühlung auf der Betriebstemperatur von 20°C gehalten werden. Mit einem externen Magnetventil wird vom KSE333 die Manteltemperatur der Kugel geregelt. Dies spart sehr viel Kühlwasser.

**Relais für Vakuumpumpe:** Die Vakuum-Pumpe wird nur bei Bedarf eingeschaltet.

**Parameter tdi = Zündverzögerung** = zeitliche Differenz zwischen der elektrischen Erregung der Zünder und dem ersten Druckanstieg. Addiert sich zu  $t_v$  und muss kontrolliert werden. Die maximal zulässige Zeitverzögerung wird hier definiert. Bei deren Überschreitung erfolgt eine Fehlermeldung.

**ti = Nachfüllen:** Füllzeit für den Staubvorratsbehälter bei der Reinigung.

**tp = Spülung:** Spülzeit für den rechten Kugelhahn bei der Reinigung.

**Drücke** Gemäss Normen gilt: Anfangsdruck  $P_i$  = 1013 mbar

Diese Druckvorgaben werden automatisch wie folgt berechnet und sind nur für spezielle Prüfbedingungen zu ändern:

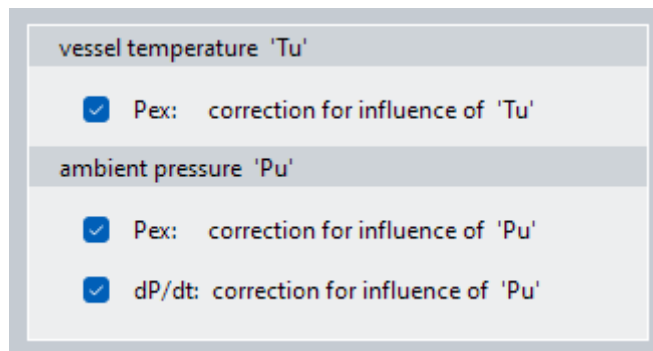
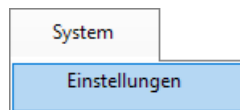
	$P_i$ (Kugel + Vorkammer)	$P_e$ (Kugel)	$P_z$ (Vorkammer)
Volumen[L] x Druck[mbar]	20.6L x 1013mbar =	20L x 413mbar +	0.6L x 21'013mbar



Im Zweifelsfall: Rückkehr zu den empfohlenen Werkseinstellungen.



### 3.8.3 1m3 Behälter



#### vessel temperature

Gemäss Normen gilt: *Vor dem Beginn der Prüfung ist die Temperatur im 1-m<sup>3</sup>-Behälter zu messen und aufzuzeichnen (Anfangstemperatur).*

Vom KSEP333 wird die Behältertemperatur gemessen und aufgezeichnet. Der Temperatureinfluss auf Pex kann berechnet und automatisch korrigiert werden. Siehe: [1.5.4 Temperatur](#)

#### ambient pressure

Gemäss Normen gilt: *Es muss sichergestellt sein, dass im 1-m<sup>3</sup>-Behälter Atmosphärendruck herrscht, wenn das Einblasen des Staubes durch Öffnen des Schnellöffnungsventils am Staubbehälter eingeleitet wird. Der tatsächliche Druck im 1-m<sup>3</sup>-Behälter zum Zeitpunkt der Zündung (Anfangsdruck Pi) muss ermittelt und aufgezeichnet werden.*

Beim 1m<sup>3</sup> - Behälter gilt als Anfangsdruck der Umgebungsdruck. Dieser wird vom KSEP333 gemessen und aufgezeichnet. Der Einfluss vom Anfangsdruck auf Pex und dP/dt kann berechnet und automatisch korrigiert werden.

Siehe: [1.5.5 Vordruck](#)

Das Prüfverfahren entspricht prinzipiell dem Verfahren mit der Pneumatik-Einheit **KSEP311**.

Siehe: [3.3.3 Staub: Pmax, Kmax](#)

Info		Table		Curve		Graph		Audit		
curve	ok	test	series	conc.	Pm	dP/dt	tv	IE	Tu	Pu
▶	✓	1	1	60	8.7	160	600	10kJ	(29°)	(958)
▶	✓	2	1	125	8.9	160	600	10kJ	29°	(958)
▶	✓	3	1	250	9.1	169	600	10kJ	(29°)	958
▶	✓	4	1	500	9.4	169	600	10kJ	29°	1012

Behältertemperatur **Tu** und Umgebungsdruck **Pu** werden bei jeder Prüfung registriert.

Deren Einfluss auf Pex und dP/dt wird gemäss Ihren Vorgaben korrigiert.

Sind die Werte in Klammern angezeigt, dann erfolgte keine Korrektur für Tu oder Pu.

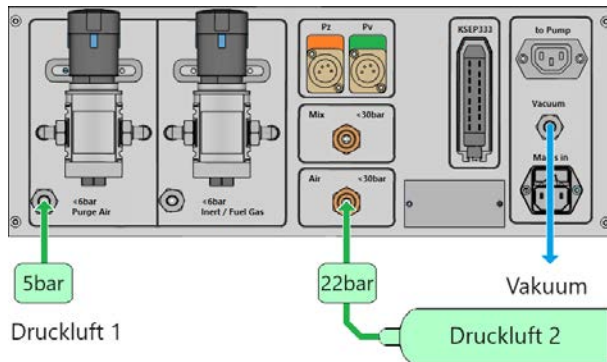


## 4. Prüfverfahren für Stäube

### 4.1 Allgemeine Regeln

**Probenvorbereitung:** Das Produkt muss sorgfältig getrocknet werden z.B. 24 Std bei 50°C unter Vakuum oder 24 Std bei 75°C unter Atmosphärendruck. Die Probe muss so vorbereitet sein, dass der Medianwert **M** < 63 µm ist. Unter Umständen darf die Untersuchung auch im Anlieferungs-zustand erfolgen.

#### 4.1.1 Prüfeinrichtung



#### Druckluft 1 „Purge Air“ (maximal 6 bar,absolut)

Diese Druckluft, üblicherweise aus dem Druckluftnetz des Labors, wird zur Einstellung vom Gasgemisch in der Kugel und zur Reinigung verwendet. Mit dem darüber liegenden Druckregler auf **1 bar** Überdruck einregulieren (Anzeige = 1 bar). Maximal 2 bar Überdruck = 3 bar,absolut!

#### Druckluft 2 „Air“ (22 bar,absolut = 21 bar,relativ)

Diese Druckluft wird als Steuerluft für das Auslassventil und zur Füllung vom Staubvorratsbehälter verwendet. Der präzise Vorkammerdruck von 21 bar,absolut wird vom System geregelt. Deshalb muss der reduzierte Druck ab Flasche etwas höher sein.



Drücke > 22 bar,absolut reduzieren die Aktivierungszeit (td) vom Auslassventil. Dies ist unzulässig und muss vermieden werden.



Es darf nur normale Kompressor-Druckluft aus Druckflaschen verwendet werden. Mit synthetischer Druckluft werden stark abweichende Explosionskenngrößen gemessen.

#### Vakuum:

Vor Beginn eines jeden Versuches wird die 20-I-Apparatur evakuiert, um nach der anschließenden Expansion der Staubvorratsbehälterluft wieder Normaldruck (1013 mbar abs.) als Anfangsdruck für die Staubexplosion zu erhalten.

Elektrischer Anschluss der Vakuum-Pumpe: Diese wird nur bei Bedarf automatisch eingeschaltet.

## 4.2 Staub - Kenngrößen: $P_{max}$ , $(dP/dt)_{max}$ , $K_{max}$

Referenz: EN 14034-1&2, ASTM E1226

### 4.2.1 Prüfbedingungen

Prüfverfahren (procedure)	=	<b>Staub: <math>P_{max}</math>, <math>K_{max}</math></b>
Zündquelle	=	Chemische Zünder
Zündenergie	ZE	= <b>2 x 5kJ</b>
Zündverzögerungszeit	tv	= 60 ms

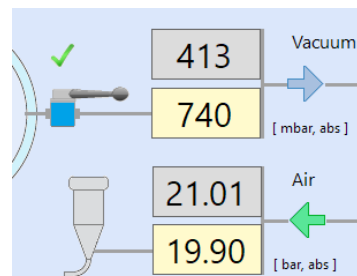
### 4.2.2 Prüfablauf

#### Einstellungen

series	[g/m <sup>3</sup> ]	[g/20 l]	tv [ms]	IE [J]
1	250	5.0	60	10k

#### Vorbereitung

Kugel evakuieren und Vorkammer füllen



In einer ersten Versuchsreihe werden der maximale Explosionsdruck und der maximale zeitliche Druckanstieg ermittelt. Beginnend mit einer niedrigen Staubkonzentration von 60g/m<sup>3</sup> (1.2g / 20-l), wird die Staubkonzentration solange in Stufen vergrößert, bis die Höchstwerte des Explosionsdruckes und des zeitlichen Druckanstiegs eindeutig erfasst sind. Die folgenden Stufen sind zu verwenden:

60; 125; 250; 500; 750; 1000; 1250; 1500 g/m<sup>3</sup>

Nach der ersten Versuchsreihe wird nur noch der Nahbereich der Optima ( $P_{max}$ ,  $(dP/dt)_{max}$ ) kontrolliert, d.h. die Versuche bei der Optimalkonzentration und die Versuche mit der nächsthöheren bzw. mit der nächstniedrigeren Konzentrationsstufe werden wiederholt. Ein Beispiel: (Vorausgesetzt, die Maxima von  $P_m$  und  $dP/dt$  liegen bei 250 bzw. 500 g/m<sup>3</sup>)

1. Serie:	60,	125,	250,	500,	750,	1000 g/m <sup>3</sup>
2. Serie:		125,	250,	500,	750	
3. Serie:		125,	250,	500,	750	

### Berechnung der Explosionskenngrossen



Als Kenngrösse für den maximalen Explosionsdruck  $P_{\max}$  und den maximalen zeitlichen Druckanstieg  $(dP/dt)_{\max}$  wird der **Mittelwert** aus den **Maximalwerten** einer jeden Serie angegeben, kurz Mittel aus Maxima genannt.

$P_m$  [Serie n] = Maximalwert einer jeden Serie

$$P_{\max} = (P_m \text{ [Serie 1]} + P_m \text{ [Serie 2]} + P_m \text{ [Serie 3]}) / 3$$

$(dP/dt)_m$  [Serie n] = Maximalwert einer jeden Serie

$$(dP/dt)_{\max} = (dP/dt \text{ [Serie 1]} + dP/dt \text{ [Serie 2]} + dP/dt \text{ [Serie 3]}) / 3$$

$$K_{\max} = 0.27144 \times (dP/dt)_{\max}$$

### Überprüfung der Explosionskenngrossen

**$P_{\max}$**  ist der Mittelwert aus den Maxima von 3 Serien.

Jedes der Maxima darf nicht mehr als **10%** von  **$P_{\max}$**  abweichen.

Andernfalls muss diese Serie wiederholt werden !

**$(dP/dt)_{\max}$**  ist der Mittelwert aus den Maxima von 3 Serien.

Jedes der Maxima darf nicht mehr, als wie folgt angegeben, abweichen.

Andernfalls muss diese Serie wiederholt werden !

<b><math>(dP/dt)_{\max}</math></b>	<b><math>K_{\max}</math></b>	<b>Abweichung</b>
$\leq 185$	$\leq 50$	$\pm 30 \%$
186 - 370	51 - 100	$\pm 20 \%$
371 - 740	101 - 200	$\pm 12 \%$
$> 740$	$> 200$	$\pm 10 \%$

Diese Überprüfung erfolgt automatisch. Fehlerhafte Serien werden mit roter Farbe hervorgehoben.

### Ergebnis ... der Prüfung

dP/dt	Test: 11 (1)	60 [g/m <sup>3</sup> ]	
	(A)	(B)	result
P <sub>ex</sub>	7.5	7.5	7.5 bar
P <sub>m</sub>	7.9	7.9	7.9 bar
dP/dt	616	617	617 bar/s
P <sub>d</sub>	0.60	0.62	0.61 bar
t <sub>d</sub>	41	41	41 ms
t <sub>v</sub>	60	60	60 ms
t <sub>1</sub>	41	41	41 ms
t <sub>di</sub>	14	14	14 ms

### der Vorbereitung

dP/dt	Test: 11 (1)	60 [g/m <sup>3</sup> ]	
	setpoint	effective	FS [%]
P <sub>v</sub> Vakuum [mbar]	413	414	0.1
P <sub>z</sub> Luft [bar]	21.01	21.01	0.0
P <sub>i</sub> berechnet* [mbar]	1013	1012*	

In Ergänzung zu den Explosionskenndaten können die Ergebnisse der Vorbereitung angezeigt werden. Der absolute Anfangsdruck  $P_i$  wird aus den gemessenen Werten von  $P_v$  und  $P_z$  berechnet.

### 4.3 Staub - Untere Explosionsgrenze (UEG)

Referenz: EN 14034-3, ASTM E1515

#### 4.3.1 Prüfbedingungen

Prüfverfahren (procedure)	=	<b>Staub: UEG</b>
Zündquelle	=	Chemische Zünder
Zündenergie ZE	=	<b>EN: 2 x 1kJ, ASTM: 1 x 2.5kJ</b>
Zündverzögerungszeit tv	=	60 ms

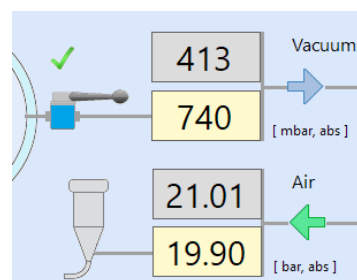
#### 4.3.2 Prüfablauf

##### Einstellungen

series	[g/m <sup>3</sup> ]	[g/20 l]	tv [ms]	IE [J]
1	30	0.6	60	2k

##### Vorbereitung

Kugel evakuieren und Vorkammer füllen



**EN 14034-3:** Dieses Verfahren ist mit einer Staubkonzentration von 125 g/m<sup>3</sup> oder einer anderen Konzentration, bei der eine Explosion auftritt, zu beginnen und durch Verringerung in Schritten von 50 % der vorherigen Konzentration zu wiederholen, wie nachfolgend dargestellt.

750; 500; 250; 125; 60; 30 g/m<sup>3</sup>

Dieses Verfahren ist bis hinunter zu der Konzentration zu wiederholen, bei der keine Explosion erfolgt. Die höchste Konzentration von brennbarem Staub, bei der bei **drei** aufeinander folgenden Prüfungen kein Entzünden erfolgt, wird als die untere Explosionsgrenze (UEG) angegeben.

**ASTM E1515** fordert für die Kalibrierung: Die UEG muss auf  $\pm 10\%$  oder 5 g/m<sup>3</sup> übereinstimmen, je nachdem, welcher Wert größer ist. Wir empfehlen deshalb, die Schrittweite der Staubkonzentrationen im Bereich Zündung / Nichtzündung auf **5 g/m<sup>3</sup>** zu reduzieren.

##### Auswertung (EN-14034-3 mit ZE = 2 x 1kJ)

Pex [bar]	Pm [bar]	Entscheidung:
< 0.5	< 0.2	<b>keine</b> Entzündung
≥ 0.5	≥ 0.2	Entzündung



Diese Bestimmung ist naturgemäss sehr empfindlich auf Produktrückstände aus vorausgehenden Versuchen. Es hat sich deshalb als zweckmässig erwiesen, zwischen den einzelnen Versuchen mit Staub, einen Blindversuch (nur Zünder, aber ohne Staub) einzufügen, um die Rückstände nach der Reinigung zu beseitigen.

## 4.4 Staub - Explosionsfähigkeit

Referenz: ISO/IEC 80079-20, ASTM E1226

### 4.4.1 Prüfbedingungen

Prüfverfahren (procedure)	=	<b>Staub: Explosionsfähigkeit</b>
Zündquelle	=	Chemische Zünder
Zündenergie ZE	=	<b>ISO/IEC: 2 x 1kJ, ASTM: 1 x 2.5kJ</b>
Zündverzögerungszeit tv	=	60 ms

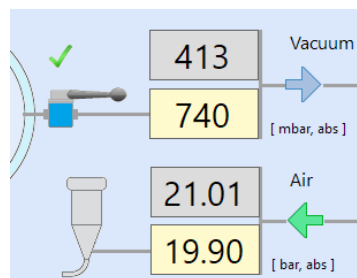
### 4.4.2 Prüfablauf

#### Einstellungen

series	[g/m <sup>3</sup> ]	[g/20 l]	tv [ms]	IE [J]
1	30	0.6	60	2k

#### Vorbereitung

Kugel evakuieren und Vorkammer füllen



Vor jedem Versuch müssen 20-I-Kugel und Staubvorratsbehälter gründlich gereinigt werden.  
In der Regel werden Staubkonzentrationen von 30 g/m<sup>3</sup> ... 2000 g/m<sup>3</sup> untersucht:

z.B. 30, 60, 125, 250, 500, 750, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000 g/m<sup>3</sup>

#### Auswertung (ISO/IEC 80079-20 mit ZE = 2 x 1kJ)

Pex [bar]	Pm [bar]	Entscheidung:
< 0.5	< 0.2	<b>keine</b> Entzündung
≥ 0.5	≥ 0.2	Entzündung



Ein Staub, der über einen breiten Konzentrationsbereich (30 ... 2000 g/m<sup>3</sup>) mit einer Zündenergie von ZE = 2 x 1kJ (chemische Zünder) nicht zur Explosion gebracht werden kann, wird als **nicht staubexplosionsfähig** klassifiziert.

Das heisst, der Staub kann höchstwahrscheinlich gar nicht zur Explosion gebracht werden, oder nur bei Anwendung einer noch stärkeren Zündenergie (ZE > 2kJ).



Entscheidungsschwellen für eine Entzündung:

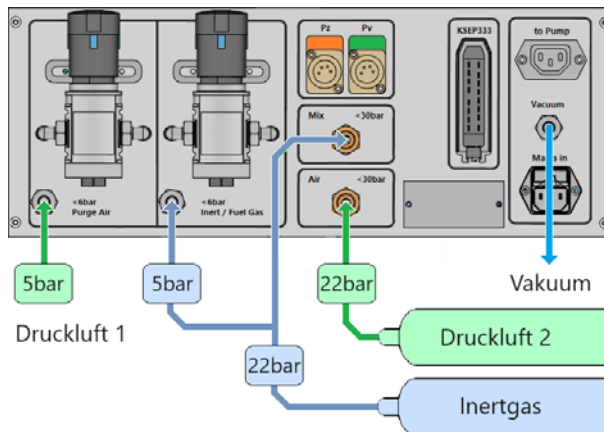
ISO/EC 80079-20, 20-I-Kugel,	Pex ≥ ( *Zünderdruck + 0.3 bar )
*Zünderdruck berechnet (siehe 1.4.2)	= 0.3 bar -> Pex ≥ ( Pm + 0.3 ) == 0.5 bar
*Zünderdruck gemessen, typisch	= 0.2 bar -> Pex ≥ ( 0.2 + 0.3 ) == 0.5 bar

## 4.5 Staub - Sauerstoffgrenzkonzentration (SGK)

Referenz: EN 14034-4, ASTM E2931

Die Sauerstoffgrenzkonzentration ist die maximale Konzentration an Sauerstoff eines Staub/ Luft/ Inertgas-Gemisches, bei der keine Staubexplosionen auftreten können. Die Messung der Sauerstoffgrenzkonzentration bildet die Grundlage für den Explosionsschutz durch „Inertisieren“.

### 4.5.1 Prüfeinrichtung



#### Druckluft 1 „Purge Air“ (maximal 6 bar,absolut)

Diese Druckluft, üblicherweise aus dem Druckluftnetz des Labors, wird zur Einstellung vom Gasgemisch in der Kugel und zur Reinigung verwendet. Mit dem darüber liegenden Druckregler auf **1 bar** Überdruck einregulieren (Anzeige = 1 bar). Maximal 2 bar Überdruck = 3 bar,absolut!

#### Druckluft 2 „Air“ (22 bar,absolut = 21 bar,relativ)

Diese Druckluft wird als Steuerluft für das Auslassventil und zur Füllung vom Staubvorratsbehälter verwendet. Der präzise Vorkammerdruck von 21 bar,absolut wird vom System geregelt. Deshalb muss der reduzierte Druck ab Flasche etwas höher sein.



Drücke > 22 bar,absolut reduzieren die Aktivierungszeit (td) vom Auslassventil. Dies ist unzulässig und muss vermieden werden.



Es darf nur normale Kompressor-Druckluft aus Druckflaschen verwendet werden. Mit synthetischer Druckluft werden stark abweichende Explosionskenngrößen gemessen.

#### Inertgas „Mix“ (22 bar,absolut = 21 bar,relativ)

Dieses Gas wird zur Füllung vom Staubvorratsbehälter verwendet. Der präzise Vorkammerdruck von 21 bar, absolut wird vom System geregelt. Deshalb muss der reduzierte Druck ab Flasche etwas höher sein.

#### Inertgas „Inert / Fuel Gas“ (maximal 6 bar,absolut)

Dieses Gas wird zur Einstellung vom Gasgemisch in der Kugel verwendet. Der Druck ab Flasche muss weiter auf ca. 5 bar reduziert werden. Dann den darüber liegenden Druckregler auf **1 bar** Überdruck einregulieren (Anzeige = 1 bar). Maximal 2 bar Überdruck = 3 bar, absolut!

#### Vakuum:

Vor Beginn eines jeden Versuches wird die 20-l-Apparatur evakuiert, um nach der anschliessenden Expansion der Staubvorratsbehälterluft wieder Normaldruck (1013 mbar abs.) als Ausgangsdruck für die Staubexplosion zu erhalten.

### 4.5.2 Prüfbedingungen

Prüfverfahren (procedure)	=	<b>Staub: SGK</b>
Zündquelle	=	Chemische Zünder
Zündenergie	ZE	= <b>EN: 2 x 1kJ, ASTM: 1 x 2.5kJ</b>
Zündverzögerungszeit	tv	= 60 ms

### 4.5.3 Prüfablauf

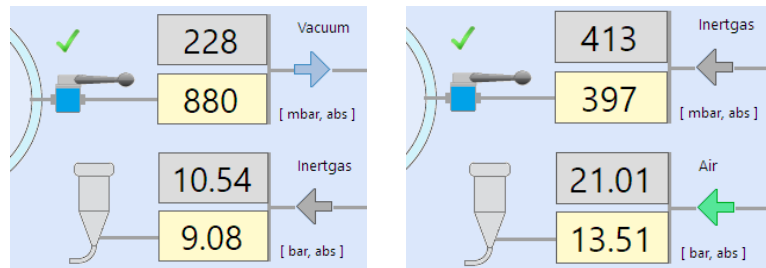
#### Einstellungen

O<sub>2</sub> [%] = Sauerstoffkonzentration

Günstige Inertgas-Flaschen enthalten einen Restsauerstoffgehalt.

#### Vorbereitung

gleiche Sauerstoffkonzentration in Kugel und Vorkammer



**Methode 1** (EN-14034-4): Nach einer ersten Versuchsreihe in Normalluft (O<sub>2</sub> = 21%) werden Messungen über einen breiten Konzentrationsbereich des Staubes bei z.B. 15% O<sub>2</sub> durchgeführt. Sind diese Versuche positiv, so kann durch Extrapolation der beiden dP/dt<sub>max</sub>-Werte gegen 0 ein Grenzwert abgeschätzt werden. Bei diesem Wert werden nun Explosionsversuche über einen breiten Konzentrationsbereich des Staubes durchgeführt. Verlaufen diese positiv, so werden die Versuche mit einem um 1% verringertem, bei negativem Verlauf mit einem um 1% erhöhten O<sub>2</sub>-Gehalt wiederholt und in diesem Sinne weitergeführt, bis eben keine Entzündungen der Staub/Luft-Gemische mehr eintreten.

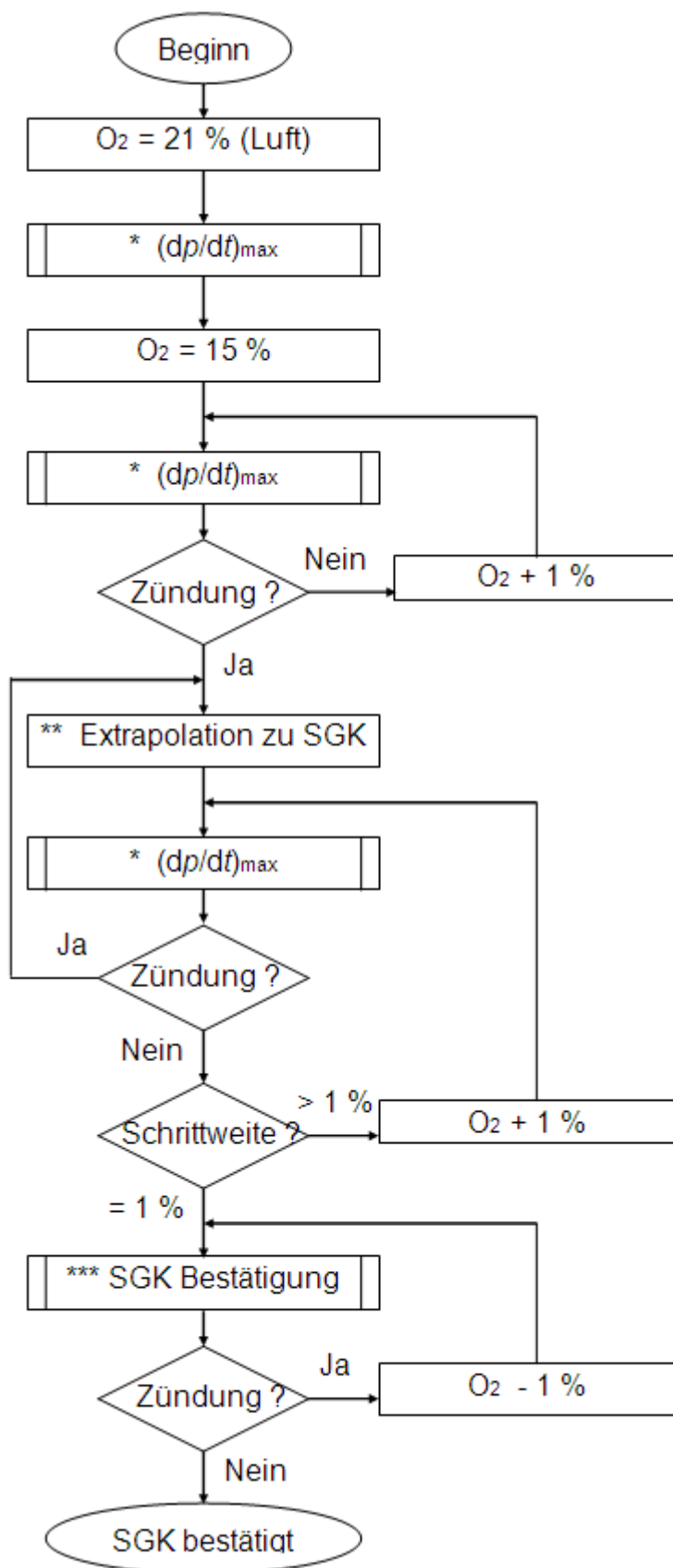
Es müssen 3 Nichtzündungsversuche pro Staubkonzentration durchgeführt werden.

#### Auswertung (EN-14034-4 mit ZE = 2 x 1kJ)

P <sub>ex</sub> [bar]	P <sub>m</sub> [bar]	Entscheidung:
< 0.5	< 0.2	<b>keine</b> Entzündung
≥ 0.5	≥ 0.2	Entzündung



Mit abnehmenden Sauerstoffgehalt verschiebt sich die optimale Konzentration zu niedrigen Werten hin. Die Versuche müssen speziell in diesem Bereich fortgesetzt werden.

**Methode 1 (EN-14034-4)****\* (dp/dt)<sub>max</sub>-Bestimmung**

Bestimmung von (dp/dt)<sub>max</sub> durch Verändern der Staubkonzentration. Die folgenden Stufen sind zu verwenden: 60, 125, 250, 500, 750, 1000, 1250, 1500g/m<sup>3</sup>

Bei den meisten Stäuben mit einer Staubkonzentration von 500g/m<sup>3</sup> beginnen.

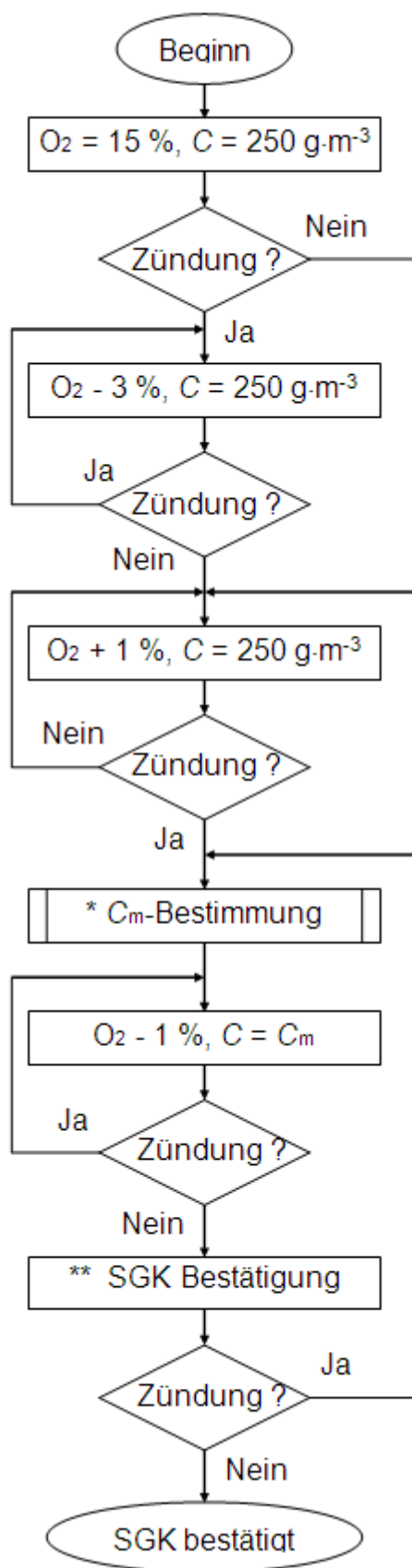
**\*\* Extrapolation zur SGK**

Die Werte von (dp/dt)<sub>max</sub> werden über O<sub>2</sub> aufgetragen, um einen Schätzwert für die SGK durch lineare Extrapolation zu (dp/dt)<sub>max</sub> = 0 bar/s zu erhalten.

**\*\*\* SGK-Bestätigung**

Bestätigung der SGK durch 3 Prüfungen ohne Entzündung bei jeder Staubkonzentration, die bei einer um 1 % höheren O<sub>2</sub>-Konzentration zu einer Explosion führte.



**Methode 2 (EN-14034-4)**

Bei den meisten Stäuben ist es ratsam, mit einer Staubkonzentration von  $C = 250 \text{ g/m}^3$  und einer Sauerstoffkonzentration von 15% zu beginnen.

**\* C<sub>m</sub>-Bestimmung**

C<sub>m</sub> ist die Staubkonzentration, bei der bei jeder vorgegebenen O<sub>2</sub>-Konzentration der höchste Explosionsdruck P<sub>ex</sub> auftritt.

Die folgenden Stufen sind zu verwenden:  
60, 125, 250, 500, 750, 1000, 1250, 1500 g/m<sup>3</sup>

**\*\*\* SGK-Bestätigung**

Bestätigung der SGK durch 3 Prüfungen ohne Entzündung bei jeder Staubkonzentration, die bei einer um 1 % höheren O<sub>2</sub>-Konzentration zu einer Explosion führte.

### Ergebnis ... der Prüfung

dP/dt Test: 55 (4) 250 [g/m <sup>3</sup> ]				
	(A)	(B)	result	
P <sub>ex</sub>	0.31	0.31	0.31	bar
P <sub>m</sub>	0.0	0.0	0.0	bar
dP/dt	0	0	0	bar/s
P <sub>d</sub>	0.67	0.67	0.67	bar
t <sub>d</sub>	36	36	36	ms
t <sub>v</sub>	60	60	60	ms
t <sub>l</sub>	151	85	118	ms
t <sub>di</sub>	12	12	12	ms

### der Vorbereitung

dP/dt Test: 55 (4) 250 [g/m <sup>3</sup> ]			
	setpoint	effective	FS [%]
P <sub>v</sub> Vakuum [mbar]	237	237	0.1
P <sub>v</sub> Inertgas [mbar]	413	410	-0.3
P <sub>z</sub> Luft [bar]	21.01	21.07	0.3
P <sub>z</sub> Inertgas [bar]	10.00	10.04	0.2
P <sub>i</sub> berechnet* [mbar]	1013	1009*	
O <sub>2</sub> berechnet* [vol%]	12.0	12.0*	
Inertgas O <sub>2</sub> [vol%]	0.0		
t <sub>a</sub> AV Einschaltzeit [ms]	85		

Ungenauigkeiten bei der Vorbereitung und Undichtigkeiten der Kugel können das Gemisch beeinflussen. Durch die präzise Messung der absoluten Drücke in Kugel und Vorkammer kann die effektive Gasmischung berechnet werden. In die Tabelle wird die berechnete Sauerstoffkonzentration übertragen.

Dies gilt auch für die Prüfverfahren „Hybrides Gemisch“ und „Gas“.

### Vorteile

- Es wird für alle O<sub>2</sub>-Konzentrationen nur eine Inertgas-Flasche benötigt.
- In der Kugel und in der Vorkammer ist die gleiche Sauerstoffkonzentration.
- Es muss mit Verfälschungen durch Undichtigkeiten gerechnet werden.
- Die während der Vorbereitung gemessenen absoluten Drücke sind bekannt.
- Die berechnete Sauerstoffkonzentration ist deshalb wesentlich genauer.
- Die Vorbereitung vom Gasgemisch erfolgt sehr schnell.

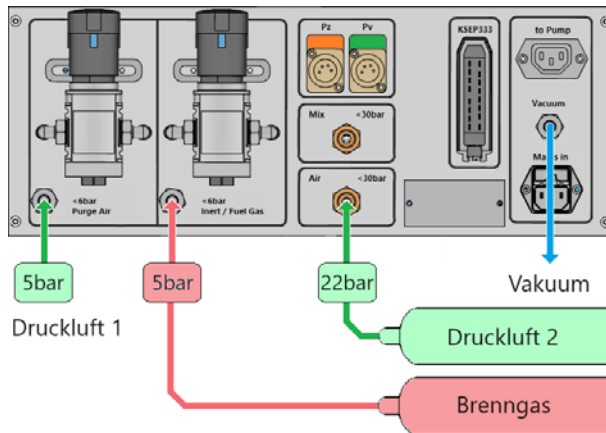
Genauigkeit gemäss EN-14034-4:

- O<sub>2</sub>-Messung ± 0.1% Volumenanteil
- O<sub>2</sub>-Toleranz ± 0.3% Volumenanteil
- O<sub>2</sub>-Schritte = 1%

Für O<sub>2</sub>-Einstellungen nach dem Partialdruckverfahren ist eine Toleranz von ± **0.3%** einzuhalten. Der O<sub>2</sub>-Gehalt bei verschiedenen O<sub>2</sub>-Einstellungen muss deshalb von Zeit zu Zeit überprüft werden.

## 5. Prüfverfahren für Hybride Gemische

### 5.1 Prüfeinrichtung



#### Druckluft 1 „Purge Air“ (maximal 6 bar,absolut)

Diese Druckluft, üblicherweise aus dem Druckluftnetz des Labors, wird zur Einstellung vom Gasgemisch in der Kugel und zur Reinigung verwendet. Mit dem darüber liegenden Druckregler auf **1 bar** Überdruck einregulieren (Anzeige = 1 bar). Maximal 2 bar Überdruck = 3 bar,absolut!

#### Druckluft 2 „Air“ (22 bar,absolut = 21 bar,relativ)

Diese Druckluft wird als Steuerluft für das Auslassventil und zur Füllung vom Staubvorratsbehälter verwendet. Der präzise Vorkammerdruck von 21 bar,absolut wird vom System geregelt. Deshalb muss der reduzierte Druck ab Flasche etwas höher sein.



Drücke > 22 bar,absolut reduzieren die Aktivierungszeit (td) vom Auslassventil. Dies ist unzulässig und muss vermieden werden.



Es darf nur normale Kompressor-Druckluft aus Druckflaschen verwendet werden. Mit synthetischer Druckluft werden stark abweichende Explosionskenngrossen gemessen.

#### Brenngas „Inert / Fuel Gas“ (maximal 6 bar,absolut)

Dieses Gas wird zur Einstellung vom Gasgemisch in der Kugel verwendet. Der Druck ab Flasche muss zuerst auf ca. 5 bar reduziert werden. Dann den darüberliegenden Druckregler auf **1 bar** Überdruck einregulieren (Anzeige = 1 bar). Maximal 2 bar Überdruck = 3 bar, absolut!

#### Vakuum:

Vor Beginn eines jeden Versuches wird die 20-I-Apparatur evakuiert, um nach der anschliessenden Expansion der Staubvorratsbehälterluft wieder Normaldruck (1013 mbar abs.) als Ausgangsdruck für die Staubexplosion zu erhalten.

## 5.2 Kenngrößen: $P_{max}$ , $(dP/dt)_{max}$ , $K_{max}$

Für die Erstellung der hybriden Gemische wird in abgestuften Konzentrationen Propan, als Ersatzbrenngas für die Lösungsmitteldämpfe, der Verbrennungsluft beigefügt.

### 5.2.1 Prüfbedingungen

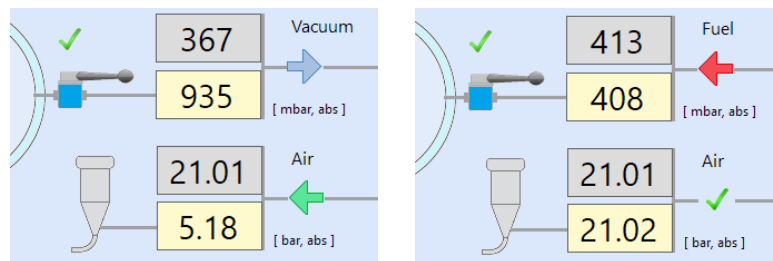
Prüfverfahren (procedure)	=	<b>Hybrid: <math>P_{max}</math>, <math>K_{max}</math></b>
Zündquelle	=	Chemische Zünder
Zündenergie ZE	=	<b>2 x 5kJ</b>
Zündverzögerungszeit tv	=	60 ms
Zerstäubungsdruck Pz	=	20 bar (21 bar absolut, Vorevakuieren)

### 5.2.2 Prüfablauf

#### Einstellungen

series	[g/m <sup>3</sup> ]	[g/20 l]	C3H8 [%V/V]	tv [ms]	IE [J]
1	125	2.5	4.5	60	10k

#### Vorbereitung



Nach der ersten Untersuchung in Normalluft ( siehe **4.2 Staub - Kenngrößen:**  $P_{max}$ ,  $(dP/dt)_{max}$ ,  $K_{max}$  ) werden die Versuche mit einem zusätzlichen Anteil an Brenngas in der Normalluft wiederholt. Die Versuche erfolgen wiederum über einen breiten Staub-Konzentrationsbereich bis die Maximalwerte des hybriden Gemisches deutlich überschritten sind. Anschliessend sind zwei weitere Versuchsreihen - wie oben beschrieben - durchzuführen.

Als Brenngaskonzentration wird diejenige gewählt, die für die Sicherheitsbeurteilung von Bedeutung ist. Werden keine Forderungen gestellt, so ist es sinnvoll, die Untersuchungen über einen breiten Brenngasanteil durchzuführen. Dadurch können die Maximalwerte des hybriden Gemisches erhalten werden.



Die Maximalwerte des hybriden Gemisches stellen sich bei der optimalen Brenngaskonzentration für den  $K_{max}$ -Wert ein. Für Propan beträgt diese ca. 4,25 - 4,5%

#### Ergebnis der Vorbereitung

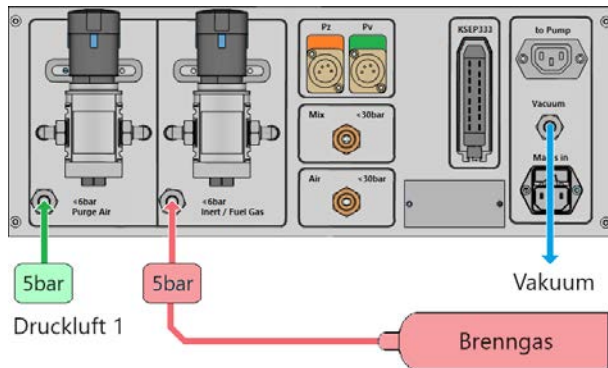
Ungenauigkeiten bei der Vorbereitung und Lecks der Kugel können das Gemisch beeinflussen. Durch die präzise Messung der absoluten Drücke in der Kugel kann die effektive Gasmischung berechnet werden.

In die Tabelle wird die berechnete Gaskonzentration übertragen.

dP/dt Test: 49 (1) 125 [g/m <sup>3</sup> ]			
	setpoint	effective	FS [%]
Pv Vakuum [mbar]	367	367	-0.1
Pv Brenngas [mbar]	413	414	0.1
Pz Luft [bar]	21.01	21.01	0.0
Pi berechnet* [mbar]	1013	1013*	
Gas berechnet* [vol%]	4.5	4.6*	

## 6. Prüfverfahren für Gase (ruhend)

### 6.1 Prüfeinrichtung



#### Druckluft 1 (maximal 6 bar)

Diese Druckluft, üblicherweise aus dem Druckluftnetz des Labors, wird zur Einstellung vom Gasgemisch in der Kugel und zur Reinigung verwendet. Mit dem darüberliegenden Druckregler auf **1 bar** Überdruck einregulieren (Anzeige = 1 bar). Maximal 2 bar Überdruck = 3 bar, absolut!

#### Brenngas „Inert / Fuel Gas“ (maximal 6 bar, absolut)

Dieses Gas wird zur Einstellung vom Gasgemisch in der Kugel verwendet. Der Druck ab Flasche muss zuerst auf ca. 5 bar reduziert werden. Dann den darüberliegenden Druckregler auf **1 bar** Überdruck einregulieren (Anzeige = 1 bar). Maximal 2 bar Überdruck = 3 bar, absolut!

#### Vakuum:

Vor Beginn eines jeden Versuches wird die 20-l-Apparatur evakuiert, um nach der anschließenden Expansion der Staubvorratsbehälterluft wieder Normaldruck (1013 mbar abs.) als Ausgangsdruck für die Staubexplosion zu erhalten.



Die Bestimmung der Explosionskenngrößen kann prinzipiell entweder im ruhenden oder im turbulenten Zustand der Gas(Lösungsmitteldampf)/Luft-Gemische erfolgen. Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass sich die Gasgemische im Augenblick der Entzündung im ruhenden Zustand befinden. Deshalb wird an Stelle der Staubverteilungsanordnung ein Verschlusszapfen eingeschraubt, der die Apparatur nach unten dicht abschliesst.

## 6.2 Gas - Kenngrößen

Es ist üblich die Explosionskenngrößen von Gasen und Lösungsmitteldämpfen soweit möglich bei Raumtemperatur und Normaldruck zu bestimmen, und eine Dauerfunkenstrecke als Zündquelle zu benutzen, deren Energie in der Größenordnung von 10J liegt.

Bei Untersuchungen im ruhenden Zustand erfolgt die Zumischung des Brennstoffes direkt in die 20-I-Kugel und nicht über den Staubvorratsbehälter. Somit ergibt sich auch kein Expansionsdruck der Vorratsbehälterluft ( $P_d = 0$  bar). Setzen Sie deshalb  $t_v = 0$  ms. Das Zündsignal erfolgt dann unmittelbar nach Auslösung des Versuchs und die Auswertung von  $P_d$  und  $t_d$  wird unterdrückt.

Die gewünschten Gas/Luft-Gemische werden nach dem Partialdruckverfahren erstellt. Es ist sinnvoll, das so erzeugte Gas/Luft-Gemisch von Zeit zu Zeit mittels geeigneter Messgeräte zu überprüfen

### 6.2.1 Prüfbedingungen

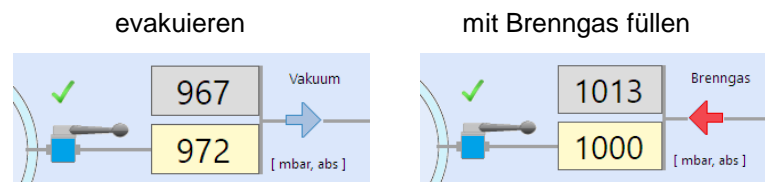
Prüfverfahren (procedure)	=	<b>Gas: Pmax, Kmax</b>
Zündquelle	=	Dauerfunkenstrecke
Zündenergie	ZE	= <b>10J</b>
Zündverzögerungszeit	$t_v$	= 0 ms

### 6.2.2 Prüfablauf: Pmax, Kmax

#### Einstellungen

The screenshot shows a control panel with the following settings: 'series' is set to 1, '[%V/V]' is set to 4.5, ' $t_v$  [ms]' is set to 0, and 'IE [J]' is set to 10. The 'IE [J]' field is highlighted with a blue box.

#### Vorbereitung der Kugel



In einer ersten Versuchsreihe wird der maximale Explosionsdruck und der maximale zeitliche Druckanstieg über einen breiten Gaskonzentrationsbereich ermittelt. Jeweils ausgehend von einer Gaskonzentration grösser als die UEG wird eine Steigerung oder eine Verringerung der Gaskonzentration in Schritten von maximal 1%, solange vorgenommen, bis die Höchstwerte des Explosionsdruckes und des zeitlichen Druckanstieges eindeutig erfasst sind.

Nach der ersten Versuchsreihe wird nur noch der Nahbereich der Optima ( $P_{max}$ ,  $(dP/dt)_{max}$ ) kontrolliert, d.h. die Versuche bei der Optimalkonzentration und die Versuche mit der nächsthöheren bzw. mit der nächstniedrigeren Konzentrationsstufe werden wiederholt. Ein Beispiel:

(Vorausgesetzt, die Maxima von  $P_m$  und  $dP/dt$  liegen bei 4.5%)

1. Serie:	2.0,	3.0,	3.5,	4.0,	4.5,	5.0,	5.5 %
2. Serie:				4.0,	4.5,	5.0	
3. Serie:				4.0,	4.5,	5.0	

### Berechnung der Explosionskenngrossen



Als Kenngrösse für den maximalen Explosionsdruck  $P_{\max}$  und den maximalen zeitlichen Druckanstieg  $(dP/dt)_{\max}$  wird der **Mittelwert** aus den **Maximalwerten** einer jeden Serie angegeben, kurz Mittel aus Maxima genannt.

$P_m$  [Serie n] = Maximalwert einer jeden Serie

$$P_{\max} = (P_m \text{ [Serie 1]} + P_m \text{ [Serie 2]} + P_m \text{ [Serie 3]}) / 3$$

$(dP/dt)_m$  [Serie n] = Maximalwert einer jeden Serie

$$(dP/dt)_{\max} = (dP/dt \text{ [Serie 1]} + dP/dt \text{ [Serie 2]} + dP/dt \text{ [Serie 3]}) / 3$$

$$K_{\max} = 0.27144 \times (dP/dt)_{\max}$$

### 6.2.3 Prüfablauf: UEG

Die Versuchsreihe wird mit einem Vielfachen von 0.25% z.B. 2 oder 3% begonnen.

Die Versuchsreihe wird unter systematischer Erhöhung der Gaskonzentration solange weitergeführt, bis eine Entzündung des Gas/Luft-Gemisches erfolgt. Anschliessend werden die Versuche bei einer um 0.25% niedrigeren Gaskonzentration weitergeführt und die Konzentration solange reduziert, bis diejenige Konzentration erreicht wird bei der eben gerade keine Explosion mehr in **drei** aufeinanderfolgenden Versuchen erfolgt.

Für die Bestimmung der **oberen Explosionsgrenze OEG** ist sinngemäss zu verfahren.

Um einen exakten Wert zu erhalten, sind die Versuche auf insgesamt drei Nichtzündungen pro Konzentration auszudehnen.

**Auswertung** (ZE = 10 J)

Pex [bar]	Pm [bar]	Entscheidung:
< 0.1	< 0.1	<b>keine</b> Entzündung
≥ 0.1	≥ 0.1	Entzündung



Als UEG bzw. OEG ist diejenige Konzentration anzugeben, die eben gerade keine Explosion in 3 aufeinander folgenden Versuchen mehr ergibt.

Wird dieses Verfahren nur einmal durchgeführt (1 negativer Versuch), so ist der Wert als UEG oder OEG = ca. ...% anzugeben

### Ergebnis der Vorbereitung

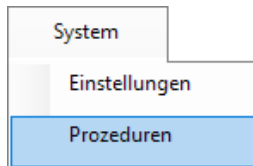
Ungenauigkeiten bei der Vorbereitung und Lecks der Kugel können das Gemisch beeinflussen. Durch die präzise Messung der absoluten Drücke in der Kugel kann die effektive Gasmischung berechnet werden.

In die Tabelle wird die berechnete Gaskonzentration übertragen.

dP/dt Test: 47 (1) 4.7 [%V/V]			
	setpoint	effective	FS [%]
Pv Vakuum [mbar]	967	966	-0.2
Pv Brenngas [mbar]	1013	1013	0.0
Gas berechnet* [vol%]	4.5	4.7*	

## 7. Dienstprogramme

### 7.1 Prozeduren



Die Gruppierung der Versuche nach Prüfprozeduren erleichtert wesentlich das Arbeiten mit der Apparatur, denn sowohl die Versuchsparameter als auch die graphischen Darstellungen sind sehr unterschiedlich.



Die vorgegebenen Werte entsprechen den Vorschriften gemäß CEN. Anpassungen an z.B. ASTM - LEL/MEC sind hier einfach möglich.

Beim **1m3-Behälter** mit Elektro-Pneumatischem Ventil muss die Standard-Zündverzögerungszeit  $t_v = 600\text{ms}$  an das Ventil angepasst werden.

**aktuelle** KSEP-Datei Die Versuchsparameter der **aktuellen** Datei werden angezeigt und können angepasst werden. Änderungen werden direkt in die Datei übertragen.

**neue** KSEP-Datei Dies sind die generellen Versuchsparameter. Bei jeder **neuen** Prüfung werden diese Parameter automatisch übernommen.



Rückkehr zu den CEN - Einstellungen.  
(nur bei „new KSEP-file“)



## 7.2 Sprachen

Die neue Software kann auch an Ihre Landessprache angepasst werden.

Dazu benötigen Sie nur ein Übersetzungsprogramm wie z.B. DeepL.

Senden Sie andernfalls eine EMail an [info@cesana-ag.ch](mailto:info@cesana-ag.ch). Wir erledigen das gerne für Sie.

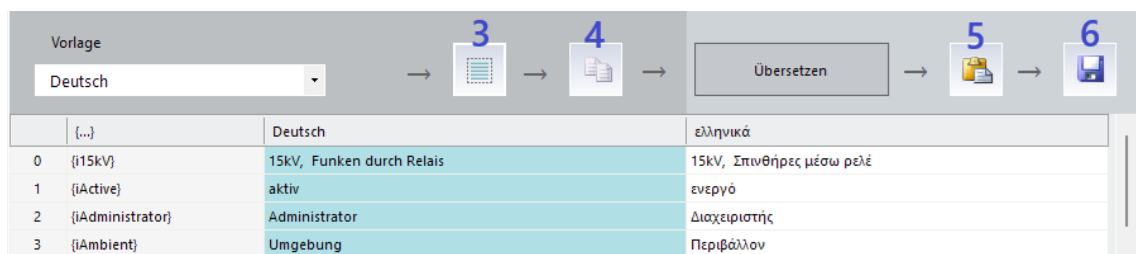
1. In „Einstellungen“:



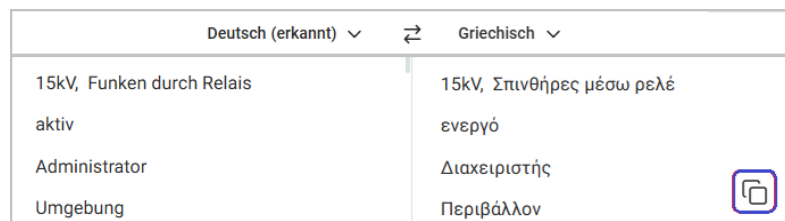
2. Wählen Sie dann die gewünschte Sprache.

Anzeigename	NativeName	EnglishName
Griechisch (Griechenland)	ελληνικά (Ελλάδα)	Greek (Greece)

3. Den Vorlagentext markieren.



4. In die Zwischenablage kopieren und in das externe Übersetzungsprogramm einfügen.



5. Die Übersetzung kopieren und wieder in das Programm einfügen.
6. Das Ergebnis sichern. Die neue Sprache steht jetzt zur Verfügung.
7. Die Übersetzung kann jederzeit einfach korrigiert werden.



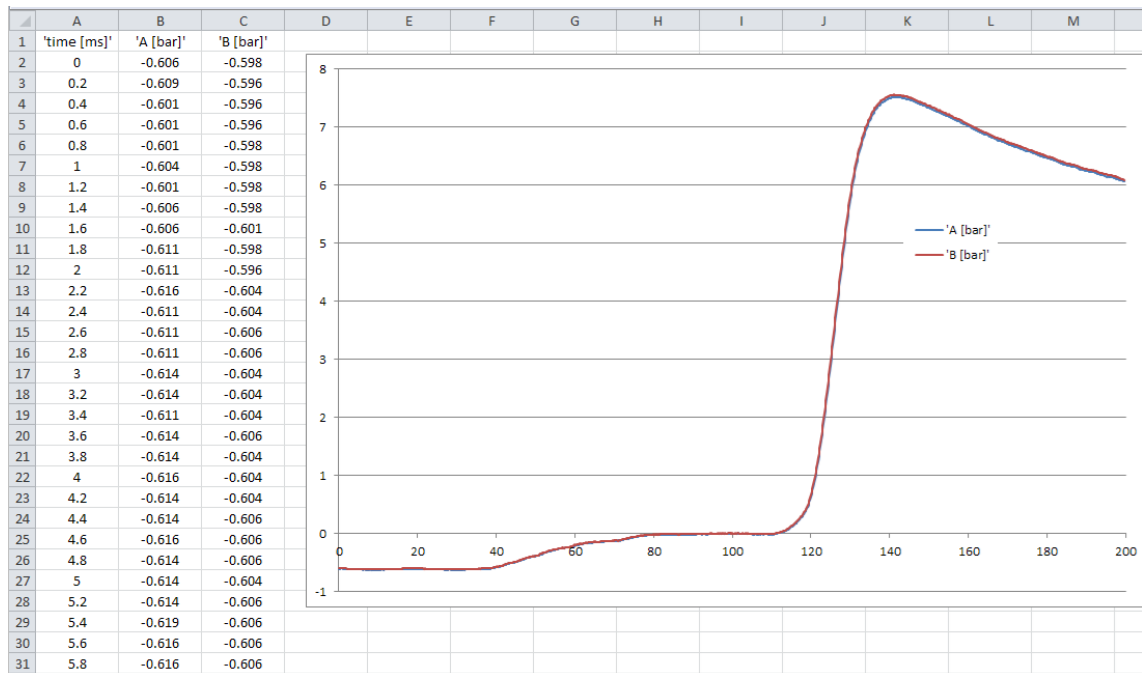
## 7.3 Export



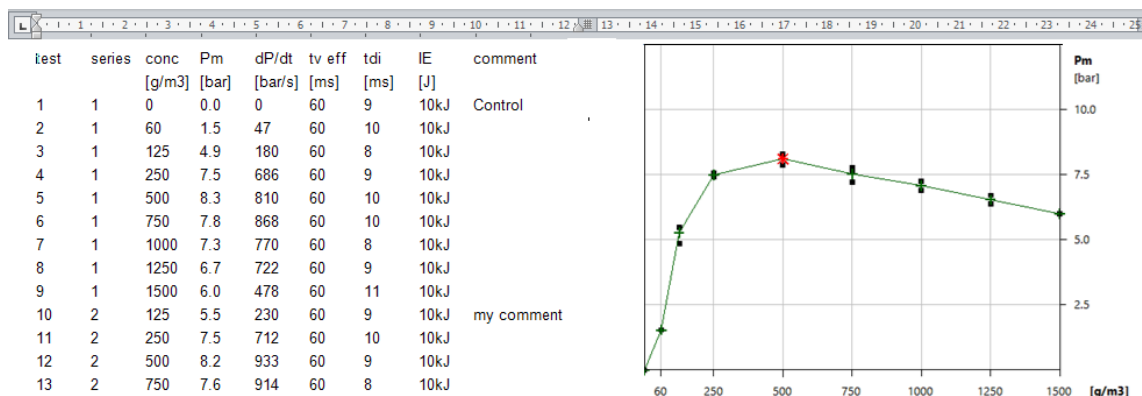
Daten und Graphiken können sehr einfach in andere Programme exportiert werden. Wählen Sie zuerst die zu exportierende Prozedur.

Die Daten werden gemäss Ihren Vorgaben in die Windows-Zwischenablage kopiert und können von dort einfach in andere Windows-Programme eingefügt werden. z.B. Excel, Word.

Excel

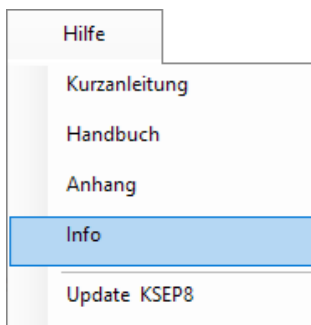


Word



## 7.4 System - Info

---



Dieses Dienstprogramm zeigt eine Übersicht der wichtigsten Daten betreffend Ihren Eingaben, das Ausgabedatum der Dateien und Informationen zu Ihrem PC und dessen Betriebssystem.

Bei Software-Problemen bitte diese Informationen in die Zwischenablage kopieren, in eine E-Mail einfügen und mit einer Beschreibung des Problems senden an: [info@cesana-ag.ch](mailto:info@cesana-ag.ch)

Titel	KSEP 8.0
Generation	KSEP80
Einrichtung	24.06.2025
Firma	CAG
Abteilung	Sulzburg
E-Mail	info@cesana-ag.ch
Version	
KSEP333	2530
Flash C_KMCA	2529
System	
Betriebssystem	Microsoft Windows 11 Pro
Systemtyp	X86 (32bit)
Bildschirm (BxH)	1920 x 1152
Schriftart (BxH)	14 x 15

## 8. Fehlersuche

### 8.1 Fehler bei den Ergebnissen



Pex und  $dP/dt$  sind abhängig von der Staubkonzentration. Die Schritte in der Staubkonzentration sind recht gross z.B. 125, 250, 500, 750 g/m<sup>3</sup>. Die optimale Staubkonzentration liegt oft dazwischen. Staubverteilung und Konzentration unterliegen aber Schwankungen. Wir berücksichtigen dies durch die Bildung vom Mittelwert aus 3 Serien. Wiederholungen bei immer gleicher Staubkonzentration zur Prüfung der Apparatur sind deshalb wenig sinnvoll.



#### 8.1.1 Pmax zu hoch oder zu tief

Der maximale Explosionsüberdruck Pmax ist das Ergebnis der Verbrennung vom Brennstoff mit dem Luftsauerstoff und weitgehend unabhängig von der Turbulenz. Bei Abweichung vom erwarteten Wert können dies die Ursachen sein:

- a) Zum Zündzeitpunkt ist nicht Atmosphärendruck (1013 mbar) in der Kugel.  
Pmax ist direkt proportional zum Vordruck  $P_i$  = Druck zum Zündzeitpunkt.  
Mögliche Fehlerursache: Verlust von Vakuum infolge Undichtigkeit der Kugel?
- b) Temperatureinfluss: Pmax verringert sich praktisch linear mit zunehmender Temperatur. Ursache ist der verminderte Sauerstoffgehalt.  
Bedingt durch die hohe Versuchsfrequenz muss die Explosionskugel mittels Wasserkühlung auf einer Betriebstemperatur von ca. 20°C gehalten werden.



#### 8.1.2 Kmax zu hoch oder zu niedrig

- a) Zum Zündzeitpunkt ist nicht Atmosphärendruck (1013 mbar) in der Kugel.  
Pmax ist direkt proportional zum Vordruck  $P_i$  = Druck zum Zündzeitpunkt.  
Mögliche Fehlerursache: Verlust von Vakuum infolge Undichtigkeit der Kugel?
- b) Pmax ist korrekt, Kmax zu niedrig:  
Die Turbulenz beim Staubeintrag ist von entscheidendem Einfluss auf den Kmax-Wert.  
Eine Erniedrigung der Turbulenz hat in der Regel eine Abschwächung der Explosionsheftigkeit zur Folge. Mögliche Ursachen:
  - Bohrungen der Pralldüse verstopft?
  - Ablagerungen an Innenwand der Kugel?
  - Druckabfall in Vorkammer, Undichtigkeit?
  - Zeitverzögerung der Zünder  $t_{di}$  zu gross
  - Zündverzögerungszeit  $t_v > 60\text{ms}$
  - Auslassventil verschmutzt?
- c) Pmax ist korrekt, Kmax zu hoch:  
Die Turbulenz beim Staubeintrag ist von entscheidendem Einfluss auf den Kmax-Wert.  
Eine Erhöhung der Turbulenz hat in der Regel eine Verstärkung der Explosionsheftigkeit zur Folge.  
Mögliche Ursachen:
  - Zündereinfluss: Überlagerte Schwingungen beim Druckanstieg?
  - Zündverzögerungszeit  $t_v < 60\text{ms}$



### 8.1.3 Differenzen zwischen beiden Druckmesskanälen

.

Die unterschiedliche Empfindlichkeit der Druckaufnehmer erfordert eine Anpassung der Kalibrierdaten. Wurden die Druckaufnehmer irrtümlich vertauscht?

Stimmen die Einstellungen der Kalibrierdaten mit dem Kalibrierblatt überein?

Siehe: [2. Software / Setup 4: Apparatur](#)

Ist die Silikonschutzschicht auf den Druckaufnehmern verhärtet oder sogar gebrochen?

Siehe: [Anhang: 2.4 Membrane der Druckaufnehmer schützen](#)

Verschmutzte Isolatoren bei den Steckverbindungen verursachen eine Drift vom Ladungssignal.

Siehe: [8.2 Fehler bei der Druckmessung](#)



### 8.1.4 Zünder nicht aktiviert bei normalem Prüfablauf

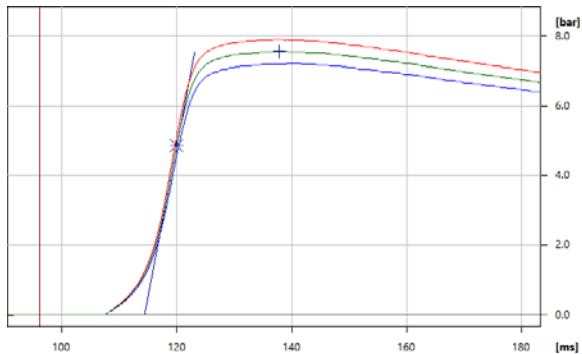
.

Die Messung der Zündverzögerungszeit  $t_v$  beginnt mit dem ersten Druckanstieg in der Kugel.

Es gilt somit: kein Druckanstieg = keine Zündung.

## 8.2 Fehler bei der Druckmessung

### 8.2.1 Fehler bei der Kalibrierung



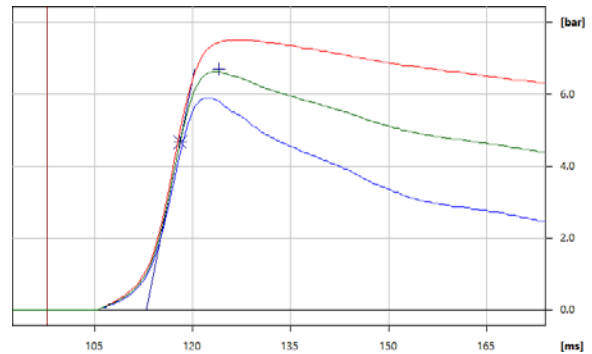
Wurden die Druckaufnehmer irrtümlich vertauscht?  
Stimmen die Einstellungen der Kalibrierdaten mit dem Kalibrierblatt überein?

Piezoelektrische Drucksensoren

Sensor A	Kistler 601	-36.45	Empfindlichkeit [pC/bar]
Sensor B	Kistler 601	-36.26	Empfindlichkeit [pC/bar]

Empfindlichkeit gemäss dem Kalibrierdatenblatt eingeben.

### 8.2.2 Fehler durch Drift



Verschmutzte Isolatoren bei den Steckverbindungen der Piezoelektrischen Kistler Druckaufnehmer verursachen eine Drift vom Ladungssignal.

Prüfe

IO-Anschluss

Durchflussrate

Piezoelektrisch

channel:	A	B	
maximum:	0.06	0.03	bar
current:	0.06	0.02	bar
minimum:	0.00	0.00	bar
drift:	0.06	0.03	bar/min

Limit for drift = 1bar/min = 0.05bar/3s

→ □

Dieses Prüfprogramm misst die Drift. Ist diese zu gross, wird der Kanal rot angezeigt  
Empfehlung: die Steckverbindungen mit einem Reinigungsspray (Kistler Nr. 1001A) ausspülen.

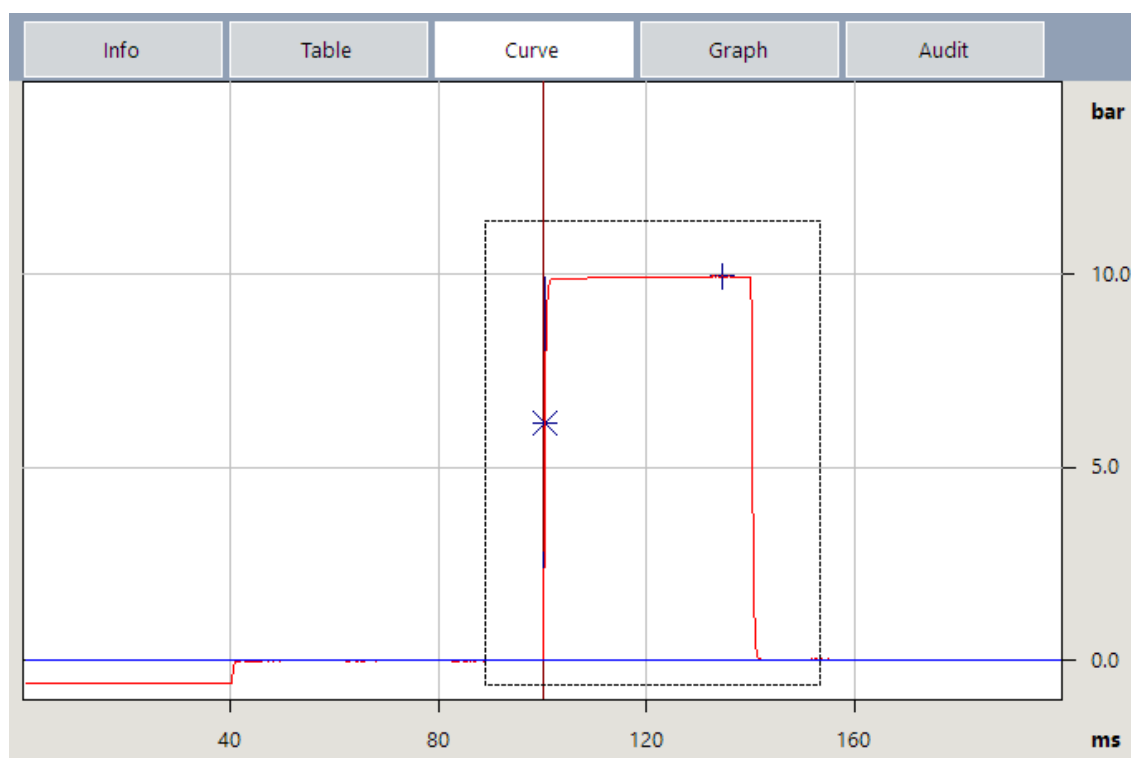
### 8.3 Ladungsverstärker

Alle Komponenten sind von den Herstellern werkseitig kalibriert. Bei Verdacht auf Fehlverhalten, lässt sich dies mit eingebauten Mitteln überprüfen.

#### Dynamische Druckmessung:

Die Empfindlichkeit der Druckaufnehmer [pC/bar] wird digital über IO-Link eingestellt.

Das System besteht aus 2 unabhängigen Messkanälen. Solange beide übereinstimmen, kann angenommen werden, dass die Messwerte korrekt sind. Bei fehlender Übereinstimmung lässt sich der Ladungsverstärker einfach überprüfen. Dazu den Messeingang mit dem Prüfausgang „Test“ verbinden, die Prozedur „Test Ladungsverstärker“ wählen und den Prüfablauf starten.



P<sub>ex</sub> muss dann 10.0 bar ±0.2 bar sein.

Diese Prüfung mit einem rechteckigen Ladungssignal zeigt auch, dass das Messsystem durchaus in der Lage ist, ein dP/dt von 20'000 bar/s zu messen.

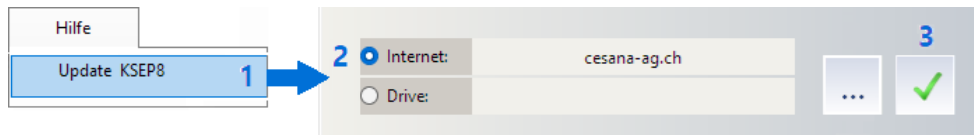
P <sub>ex</sub>	10.0	bar
P <sub>m</sub>	10.9	bar
dP/dt	23435	bar/s
P <sub>d</sub>	0.59	bar
t <sub>d</sub>	40	ms
t <sub>v</sub>	60	ms

## 9. Wartung

### 9.1 Update KSEP8

Das Menu „Update“ steht nur Benutzern mit Administrator- oder Service-Rechten zur Verfügung. Die Aktualisierung erfolgt automatisch. Bisherige Software-Einstellungen bleiben erhalten.

**A** Ihr PC ist mit dem Internet verbunden. Das Update kann direkt ausgeführt werden:



**B** **B1:** Ihr PC ist **nicht** mit dem Internet verbunden:

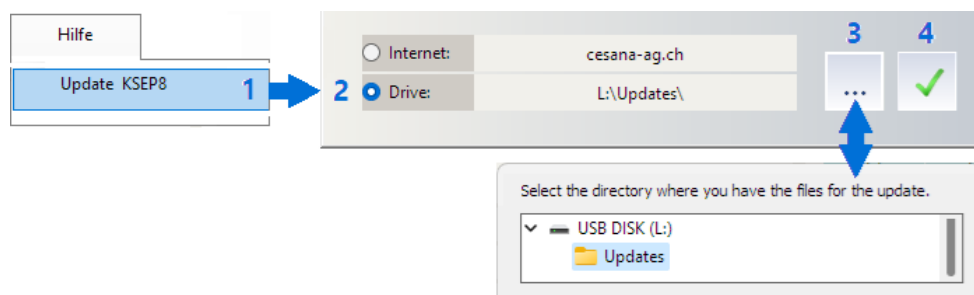
**B2:** Sie sind Teilnehmer am jährlichen Kalibrier-Ringversuch CaRo und erhielten einen USB-Stick mit den aktuellen Software-Updates.

**B3:** Ein Update-Paket anfordern bei: [info@cesana-ag.ch](mailto:info@cesana-ag.ch)

Wir senden Ihnen dann einen Link für das Laden der Datei „CAG\_Updates.zip“

Diese Datei dann extrahieren in ein temporäres Verzeichnis oder auf einen USB-Stick.

1. Das Update-Programm starten.
2. Als Update-Quelle „Laufwerk (Drive)“ auswählen
3. Das Verzeichnis „Updates“ suchen.
4. Das Update starten.

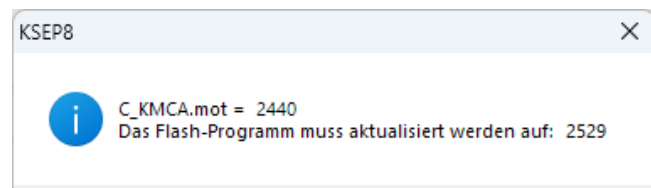


Teilnehmer am jährlichen CaRo-Kalibrierungsringversuch erhalten einen USB-Stick mit den neuesten Software-Updates. Geben Sie das Verzeichnis mit dem USB-Stick an:  
z. B. **L:\Updates** im Feld **Laufwerk (Drive)** und starten Sie dann das Update.

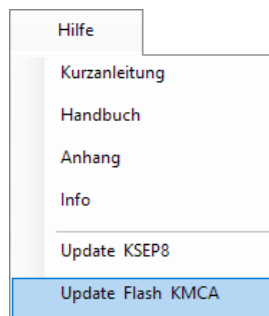


## 9.2 Flash Programmierung

Wird zum Beispiel diese Mitteilung angezeigt, dann wie folgt vorgehen:



**Update Flash** wird nur Administratoren angezeigt.



1. Die Flash-Datei **C\_KMCA.mot** suchen.

Status	PCB-Platine	Dateinamen	Revision
Aktuell	KMC81A	C_KMCA	2440

1

2. Die neueste Flash-Datei öffnen

Dateinamen	Datum	Grösse
C_KMCA.mot	19.07.2025	113 KB

2

3. Revisionsdaten vergleichen und wenn neuer diese Datei programmieren.

Status	PCB-Platine	Dateinamen	Revision
Aktuell	KMC81A	C_KMCA	2440
neu	KMC81A	C_KMCA	2529

Dateinamen	Zeilen geladen	Zeilen geschrieben	Zeit
C_KMCA.mot	2351	0	00:00

3

Status	PCB-Platine	Dateinamen	Revision
Aktuell	KMC81A	C_KMCA	2440
neu	KMC81A	C_KMCA	2529

Dateinamen	Zeilen geladen	Zeilen geschrieben	Zeit
C_KMCA.mot	2351	505	00:24



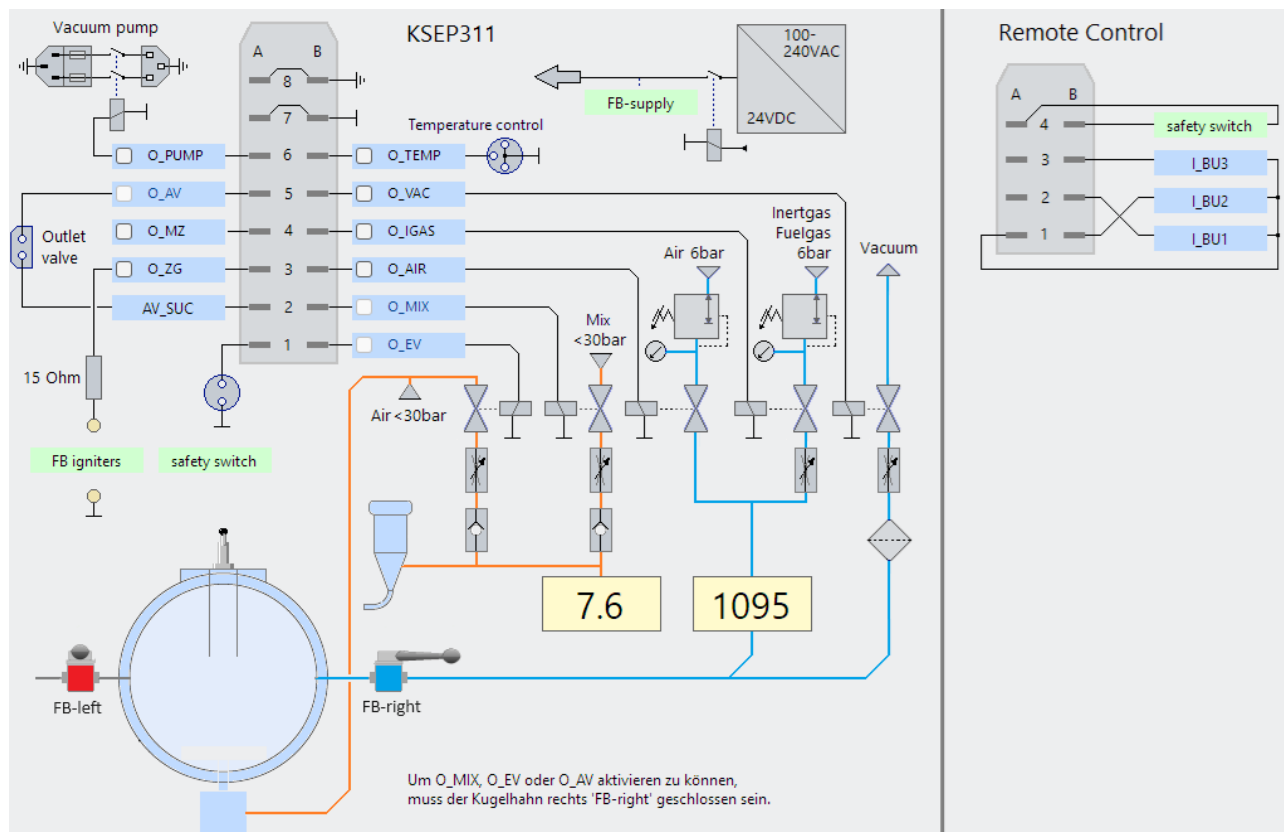
**PCB-Platine** und **Dateinamen** müssen vom gleichen Typ sein.

**Revision:** Jahr / Kalenderwoche

### 9.3 Ein- und Ausgänge

Check
IO-Port
Flow rate
Piezo-Sensors

Dieses Testprogramm erlaubt direkten Zugriff auf alle Ein- und Ausgänge.



Das Auslassventil (**O\_AV**) ist nicht für 100% Einschaltdauer ausgelegt. Dessen Aktivierung ist deshalb zeitlich automatisch beschränkt.



Die Funktion von Sicherheitsschalter und Not-Aus auf der Fernbedienung sind deaktiviert. Deshalb Vorsicht: **Alle Druckluftanschlüsse müssen drucklos sein!**

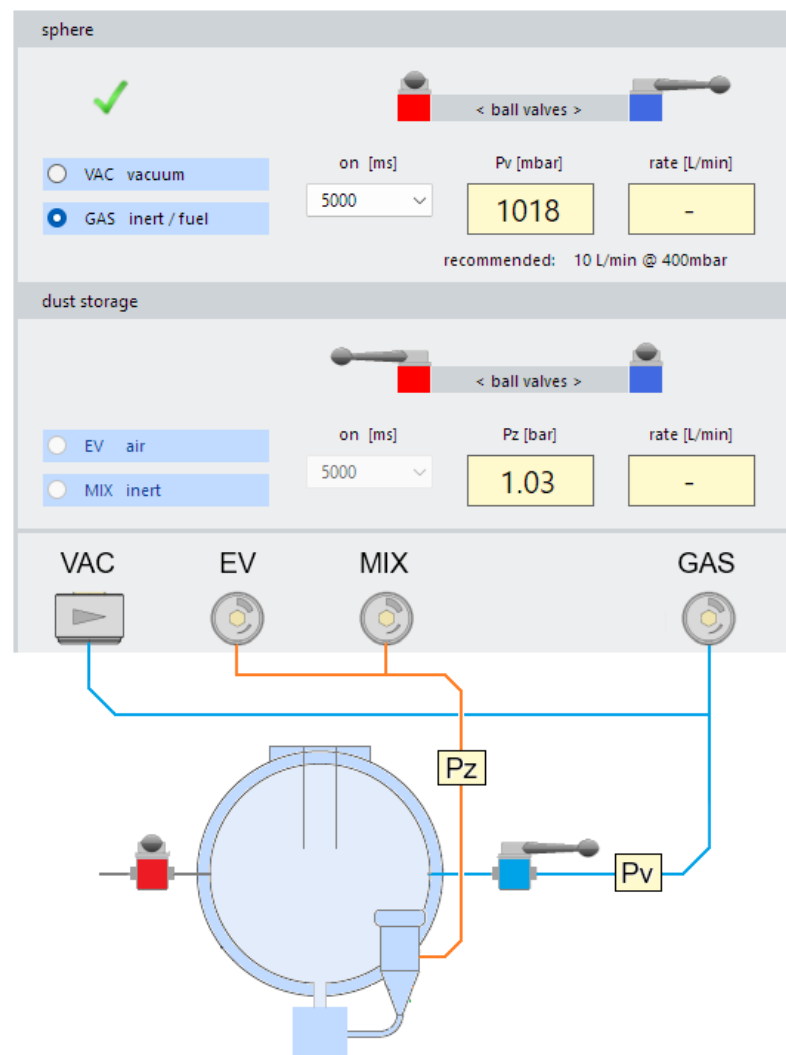
## 9.4 Durchfluss

Check
IO-Port
Flow rate
Piezo-Sensors

Die automatische Vorbereitung der Explosionsversuche erfolgt über Magnetventile. Dabei werden Zeiten für den Druckausgleich zwischen Kugel oder Vorkammer und deren Druckaufnehmer eingehalten. Es werden ebenfalls thermisch bedingte Druckänderungen berücksichtigt.

Minimale Einschaltzeiten der Magnetventile erfordern eine Reduzierung vom Durchfluss um die geforderte Genauigkeit einhalten zu können.

Dieses Programm zeigt die Durchflussraten für deren Einstellung auf die empfohlenen Werte mit Hilfe der im KSEP311 eingebauten Nadelventile. Der Durchfluss ist direkt abhängig von der Druckdifferenz. Deshalb ist der empfohlene Durchfluss bei dem dazugehörigen Druck einzustellen.

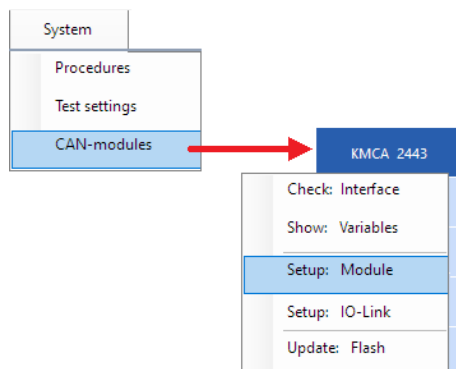


Empfohlen:	VAC	Vakuum	-20 L/min bei	400mbar
	GAS	Inert- oder Brenn-Gas	10 L/min bei	400mbar
	MIX	Inertgas	1 L/min bei	10bar
	EV	Luft (Einlassventil)	2 L/min bei	10bar



Zu grosser Durchfluss reduziert die Genauigkeit bei der automatischen Vorbereitung. Eine Toleranz von  $\pm 20\%$  ist aber zulässig.

## 9.5 Setup: Modul



### Voraussetzung:

Benutzer mit Administrator und Service Berechtigung.



**RELAY...**

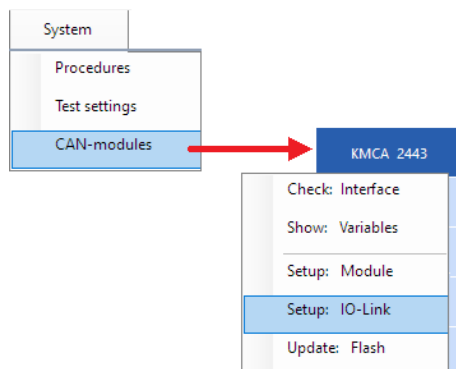
muss für die Funktion der Ein- und Ausgänge aktiviert sein.

**O\_AV...**

ist zeitlich automatisch begrenzt, um eine Überhitzung vom Ventil zu vermeiden.





















Anweisungen für die Kalibrierung von Temperatur und LV, siehe: [B081\\_500.pdf](#)

## 9.6 Setup: IO-Link



### Voraussetzung:

Benutzer mit Administrator und Service Berechtigung.

LV A	LV B	Pz ( PXA )	Pv ( PXB )
 Vendor ID 0x023F  Device ID 0x502806  Serial no. 6299223  Cycle time 800us  Min. cycle 600us PDin value (raw) -1 PDin scale (10E) -3 PDin option 0 Control 0x4F 0x00 Units (2=bar) 2 Sensitivity (pC/bar) -170 Range (bar) 20 Range analog (V) 10 Active (0=H, 1=L) 1 LP-filter (0=off) 0 Time const. (0=off) 0 Operating hours 63	 Vendor ID 0x023F  Device ID 0x502806  Serial no. 6299224  Cycle time 800us  Min. cycle 600us PDin value (raw) 0 PDin scale (10E) -3 PDin option 0 Control 0x4F 0x00 Units (2=bar) 2 Sensitivity (pC/bar) -170 Range (bar) 20 Range analog (V) 10 Active (0=H, 1=L) 1 LP-filter (0=off) 0 Time const. (0=off) 0 Operating hours 65	 Vendor ID 0x0011  Device ID 0x000700  Serial no. S4025E0116C  Cycle time 3100us  Min. cycle 2500us PDin value (bar) 1.02 Control 0x4F 0x01 FUNC: 0=off 0 UNI: 0=bar, 2=psi 0 ZRO: zero point 0 TAU: damping (0.1s) 0 STL: value for 4mA 0 STU: value for 20mA 40000 DRO: 1=display 180° 0 FH1: SP1 on [mbar] 25000 FL1: SP1 off [mbar] 23000 STA: Diagnostic 0000	 Vendor ID 0x0011  Device ID 0x000700  Serial no. S4025F0116C  Cycle time 3100us  Min. cycle 2500us PDin value (mbar) 1011.5 Control 0x4F 0x01 FUNC: 0=off 0 UNI: 0=bar, 2=psi 0 ZRO: zero point 0 TAU: damping (0.1s) 0 STL: value for 4mA 0 STU: value for 20mA 2000 DRO: 1=display 180° 0 FH1: SP1 on [mbar] 2000 FL1: SP1 off [mbar] 1950 STA: Diagnostic 0000



Sind einzelne Parameter mit einem roten Feld markiert?

Dann dieses Gerät auf „default“-Werte einstellen.

Ausnahmen: *Sensitivity (pC/bar)* kann je nach Sensor unterschiedlich sein.

## 10. Literatur

VDI-GL 2263	Staubbrände und Staubexplosionen, Gefahrenbeurteilung und Schutzmassnahmen, Beuth-Verlag GmbH, Berlin und Köln, 1986
W. Bartknecht	Dust Explosions; Course, Prevention, Protection Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1989
R. Siwek	Explosion Characteristics and Influencing Factors, International Symposium on Control & Prevention of Dust Explosions Basel, 1982
ISO/DIS 6184/1	International Standard "Explosion Protection Systems", Part 1: Test methods for the determination of explosion indices of combustible dusts in air"
R. Siwek	Reliable Determination of the Safety Characteristics in 20-I-apparatus. Symposium on Flammable Dust Explosion; St. Louis Missouri, USA, 1988
W. Bartknecht	Explosionsschutz; Grundlagen und Anwendung Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1993
G. Pellmont	Explosions- und Zündverhalten von hybriden Gemischen aus brennbaren Stäuben und Brenngasen. Dissertation ETH Zürich, Nr. 6498, 1979
T. Glarner	Temperatureinfluss auf das Explosions- und Zündverhalten brennbarer Stäube, Dissertation ETH Zürich, Nr. 7350, 1983
T. Glarner	Mindestzündenergie - Einfluss der Temperatur VDI-Berichte Nr. 494, Seite 109-118, 1984
R. Siwek Ch. Cesana	Assessment of the fire and explosion hazard of combustible products for unit operations; Butterworth - Heinemann, International conference, Singapore, 1993
R. Siwek Ch. Cesana	Ignition behaviour of Dusts 28th Loss Prevention, Atlanta, 1994
R. Siwek Ch. Cesana	Methods for Determination of the Explosion Characteristics according to international Standards, Proceedings of the „First International Seminar on Fire and Explosion Hazard of Substances, Venting of Deflagrations“, July 17-21, Moskau, Russia, 1995
EN 14034-1	Bestimmung der Explosionskenngrößen von Staub/Luft-Gemischen Teil 1: Bestimmung des maximalen Explosionsdruckes $p_{max}$ September 2004
EN 14034-2	Bestimmung der Explosionskenngrößen von Staub/Luft-Gemischen Teil 2: Bestimmung des maximalen zeitlichen Druckanstiegs $(dp/dt)_{max}$ Mai 2006
EN 14034-3	Bestimmung der Explosionskenngrößen von Staub/Luft-Gemischen Teil 3: Bestimmung der unteren Explosionsgrenze UEG Mai 2006
EN 14034-4	Bestimmung der Explosionskenngrößen von Staub/Luft-Gemischen Teil 4: Bestimmung der Sauerstoffgrenzkonzentration SGK September 2004