



## 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

1. Grundlagen .....	2
1.1 Einleitung .....	2
1.2 Einflussgrößen .....	2
1.3 Prüfverfahren .....	7
1.4 Prüfapparatur MIKE 3 .....	13
2. Apparatur .....	17
2.1 Bedienungselemente (Frontseite) .....	17
2.2 Anschlüsse (Rückseite) .....	18
2.3 Sicherheitshinweise .....	18
3. Software .....	19
3.1 Installation .....	19
3.2 Konfiguration .....	20
3.3 Bedienung .....	23
3.4 Überprüfung des MIKE .....	31
4. Kalibrierung / Prüfverfahren .....	35
4.1 Vorbereitung .....	35
4.2 Prüfablauf .....	37
4.3 Allgemeines Prüfverfahren .....	41
5. Fehlerbehebung .....	42
6. Literatur .....	43



Bitte lesen Sie diesen Hinweis !



Frage - Antwort



Achtung: Zuerst den Sicherheitshinweis lesen!

## 1. Grundlagen

### 1.1 Einleitung

Für die Beurteilung der Gefahrensituation in Staubverarbeitenden Anlagen, ist die Kenntnis der Mindestzündenergie unerlässlich. Dieser Wert kann unter Umständen den Umfang und damit den Kostenaufwand von Schutzmassnahmen bestimmen.

Unter Mindestzündenergie (MZE) versteht man den niedrigsten Energiewert, den eine Hochspannungs-Kondensatorentladung aufbringen muss, um das zündwilligste Staub/Luft-Gemisch zur Entzündung zu bringen. Die Staubkonzentration und die Zündverzögerungszeit sind dabei systematisch so zu variieren, bis ein Minimalwert für die MZE gefunden wird. Alle Versuche werden bei Atmosphärendruck und Raumtemperatur durchgeführt.

### 1.2 Einflussgrössen

Eingehende Untersuchungen haben ergeben, dass die Mindestzündenergie eines brennbaren Staubes von folgenden Parametern beeinflusst wird:

#### 1.2.1 Induktivität im Entladekreis

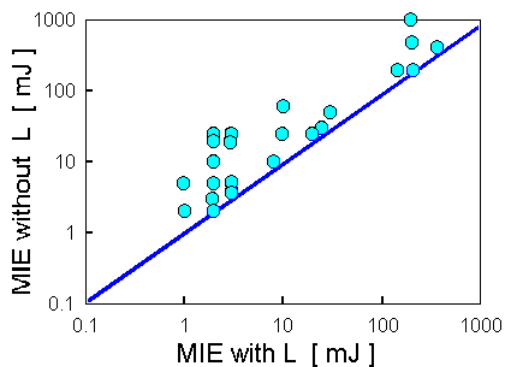


Bild 1.2.1: Einfluss der Induktivität auf die Mindestzündenergie

Die Angaben über die Mindestzündenergie beziehen sich gemäss Definition auf zeitlich gedehnte Kondensatorentladungen. Diese sind im Allgemeinen deutlich zündwilliger als rein kapazitive Entladungen. Eine Übertragung auf betriebliche Verhältnisse ist nur dann möglich, wenn auch hier Kapazitäten über Induktivitäten entladen werden. Um daher die Zündwirksamkeit von elektrischen Entladungen - speziell von elektrostatischen Entladungen - gegenüber Staub/Luft - Gemischen beurteilen zu können, ist die Mindestzündenergie auch ohne Induktivität im Entladekreis zu bestimmen. Wie Bild 1.2.1 zeigt, ist diese Einflussnahme nicht eindeutig sondern unterschiedlich und von der Staubart abhängig.

### 1.2.2 Turbulenz, Zündverzögerungszeit

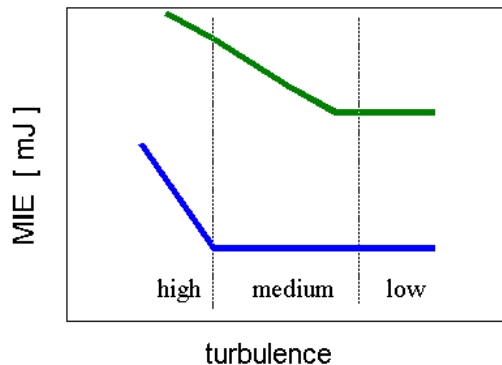


Bild 1.2.2:  
Einfluss der Zündverzögerungszeit  
auf die Mindestzündenergie

Das wohl einfachste Mass für die Turbulenz der Staub/Luft-Gemische ist die Zündverzögerungszeit  $t_v$  zwischen dem Aktivieren des Auslassventils und dem Funksprung. Kurze Zündverzögerungszeiten ergeben eine hohe, lange hingegen eine niedrige Turbulenz. Die Bestimmung der MZE sollte bei möglichst niedriger Turbulenz erfolgen. Zu lange Zeiten können eine Trennung des Staubes bewirken und das Ergebnis ist nicht mehr sinnvoll.

Die optimale Zündverzögerungszeit, die den niedrigsten Wert für die MZE ergibt, ist nicht konstant, sondern von der Staubprobe abhängig. Die Zündverzögerungszeit muss deshalb in Stufen solange variiert werden, bis ein Minimalwert für die MZE gefunden wird

### 1.2.3 Korngrösse, Medianwert

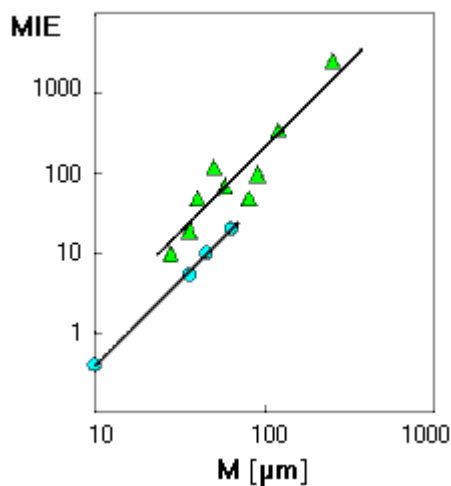


Bild 1.2.3:  
Einfluss des Medianwertes  
auf die Mindestzündenergie

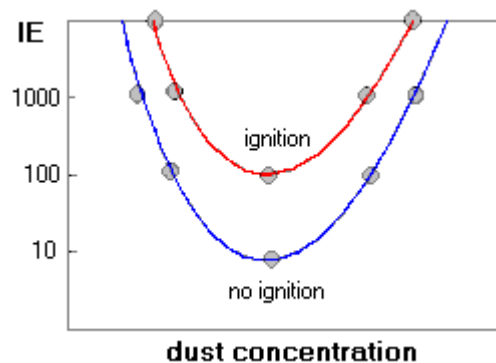
Die Korngrösse, bzw. der Medianwert kann die Mindestzündenergie wesentlich beeinflussen. Dieser Energiegrenzwert steigt nach Modellrechnungen mit der 3. Potenz des Medianwertes eines Staubes an. Je feiner ein Staub ist, umso leichter lässt er sich entzünden. Eine Abschätzung der MZE nach folgender Gleichung ist konservativer und gibt eine bessere Übereinstimmung mit den experimentell erhaltenen Resultaten:

$$MZE_2 = MZE_1 \cdot (M_2 / M_1)^{2.5}$$

Index 1: gemessen

Index 2: abgeschätzt

### 1.2.4 Staubkonzentration



Zwischen der Staubkonzentration und der Zündenergie besteht ein parabelförmiger Zusammenhang. Die Bestimmung der MZE muss deshalb über einen weiten Bereich der Staubkonzentration erfolgen.

Bild 1.2.4: Einfluss der Staubkonzentration auf die Zündenergie

### 1.2.5 Temperatur

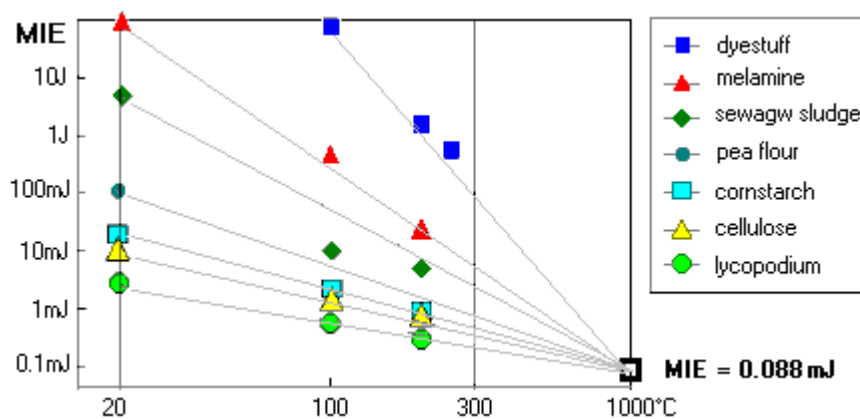


Bild 1.2.5: Einfluss der Temperatur auf die Mindestzündenergie

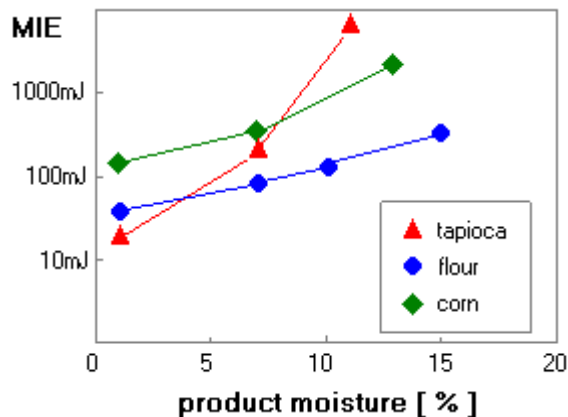
Auch die Mindestzündenergie unterliegt dem Einfluss der Temperatur. Die Abnahme ist bei den schwer entzündlichen Stäuben stärker als bei den leicht entzündlichen. Das hat zur Folge, dass sich in doppelt logarithmischer Darstellung Geraden ergeben, die sich in einem Punkt (1000 °C; 0.088 mJ) treffen. Bei Kenntnis der Mindestzündenergie eines Staubes bei Raumtemperatur beschreibt also die Verbindungsgerade zum erwähnten Schnittpunkt die Temperaturabhängigkeit seiner Mindestzündenergie bis zu Temperaturen von 300 °C.

Mit folgender Gleichung kann die MZE im Bereich von 25 bis 300°C abgeschätzt werden:

$$MZE(T) = 10^{-4.056 + (1.873 - 0.624 \log T) \cdot (\log MZE(25^\circ\text{C}) + 4.056)}$$

T [°C], MZE [J]

### 1.2.6 Produktfeuchte (Wasserfeuchte)



Wie nebenstehendes Bild zeigt, wird die Mindestzündenergie eines Staubes unterschiedlich von der Wasserfeuchte im Staub beeinflusst. Im Allgemeinen deutet sich an, dass unterhalb von 5% der Einfluss gering, oberhalb von 10% aber der Wert für die Mindestzündenergie um ca. 1 (eine) Energiedekade oder mehr erhöht wird.

Bild 1.2.6: Einfluss der Wasserfeuchte auf die Mindestzündenergie

### 1.2.7 Sauerstoffkonzentration

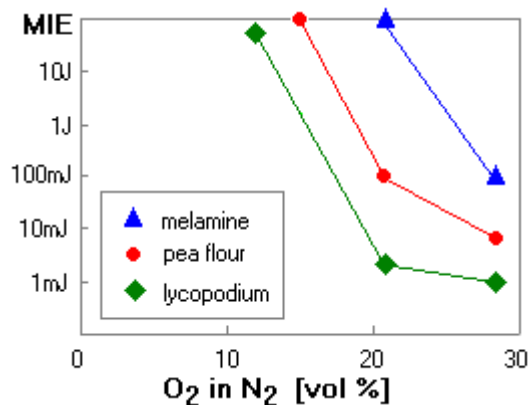


Bild 1.2.7: Einfluss des O<sub>2</sub>-Gehaltes in der Verbrennungsluft auf die MZE

Die Mindestzündenergie hängt wie nebenstehendes Bild zeigt entscheidend vom O<sub>2</sub>-Gehalt in der Verbrennungsluft ab. Speziell bei Sauerstoffmangel steigt die MZE in halblogarithmischer Darstellung linear an. Diese rasche Verminderung der Zündfreudigkeit resp. Erhöhung der MZE ist vor allem auf den zusätzlichen Stickstoff, der als Ballaststoff wirkt, zurückzuführen. Sauerstoffüberschuss führt dagegen zu einer Reduzierung der Mindestzündenergie bei Verflachung der Kurvenzüge.

### 1.2.8 Zusatz von Brenngas

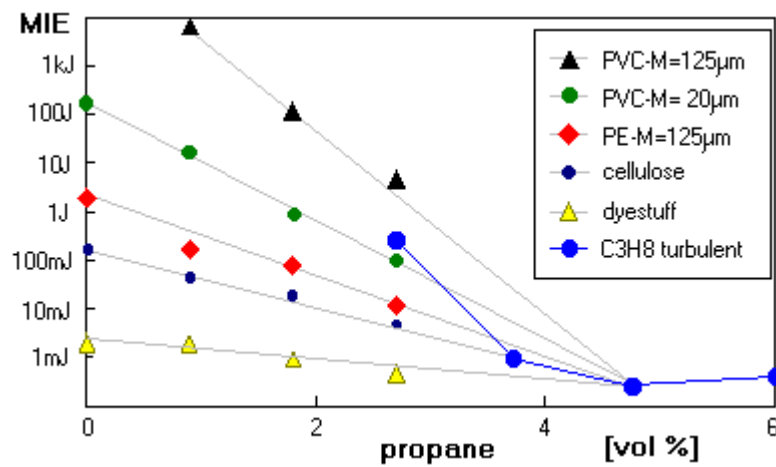


Bild 1.2.8: Einfluss von Brenngaszusatz auf die Mindestzündenergie

Zusatz von Brenngasen (Lösemitteldämpfe) zur Verbrennungsluft vermindert die Mindestzündenergie brennbarer Stäube, und zwar umso mehr, je schwerer entzündlich sie sind. In halb-logarithmischer Darstellung ergeben sich Geraden zum zusätzlichen Brenngasgehalt, die in dem Punkt enden, der bestimmend für die Mindestzündenergie des Brenngases selbst ist.

## 1.3 Prüfverfahren

### 1.3.1 Normen

- a) EN13821: Bestimmung der Mindestzündenergie von Staub/Luft-Gemischen
- b) ASTM E2019: Standardtestmethode der Mindestzündenergie einer Staubwolke in Luft
- c) ISO/IEC 80079-20-2: Explosionsfähige Atmosphären - Prüfverfahren für brennbare Stäube

#### Staubkonzentration [mg]:

ASTM E2019, EN13821	300	600	900	1200	1500	1800	2400	3000
ISO/IEC 80079		750		1200		2000		3000

#### Zündverzögerungszeit $t_v$ [ms]:

ASTM E2019, EN13821	60	90	120	150	180
ISO/IEC 80079	60		120		180

Die Norm ISO/IEC 80079 ist hinsichtlich Staubkonzentration und Zündverzögerungszeit eine Teilmenge der Normen ASTM E2019 und EN13821.

#### Prüfverfahren:

Das Prüfverfahren nach ISO/IEC 80079 ist eine Kurzform des Verfahrens gemäss ASTM E2019 und EN13821. Details, siehe: [1.3.4 Prüfverfahren, Beispiel](#)

#### Kalibrier-Ringversuch CaRo:

Beim Prüfverfahren nach ISO/IEC 80079, ohne Berücksichtigung der statistischen Energie  $E_s$ , ist die alleinige Angabe des Energiebereiches ( $E_1$ ,  $E_2$ ) zu wenig genau. Ein Vergleich der Resultate von verschiedenen Apparaturen und deren Kalibrierung ist nicht möglich.

#### Empfehlung:

Prüfungen nach ASTM E2019, EN13821 sind für ISO/IEC 80079 gültig! Aber **nicht** umgekehrt. Deshalb empfehlen wir:

- a) Prüfung gemäss ASTM E2019, EN13821, oder
- b) Prüfung gemäss ISO/IEC 80079, jedoch mit  $E_s$

#### Geschichte:

Bei der Entwicklung der Mindestzündenergie-Apparatur „MIKE“ im Jahr 1992 haben wir die Konzentrationsstufen vom 1m<sup>3</sup>-Behälter und der 20L-Kugel übernommen:

g / m <sup>3</sup>	250	500	750	1000	1250	1500	2000	2500
mg / 1.2L	300	600	900	1200	1500	1800	2400	3000

### 1.3.2 Prüfverfahren, allgemein

---

Ausgehend von einem zur Entzündung sicher ausreichenden Energiebetrag wird die Zündenergie bei dem zu untersuchenden Staub, unter Variation der Staubkonzentration und der Zündverzögerungszeit (Turbulenz), so lange halbiert, bis bei mindestens 10 aufeinanderfolgenden Versuchen keine Entzündung erfolgt. Die Mindestzündenergie (MZE) liegt zwischen der niedrigsten Energie (E2), bei der eine Entzündung auftrat und der Energie (E1), bei der, in mindestens 10 aufeinanderfolgenden Versuchen, keine Entzündung beobachtet wurde.

Der so bestimmte Energiegrenzbereich wird als die Mindestzündenergie eines brennbaren Staubes in Mischung mit Luft bezeichnet. Oft jedoch wird zur Vereinfachung nur der untere Grenzwert (E1) als Mindestzündenergie MZE angegeben.

$$E1 < MZE < E2$$

Für die Beurteilung, inwiefern Zündgefahr durch betriebliche Funkenentladungen, speziell elektrostatische Entladungen, für Staub/Luft-Gemische besteht, ist die Mindestzündenergie MZE mit rein kapazitiver Funkenentladung (ohne Induktivität) nach dem oben beschriebenen Verfahren zu bestimmen.



Bei Brenngasen hat die Induktivität im Allgemeinen keinen Einfluss auf die MZE. Leicht entzündliche Stäube zeigen oft das gleiche Verhalten.



### 1.3.3 Statistische Zündenergie (Es)

Für den Vergleich der Resultate von verschiedenen Apparaturen und deren Kalibrierung ist die alleinige Angabe des Energiebereiches (E1, E2) zu wenig genau. Deshalb muss für die Kalibrierung mit Hilfe der Zündwahrscheinlichkeit (ZW) ein einzelner statistischer Energiewert (Es) an Stelle des Energiebereiches (E1, E2) wie folgt abgeschätzt werden:

$$Es = 10^{\log E2 - I[E2] \cdot (\log E2 - \log E1) / ((NI+I)[E2] + 1)}$$

wobei gilt:  $I[E2]$  = Anzahl der Versuche mit Zündung bei der Energie E2

$(NI+I)[E2]$  = gesamte Anzahl der Versuche bei der Energie E2

z.B.:

	ZE \ mg	300	600	900	1200	1500		ZW
E2 =	30 mJ	NI	I	I	I	NI	→	3 aus 5
E1 =	10 mJ		NI	NI	NI			

$$Es = 10^{\log E2 - 3 \cdot (\log E2 - \log E1) / (5 + 1)} = 17 \text{ mJ}$$

wobei gilt: **I** = Zündung des Staubes

**NI** = keine Zündung des Staubes in 10 Versuchen

#### Genauigkeit der Es - Abschätzung

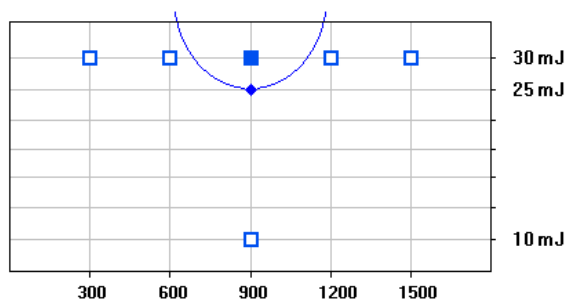
Aus der Anzahl der Versuche lässt sich die Genauigkeit von Es abschätzen:

$$Smax = 10^{\log Es + I[E2] \cdot (\log E2 - \log E1) / ((NI+I)[E2] + 1)}$$

$$Smin = 10^{\log Es - I[E2] \cdot (\log E2 - \log E1) / ((NI+I)[E2] + 1)}$$

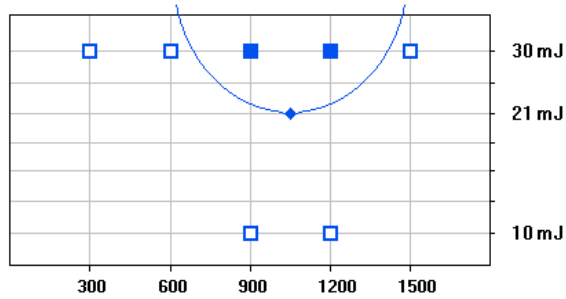
#### Beispiele zu Genauigkeit der Es - Abschätzung



Beispiele zu statistischer Zündenergie ( $E_s$ )

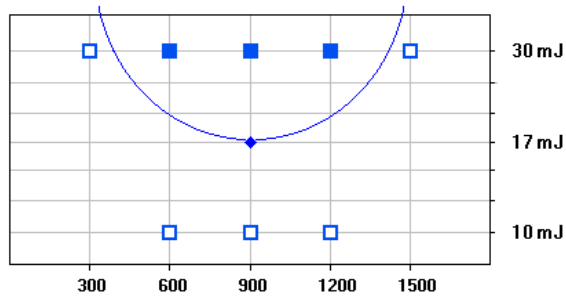
$E_2 = 30 \text{ mJ}$  /  $E_1 = 10 \text{ mJ}$   
Zündwahrscheinlichkeit = 1 aus 5

**$E_s = 25 \text{ mJ}$**



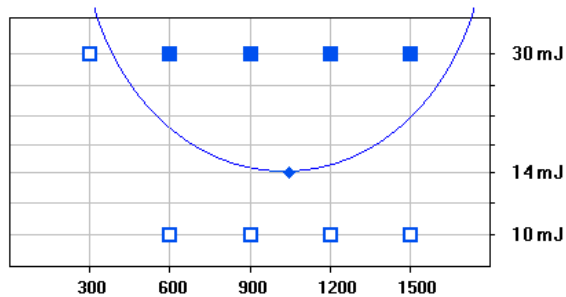
$E_2 = 30 \text{ mJ}$  /  $E_1 = 10 \text{ mJ}$   
Zündwahrscheinlichkeit = 2 aus 5

**$E_s = 21 \text{ mJ}$**



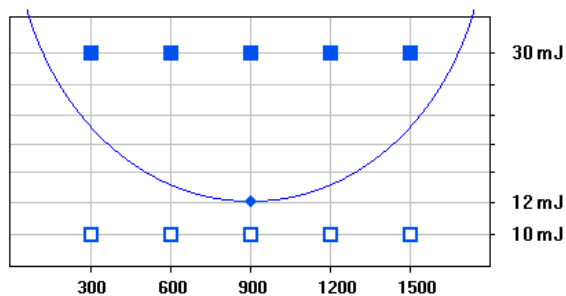
$E_2 = 30 \text{ mJ}$  /  $E_1 = 10 \text{ mJ}$   
Zündwahrscheinlichkeit = 3 aus 5

**$E_s = 17 \text{ mJ}$**



$E_2 = 30 \text{ mJ}$  /  $E_1 = 10 \text{ mJ}$   
Zündwahrscheinlichkeit = 4 aus 5

**$E_s = 14 \text{ mJ}$**



$E_2 = 30 \text{ mJ}$  /  $E_1 = 10 \text{ mJ}$   
Zündwahrscheinlichkeit = 5 aus 5

**$E_s = 12 \text{ mJ}$**

### Statistische Zündenergie (Es) bei Nicht-Atmosphärischen Prüfbedingungen

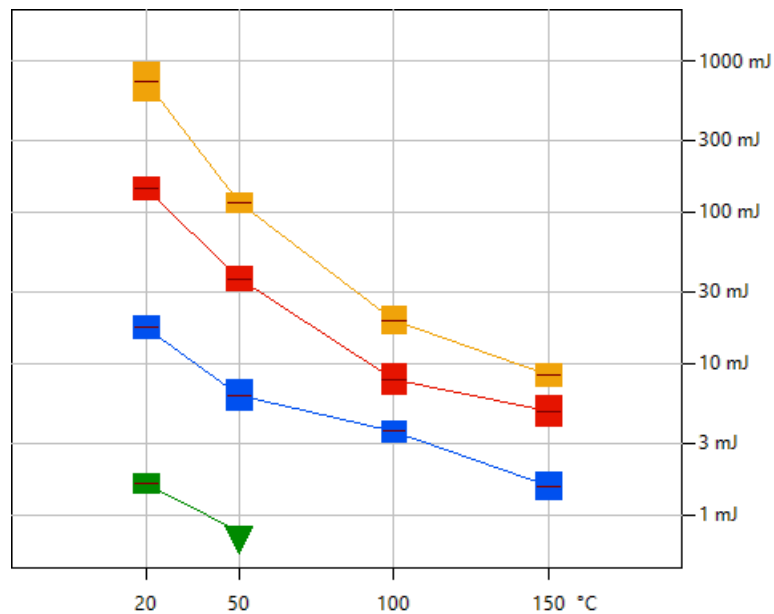


Bei Prüfungen mit erhöhter Temperatur und/oder reduziertem Sauerstoffgehalt ist die Angabe der Zündwahrscheinlichkeit  $E_s$  für eine sinnvolle Darstellung zwingend notwendig.

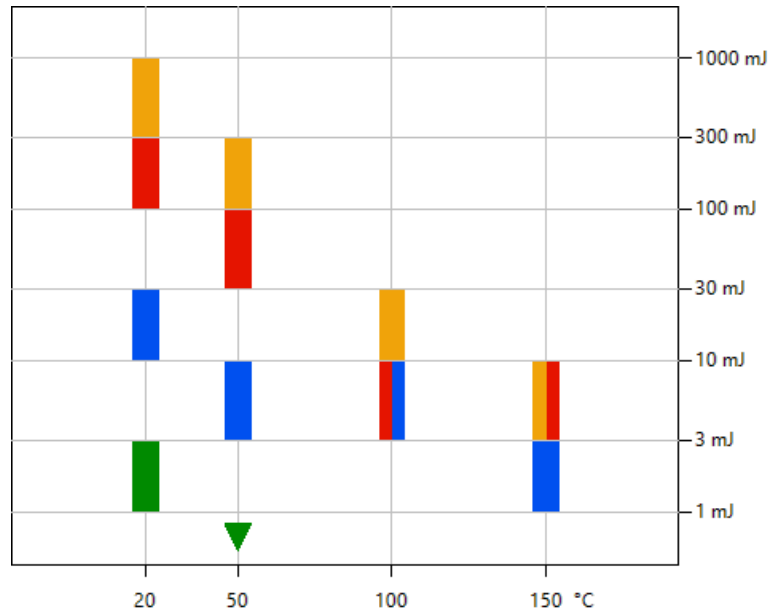
Parameter

oxygen	
	21%
	18%
	16%
	14%

Darstellung MZE vs Temperatur **mit**  $E_s$



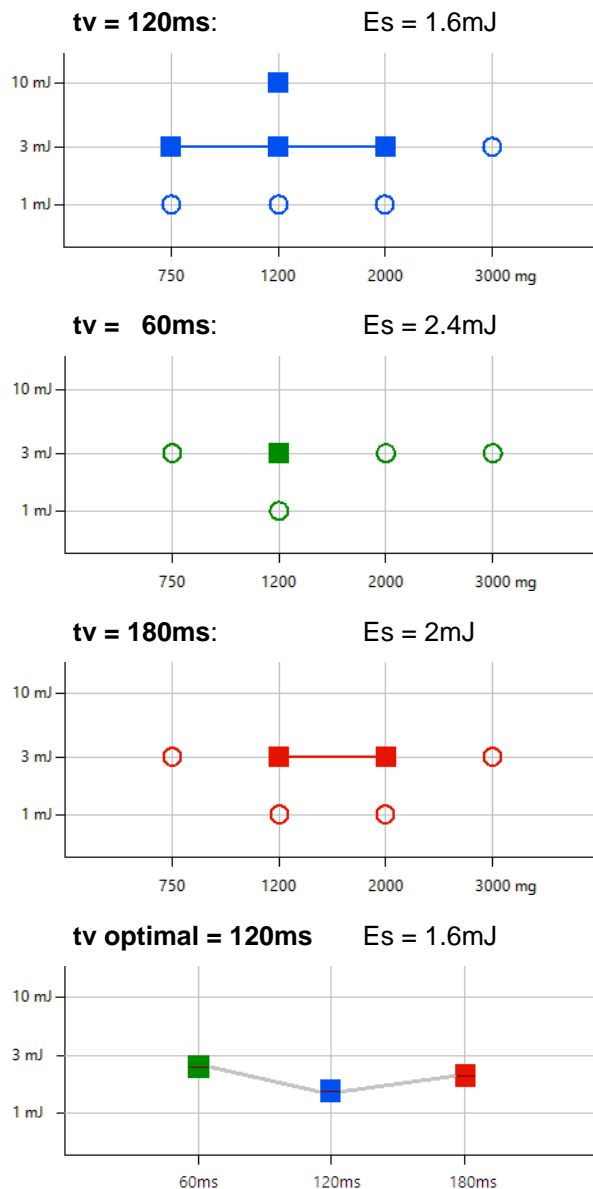
Darstellung MZE vs Temperatur **ohne**  $E_s$



### 1.3.4 Prüfverfahren, Beispiel

#### ASTM E2019, EN13821

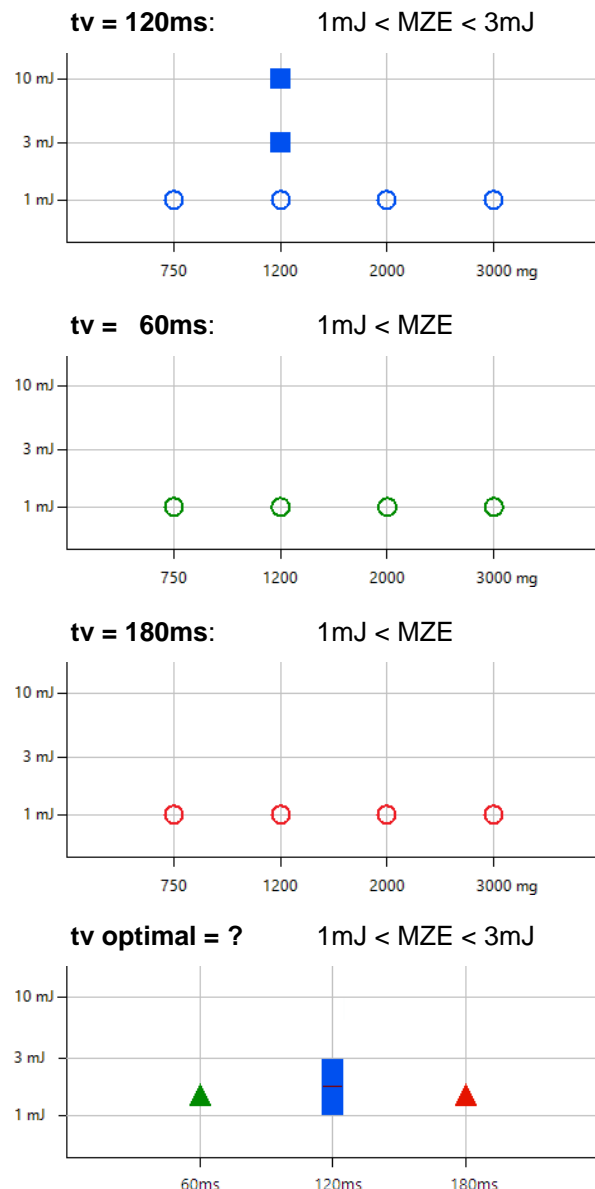
##### ISO/IEC 80079 mit Es



#### Empfohlenes Prüfverfahren.

Alle Normen werden berücksichtigt.  
Der Mehraufwand ist im Verhältnis zum  
genaueren Ergebnis gering.

##### ISO/IEC 80079 ohne Es



Bei diesem Verfahren wird bei tv=60ms und  
tv=180ms nur bestätigt, dass keine tieferen MZE-  
Werte vorhanden sind. Über die optimale Zünd-  
verzögerungszeit tv ist keine Aussage möglich.

## 1.4 Prüfapparatur MIKE 3

Aufgrund der im Kapitel 1.2 dargestellten Ergebnisse wurden die folgenden Minimalbedingungen für eine Apparatur zur Bestimmung der Mindestzündenergie brennbarer Stäube international festgelegt:

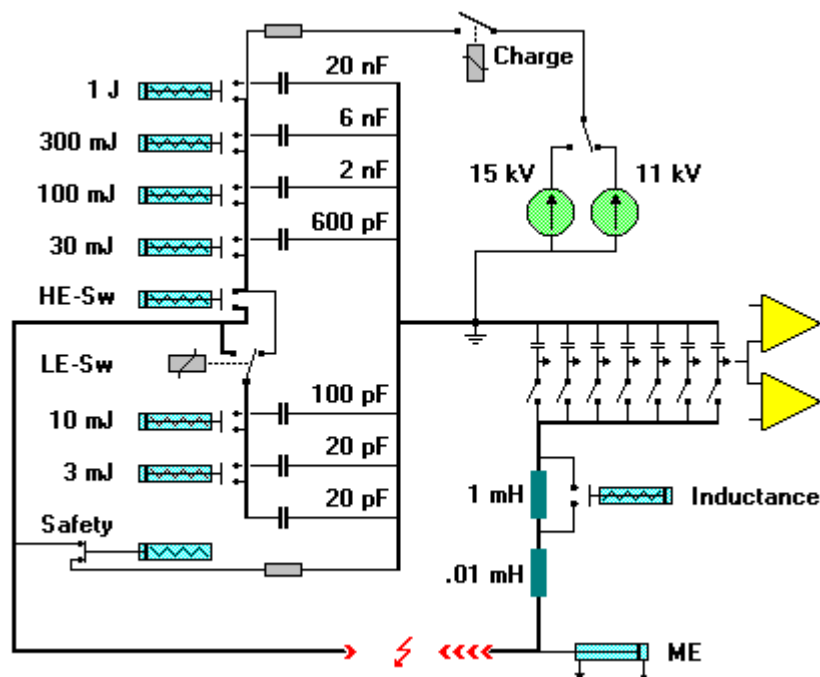
- mit Induktivität im Entladekreis:  $L = 1 \text{ mH} - 2 \text{ mH}$
- ohne Induktivität im Entladekreis:  $L \leq 0.025 \text{ mH}$
- Elektrodenmaterial: Wolfram oder rostfreier Stahl
- Elektrodendurchmesser:  $d = 2 \text{ mm}$
- Elektrodenabstand: mindestens 6 mm

Als Explosionsgefäß wird ein modifiziertes Hartmannrohr aus Glas mit einem Volumen von 1.2 Liter verwendet. Das Staubverteilungssystem am Boden des Rohres ist vom Typ "Pilz", auf das die Probe lose aufgebracht wird. Durch einen Druckluftstoß von 7 bar wird der Staub im Glaszylinder aufgewirbelt und durch einen Funken zwischen zwei Elektroden entzündet.

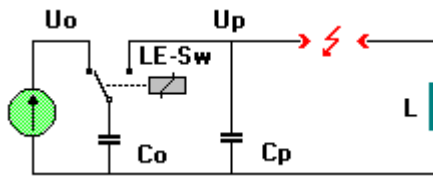
Untersuchungen zeigten, dass Staub/Luft-Gemische durchaus MZE-Werte von weniger als 10 mJ aufweisen können. Der Messbereich des MIKE 3 wurde deshalb speziell für die kleinen Zündenergien ausgelegt. Durch pneumatisch betätigte Hochspannungsschalter sind die parasitären Kapazitäten vernachlässigbar klein.

Eine weitere Idealisierung der Versuchseinrichtung bringt der direkte Zusammenbau der Kondensatorentladungsapparatur mit dem modifizierten Hartmannrohr. Lange Zuleitungen entfallen und die Hochspannungseinheit sowie das Explosionsgefäß sind im gleichen Faraday-Käfig angeordnet.

### 1.4.1 Prinzipschema



### 1.4.2 Entladekreis für 1 mJ , 3 mJ - Triggerung durch Relais



$U_o$  = Ladespannung  
 $U_p$  = Entladespannung  
 $C_o$  = Entladekondensator  
 $C_p$  = parasitärer Kondensator  
 $L$  = Induktivität (0.01mH / 1mH)  
 LE-Sw = Hochspannungsrelais

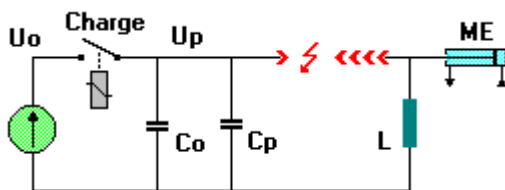
Der Entladekondensator  $C_o$  erhält die Ladung  $Q_o = U_o \cdot C_o$ . Nach dem Umschalten des speziellen Hochspannungsrelais "LE-Sw" bleibt die **Ladung** erhalten, die Spannung  $U_o$  hingegen erniedrigt sich auf  $U_p$  entsprechend der folgenden Gleichung:

$$U_p = U_o \cdot C_o / (C_o + C_p)$$

Daraus resultiert eine reduzierte Funkenenergie  $E_p$  gemäss MZE-Definition von:

$$E_p = 0.5 \cdot (C_o + C_p) \cdot U_p^2$$

### 1.4.3 Entladekreis für 10 mJ ... 1 J - Triggerung durch bewegte Elektrode



$U_o$  = Ladespannung  
 $U_p$  = Entladespannung  
 $C_o$  = Entladekondensator  
 $C_p$  = parasitärer Kondensator  
 $L$  = Induktivität (0.01mH / 1mH)  
 ME = bewegte Elektrode  
 Charge = Laderelais

Zu Beginn ist die bewegte Masse-Elektrode in Ruhestellung. Der Elektrodenabstand beträgt dann ca. 25 mm. Auch bei einer Ladespannung  $U_o = 15$  kV wird die Durchschlagsspannung bei weitem nicht erreicht. Nach dem Öffnen des Laderelais "Charge" wird die Elektrode pneumatisch schnell auf den eingestellten minimalen Elektrodenabstand von 6 mm bewegt. Noch bevor die Endposition erreicht wird, springt der Funke.

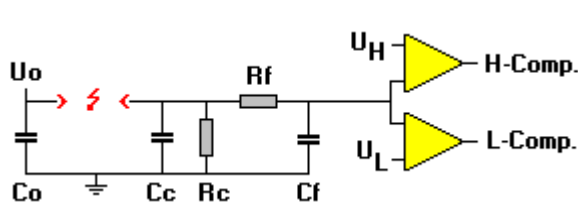
Die Funkenenergie  $E_p$  berechnet sich gemäss MZE-Definition nach folgenden Gleichungen:

$$U_p = U_o$$

$$E_p = 0.5 \cdot (C_o + C_p) \cdot U_p^2$$

#### 1.4.4 Funkenüberwachung

Bei der Bestimmung der Mindestzündenergie wird auf Nichtzündungen geprüft. Es muss deshalb darüber Gewissheit herrschen, dass der Entladungsfunken den korrekten Energiewert aufwies, er aber das Staub/Luft-Gemisch nicht Entzünden konnte. Die durch den Funken übertragene Ladung wird bei jedem Zündversuch gemessen und auf Einhaltung von Grenzwerten überprüft:



H-Comp = oberer Grenzwert

L-Comp = unterer Grenzwert

Co = Entladekondensator

Cc = Messkondensator

Rc = Ableitwiderstand

Cf, Rf = Filter

Die Ladung des Entladekondensators Co wird auf den Messkondensator Cc übertragen. Der vor dem Funkensprung fließende, langsam ansteigende Coronastrom wird ebenfalls im Messkondensator Cc gesammelt, jedoch durch den Widerstand Rc wieder abgeleitet. Nur die Ladungsübertragung des eigentlichen Funkens mit seinem, für kurze Zeit fließenden, hohen Strom wird mit dieser Schaltung erfasst.

Der Spannungsverlauf über Cc entspricht, wie auch der Funkenstrom, einer gedämpften Schwingung. Das nachgeschaltete Filter (Cf, Rf) bildet nun daraus den gesuchten Mittelwert für die Funkenüberwachung. Der Scheitelwert dieser Ladungsmessung muss innerhalb der Grenzen  $U_L$  und  $U_H$  liegen, um als gültiger Wert anerkannt zu werden.

### 1.4.5 Energiebereich

Definitionsgemäss gilt für die MZE die in einem Kondensator gespeicherte Energie. Aber nicht nur der vor dem Funken sprung fließende Coronastrom verringert die Ladung des Kondensators, und somit die Funkenenergie, auch verschmutzte Isolatoren und allenfalls leitfähige Stäube lassen beträchtliche Ladungsmengen abfließen.

Energieangaben, die sich nur auf die Anfangsladung des Kondensators beziehen, sind irreführend. Der tatsächliche Energiewert des Funkens ist **immer** unterhalb von diesem theoretischen Maximalwert und liegt damit, vom Gesichtspunkt des Sicherheitsdenkens, leider auf der falschen Seite; z.B. der Funken der den Staub noch zur Entzündung brachte hatte eine niedrigere Energie als angegeben wurde !

Nominal	Maximal	Minimal	Triggerung	Spannung
1 mJ	1.8 mJ	0.7 mJ	Relais	15 kV
3 mJ	4 mJ	1.8 mJ	Relais	15 kV
(10 mJ)	13 mJ	7 mJ	Relais	15 kV
10 mJ	* 18 mJ	7 mJ	bewegte Elektrode	15 kV
30 mJ	40 mJ	18 mJ	bewegte Elektrode	11 kV
100 mJ	133 mJ	70 mJ	bewegte Elektrode	11 kV
300 mJ	400 mJ	230 mJ	bewegte Elektrode	11 kV
1 J	1.33 J	650 mJ	bewegte Elektrode	11 kV

Maximal = theoretischer Maximalwert

Minimal = unterer Grenzwert der Funkenüberwachung



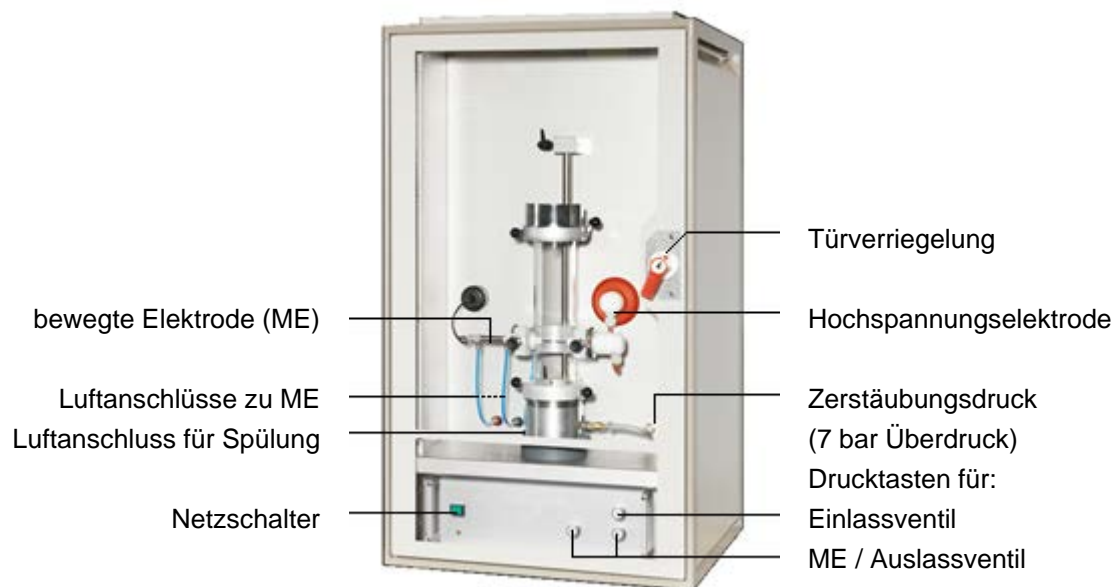
**10 mJ** (Werkseinstellung = bewegte Elektrode)

\* Relativ grosse Coronaverluste sind zu berücksichtigen.



## 2. Apparatur

### 2.1 Bedienungselemente (Frontseite)



Funktion der **Türverriegelung** mit 3 Stellungen:

1. Tür offen (Einstellen der Elektroden und Reinigung):  
Die Hochspannung ist **ausgeschaltet** und die Tasten sind **aktiv**.
2. Tür geschlossen (Spülung mit Druckluft nach einem Test)  
Die Hochspannung ist **ausgeschaltet** und die Tasten sind **aktiv**.
3. Tür geschlossen (der MIKE ist bereit für den Test)  
Die Hochspannung ist **eingeschaltet** und die Tasten sind **gesperrt**.

## 2.2 Anschlüsse (Rückseite)



### Druckluftanschluss:

Die Druckluft wird einerseits als Steuerluft für die Pneumatik und andererseits für die Staubaufwirbelung benötigt. Nennwert = **7 bar Überdruck = 8 bar absolut**.

Es darf **nur normale Kompressor-Druckluft** verwendet werden. Mit synthetischer Druckluft wird eine stark abweichende Mindestzündenergie gemessen.

## 2.3 Sicherheitshinweise



Üblicherweise wird der MIKE in einer ventilierten Laborkapelle aufgestellt. Bei einer direkten Ableitung in die Ventilation sind die Druckwelle und die Flamme bei heftig reagierenden Stäuben zu berücksichtigen.



Aus Sicherheitsgründen muss bei allen Manipulationen an den Elektroden der Hochspannungsstecker an der Elektrode (rechts) ausgezogen werden. Die bewegte Elektrode (links) ist immer auf Erdpotential und somit ungefährlich.



Bevor das Gerät elektrisch angeschlossen wird, bitte zuerst die Angaben auf dem Typenschild mit den Daten Ihres Netzanschlusses vergleichen.

## 3. Software

### 3.1 Installation

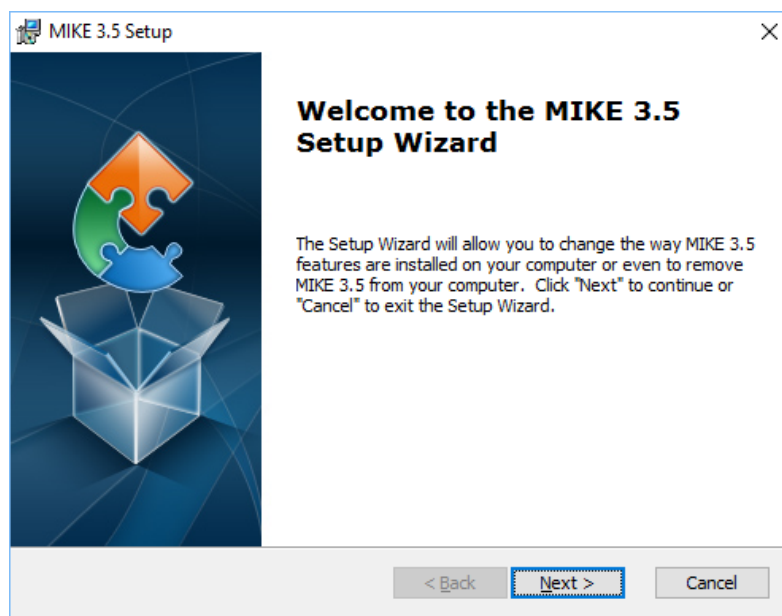
#### 3.1.1 Systemvoraussetzung

Jeder Personal Computer mit „Microsoft-Windows“ 7 ... 11 (32 und 64Bit) ist geeignet.

Grafikkarte, Monitor: Auflösung mindestens 1024 x 768 bei mindestens 16 Bit Farbtiefe.  
Schnittstelle: USB (Ein Adapter USB - RS232 wird mitgeliefert)  
oder RS232 (COMx)

#### 3.1.2 Installation der MIKE - Software

Bitte die folgende Setup-Datei ausführen: [\*MIKE35\\_setup.msi\*](#)






## 3.2 Konfiguration



Starten Sie jetzt das MIKE-Programm ...

### 3.2.1 Benutzerverwaltung (Users)

Beim ersten Start von MIKE werden vom Administrator alle Benutzer definiert:

<div>  System            Users            Rights         </div>					
no	username	signature	authorization	active	status
1	New	Cesana AG	Setup	✓	activated
2	JS	John Smith	Administrator	✓	activated
3	SE	my Service	Service	✓	new
4	SU	my Supervisor	Supervisor	✓	new
5	OP	my Operator	Operator	✓	new

<b>username</b>	<i>"Benutzername"</i>	Eine sinnvolle Kurzform.
<b>signature:</b>	<i>"Unterschrift"</i>	Vollständiger Namen. Wird in dieser Form in Protokolle eingefügt.
<b>authorization:</b>	<i>"Berechtigung"</i>	"Administrator" für die Verwaltung der Benutzer. "Service" für die Kalibrierung und Wartung. "Supervisor" für die Prozessüberwachung. "Operator" für alle anderen Benutzer. siehe: <a href="#">3.2.2 Berechtigungen</a>
<b>active:</b>	<i>"aktiv"</i>	Der Administrator kann auch eine Berechtigung entziehen ...
<b>status:</b>	<i>"Status"</i>	<i>new</i> = neu, <i>activated</i> = aktiviert

### 3.2.2 Berechtigungen (Rights)

Die Berechtigungen für die 4 Benutzergruppen können vom Administrator frei definiert werden:

System   Users <b>Rights</b>					
no	can do ...	Administrator	Service	Supervisor	Operator
1	New tests	✓	✓	✓	✓
2	Filemanager (new, save)	✓	✓	✓	✓
3	Table modification	✓	✓	✓	✓
4	Test conditions	✓	✓	✓	
5	System - Settings	✓	✓		
6	Software Update	✓	✓		
7	User Management (see: Users)	✓			
8	Set Access Rights (this table)	✓			



Alle Eingaben sichern und "Settings" schliessen.

### 3.2.3 Wahl des Benutzers

In diesem Fenster den Benutzernamen und ein Passwort eingeben. Es wird zwischen Gross- und Kleinbuchstaben **nicht** unterschieden. Neue Benutzer müssen ihr neues Passwort zweimal eingeben.



**automatic start:** "automatischer Start"

Der zuletzt gewählte Benutzer wird bei erneutem Start von MIKE angezeigt, das Passwort muss nicht mehr eingegeben werden. Auch ohne Ihr "Login" wird nach Ablauf von einer Minute automatisch in das Hauptprogramm gewechselt.

Login

Für die weitere Konfiguration von MIKE mit der Berechtigung für "System - Settings" z.B. als "Administrator" einloggen.

Settings

... weitere Einstellungen

### 3.2.4 Einstellungen (Settings)

#### **Schnittstelle (Interface)**

1. Die MIKE-Apparatur ist angeschlossen (*connected*) oder wird simuliert (*simulated*).
2. RS232-Anschluss (*Port on computer*). Bei simuliertem MIKE ist diese Einstellung irrelevant.

#### **Anwenderdaten (User)**

1. Firmenname: wird für den Prüfbericht verwendet.
2. Prüfstelle: wird für den Prüfbericht verwendet.
3. Identität: Automatisch generierte Dateinamen beginnen immer mit der von Ihnen hier definierten Identität (siehe: [3.3.2 Dateien](#)) gefolgt vom aktuellen Datum.
4. Hilfe-Sprache: das Programm ist nur in Englisch. Für die Hilfe stehen jedoch ein Deutscher und ein Englischer Text zur Verfügung.

#### **Standard**

Empfohlene Einstellung: ASTM E2019, EN13821.

Die Norm ISO/IEC 80079 ist hinsichtlich Staubkonzentration und Zündverzögerungszeit eine Teilmenge der Normen ASTM E2019 und EN13821 (siehe: [1.3.1 Normen](#))

#### **Verzeichnis (Directory)**

1. MIKE-Dateien: Das Verzeichnis der zuletzt geöffneten MIKE-Datei wird automatisch gespeichert. Das voreingestellte Verzeichnis kann so belassen werden.
2. Masken für den Prüfbericht: Das Verzeichnis der zuletzt geöffneten Berichts-Maske wird automatisch gespeichert. Das voreingestellte Verzeichnis kann so belassen werden.



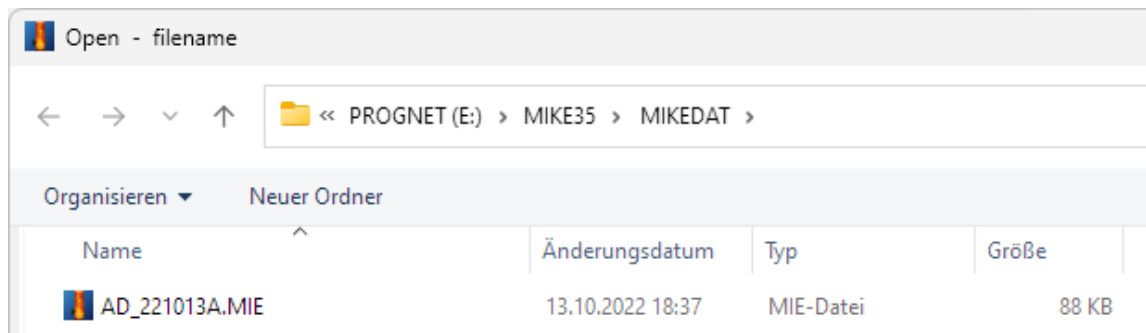
Alle Eingaben sichern und "Settings" schliessen.



## Datei öffnen - nach Dateinamen



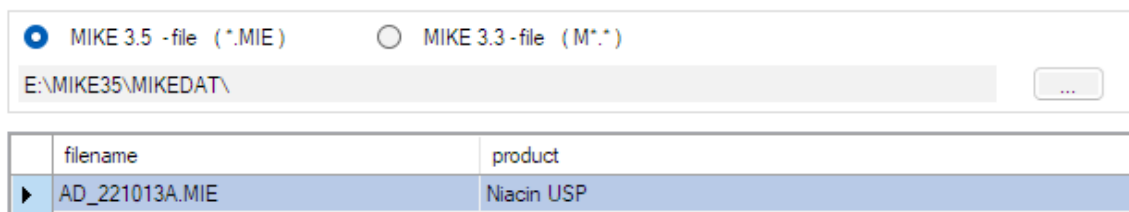
Ein Verzeichnis von MIKE-Dateien wird entsprechend dem Windows-Standard angezeigt:



## Datei öffnen - nach Produkt (.MIE - Datei)



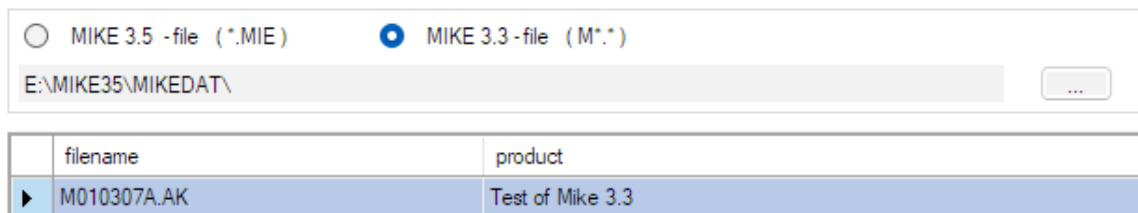
Ein Verzeichnis von MIKE-Dateien mit Angabe des Produktes wird angezeigt. Für die Sortierung (auf- oder absteigend, "filename" oder "product") auf das entsprechende Feld klicken.



## Datei öffnen - nach Produkt (MIKE 3.3 - Datei)

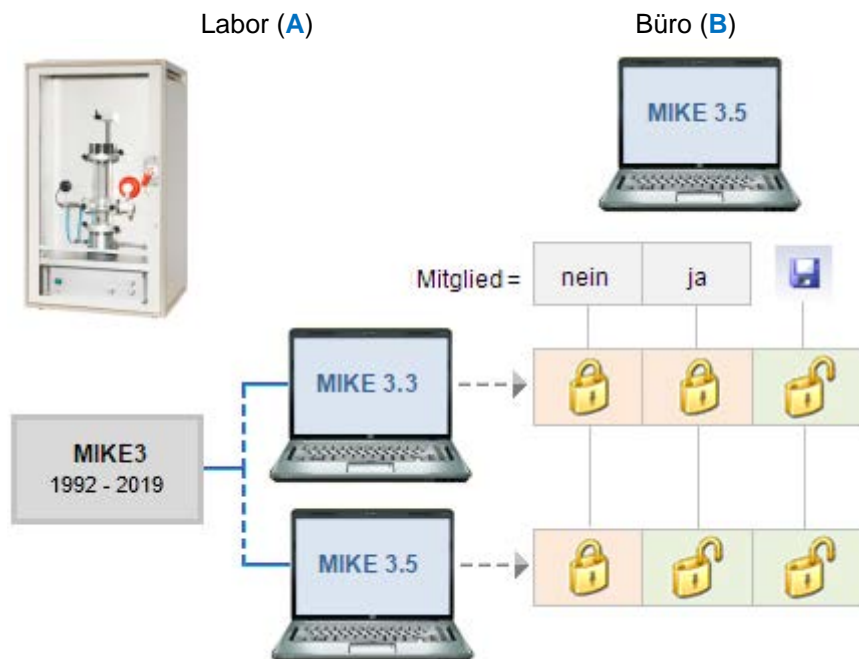


Ein Verzeichnis von älteren MIKE-Dateien mit Angabe des Produktes wird angezeigt. Für die Sortierung (auf- oder absteigend, "filename" oder "product") auf das entsprechende Feld klicken.





### 3.3.3 Zugriffsrechte



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.



#### gesperrt

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



#### frei zugänglich

Sie können die Tabellen bearbeiten und Kommentare hinzufügen.



**MIKE3.3** - Dateien kennen noch keine Benutzerverwaltung und das Dateiformat unterscheidet sich. Deshalb muss für Manipulationen die **MIKE3.3** - Datei im **MIKE3.5** - Format gespeichert werden.

Es wird ein neuer Dateiname generiert: z.B. M0103007A.AK wird zu M0103007A\_**i3**.MIE

Gesperrte **MIKE3.5** - Dateien müssen für den freien Zugang importiert werden. Zur Unterscheidung wird ein neuer Dateiname generiert: z.B. AD\_221013A.MIE wird zu AD\_221013A\_**i3**.MIE

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	MIKE data imported (3.5)	JS	John Smith
					OP1	my Operator 1

### 3.3.4 Prüfbericht



Wählen Sie zuerst eine Maske des Prüfberichts. Vom Programm werden dann automatisch die Produktinformationen, die Testresultate, die Graphiken und der Kommentar in die Maske eingefügt und es entsteht daraus ein Bericht.

Frontpage Tests 1 Audit 1



my Company - my Lab

Produkt: CaRo15

Kunde: Demo

Prüfgrund: Calibration Round Robin CaRo15

Produktherkunft: Lonza

Vorbereitung: As Received

Medianwert:

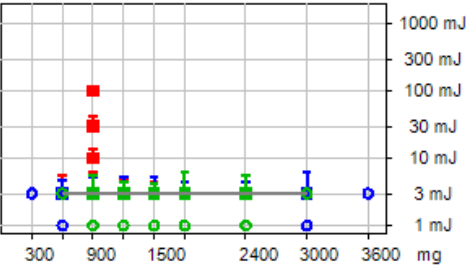
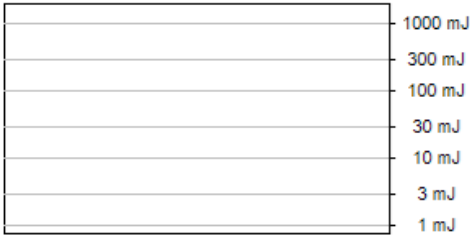
Mindestzündenergie

Resultat mit Induktivität L = 1 mH

Resultat ohne Induktivität L = 0 mH

1 mJ < MZE < 3 mJ / Es = 1.4 mJ

- / -

E2 [mJ]: 3 3 3

Es [mJ]: 1.4 1.4 1.5

E1 [mJ]: 1 1 1

tv [ms]: 120 150 180

E2 [mJ]: -

Es [mJ]: -

E1 [mJ]: -

tv [ms]: -

MIKE 3.5 Demo\_151110A.mie 10-Nov-2015

MIKE34\_D.rtf

mask - text

variables

errors

Wir empfehlen, alle produktspezifischen Angaben (Auftraggeber, Prüfgrund, Probenvorbereitung, Medianwert usw.) in die entsprechenden Felder im Bild „Info“ einzugeben. Dieser Text wird dann zusammen mit den Prüfresultaten in der MIKE-Datei gespeichert. Es ist zwar möglich den Bericht in diesem Formular zu bearbeiten und dann auszudrucken, alle Änderungen gehen aber beim Verlassen des Formulars verloren !

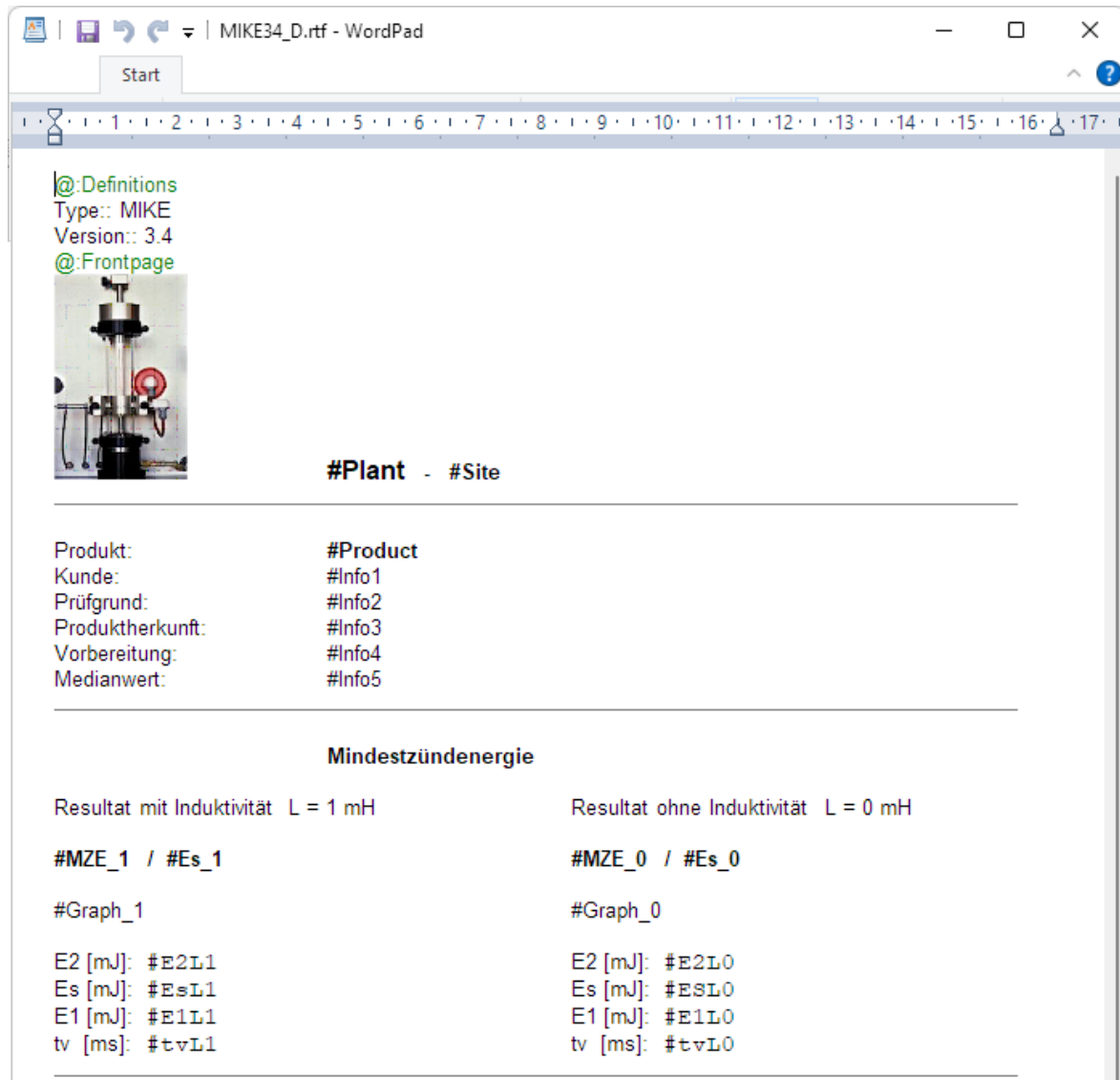
Cesana AG

REMBE® Research+Technology Center GmbH

### 3.3.5 Prüfbericht - Maske

#### Aufbau

Sinn und Zweck der Maske ist es immer wiederkehrenden Text vorzugeben und all diejenigen Felder zu definieren, in die Variablen (z.B. Testresultate) für den Bericht automatisch eingefügt werden sollen.



Dem MIKE-Programm beigelegt sind einige Beispiel-Masken in Deutsch und Englisch. Diese Masken lassen sich einfach Ihren Wünschen anpassen. Öffnen Sie eine dieser Masken mit einem einfachen Texteditor, der das Rich-Text-Format (.rtf) unterstützt. Geeignet ist der Editor "**WordPad**".

Die Masken sind in Abschnitte aufgeteilt, diese Abschnitte beginnen jeweils mit einem "@:-Steuercode". Bitte ändern Sie diese Codes auf keinen Fall. Die Felder für die Variablen sind durch einen "#"-Steuercode gekennzeichnet.

Da die Formatierung von Tabellen mit Zeichen in proportionaler Schrift problematisch ist, empfehlen wir, für Tabellen eine Schrift mit festem Zeichenabstand zu wählen.

**Abschnitte '@:' / Variablen '#'**

@:definitions	Abschnitt für Inhalt und Ausdruck
Type::	MIKE
Version::	3.4
@:frontpage	Abschnitt für Produkt, Endresultate, Graphik und Kommentar
@:tests_header	Abschnitt für Kopf der Resultate-Tabelle
@:tests_table	Abschnitt für Inhalt der Resultate-Tabelle
@:tests_footer	Abschnitt für Fuss der Resultate-Tabelle
@:audit_header	Abschnitt für Kopf der Audit-Tabelle
@:audit_table	Abschnitt für Inhalt der Audit-Tabelle
@:audit_footer	Abschnitt für Fuss der Audit-Tabelle
@:curve	Abschnitt für Kopf der Kurve
@:end	Ende des Berichts

Globale Daten:	
#Plant	Ihre Firma
#Name	Ihr Labor / Name
#Product	Produkt
#File	Dateiname
#ADate	aktuelles Datum
#Graph_X	Graphen 0 & 1
#Info1	Auftraggeber
#Info2	Prüfgrund
#Info3	Produktdaten
#Info4	Staubvorbereitung
#Info5	Medianwert
#Notes	Kommentar
Einzelne Serien:	
#SSnr	Serie Nummer
#SCmg	Staubkonzentration (mg)
#SIE	Zündenergie
#SInd	Induktivität
#Stvs	Zündverzögerung, Sollwert
#Stve	Zündverzögerung, Istwert
#Slat	Zündung bei / (keine Zündung)
#SNote	Kommentar beim Test

Endresultate:	
#E_I1	MZE - mit Zündung, 1 mH
#E_I0	MZE - mit Zündung, 0 mH
#E_NI1	MZE - ohne Zündung, 1 mH
#E_NI0	MZE - ohne Zündung, 0 mH
#E2L1	E2 / 1 mH
#E2L0	E2 / 0 mH
#E1L1	E1 / 1 mH
#E1L0	E1 / 0 mH
#EsL1	Es / 1 mH
#EsL0	Es / 0 mH
#tvL1	tv / 1 mH
#tvL0	tv / 0 mH
#MZE_1	Mindestzündenergie / 1 mH
#MZE_0	Mindestzündenergie / 0 mH
#ES_1	Statistische Zündenergie / 1 mH
#ES_0	Statistische Zündenergie / 0 mH
Audit:	
#ANr	Test Nummer
#ADate	Datum
#ATime	Zeit
#ACaus	Grund
#AEVT	Ereignis
#AVAL	Wert

### 3.3.6 Audit

Info	Table	Graph	Audit
------	-------	-------	-------

no	date	time	cause	event	value
1	10.11.2015	10:27	wpsl	New file created	
2	10.11.2015	10:27	System	M3 - 9633	21001.14
3	10.11.2015	11:09	wpsl	Series added	1
4	10.11.2015	11:15	wpsl	Series added	2
5	10.11.2015	11:26	wpsl	Series added	3
6	10.11.2015	11:43	wpsl	Series added	4
7	10.11.2015	13:08	wpsl	Series added	5
8	10.11.2015	13:20	wpsl	Series added	6
9	10.11.2015	13:35	wpsl	Series added	7
10	10.11.2015	13:44	wpsl	Series added	8
11	10.11.2015	13:56	wpsl	Series added	9
12	10.11.2015	14:23	wpsl	Series added	10
13	11.11.2015	07:49	wpsl	Series added	11
14	11.11.2015	08:26	wpsl	Series added	12
15	11.11.2015	08:37	wpsl	Series added	13

username	signature	authorization
wpsl	wpsl	Administrator
JS	John Smith	Administrator

Alle Aktivitäten werden automatisch aufgezeichnet. Ein Beispiel:

- 1 Von *wpsl* wird eine neue Datei erstellt und damit ein neues Audit begonnen.
- 2 Die Daten der MIKE-Apparatur (Firmware und Seriennummer) werden übernommen.
- 3 ... Jede von *wpsl* hinzugefügte Serie wird protokolliert.



Die Audit-Daten sind redundant und kodiert in der MIKE-Datei gespeichert!

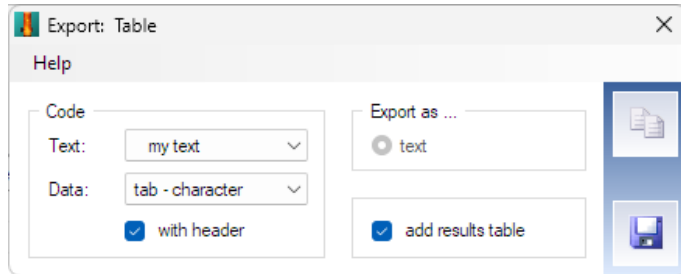
### 3.3.7 Export

---

Die wichtigsten Daten können sehr einfach in andere Programme exportiert werden.

Wählen Sie zuerst die zu exportierende Seite (*Info, Table, Graph, Audit*).

Das Export-Menu ist unter "*File / Export*".



*Text:* Soll der Text in Anführungszeichen stehen ?

*Data:* Mit welchem Zeichen werden Zahlenwerte getrennt ?

*with header:* Sollen die Spalten mit Überschriften versehen werden ?

*add results table:* Sollen die Resultate (E1, Es, E2 als Funktion von tv) hinzugefügt werden ?



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



Die Daten werden in eine Textdatei (\*.txt) exportiert.

### 3.4 Überprüfung des MIKE

#### 3.4.1 Serielle Schnittstelle (Tools / Check: Interface)

Dieses Testprogramm prüft die serielle Verbindung zwischen PC und MIKE. Es werden Daten an den MIKE gesendet (write), wieder vom MIKE gelesen (read) und mit den gesendeten Daten verglichen (failures).

Überprüfen Sie bei Problemen die Einstellungen von "Interface" in [3.2.4 Settings](#).

Write:	72	Read:	71
repeated	0	repeated	0

is:	failures	0
should be:		

Problem mit der Kommunikation ?

Prüfe Kabel und Stecker

Prüfe in [Settings](#) Com-Port Korrekt?

#### 3.4.2 Zündfunken (Tools / Check: Ignition)

Überprüfen Sie als nächstes den Funkensprung, ohne Staub, bei verschiedenen Zündenergien und mit bzw. ohne Induktivität:

<input checked="" type="checkbox"/> single tests <input checked="" type="checkbox"/> energy fixed <input checked="" type="checkbox"/> dust dispersion <input checked="" type="checkbox"/> check of cylinders	energy <input type="text" value="10 mJ"/> delay tv <input type="text" value="120 ms"/> inductance <input type="text" value="1 mH"/>	correct: <input type="text" value="0"/> no spark: <input type="text" value="0"/> other failures: <input type="text" value="0"/> <hr/> eff. ignition delay: <input type="text" value="-"/>
---	---	--

moving electrode	15 kV
------------------	-------

Wie auch bei der eigentlichen Versuchsdurchführung wird unterschieden zwischen der vorgegebenen Zündverzögerungszeit (delay tv = **tv set**) und der beim Funkensprung gemessenen Zeit (eff. ignition delay = **tv eff**). Das unterste Feld informiert Sie über die Art der Triggerung und die Ladespannung der Kondensatoren.



### Funkensprung:

Bei den kleinsten Zündenergien (1 mJ, 3 mJ) und Triggerung durch das Hochspannungs-Relais kann es gelegentlich vorkommen, dass die Energie des Funkens zu klein ist (Meldung: charge too low ? No spark ?). Bedingt z.B. durch den Coronastrom ging zuviel Ladung verloren. Die Funkenenergie war tatsächlich zu klein und die Fehlermeldung erfolgte zu Recht. In der praktischen Anwendung des MIKE - mit Staub - tritt dies wesentlich seltener auf - oder hat dann andere Ursachen: Verschmutzung der Elektroden und Isolatoren. Der Funkensprung wird durch das Staub-/Luft- Gemisch erleichtert. Bei den höheren Zündenergien darf mit 100% Funkensprung gerechnet werden.



### Fehlermeldungen:

• Door open:	Tür ist nicht korrekt verriegelt.
• Pressure too low:	Überprüfen Sie den Druckluftanschluss (7 bar ?)
• Charge too high ?	Der obere Grenzwert der Funkenüberwachung wurde überschritten. Es kann ein Gerätefehler vorliegen.
• Charge too low ?	Sind die Elektroden und Isolatoren sauber ?
• Deviation of tv	Triggerung durch Hochspannungs-Relais: Ist tv eff zu gross, so wurde der verspätete Funkensprung vermutlich durch elektrostatische Aufladung des Glasrohrs verursacht. Das Glasrohr ausbauen und mit Wasser ausspülen (Oberflächenwiderstand).
• Deviation of tv	Triggerung durch bewegte Elektrode: Ist tv eff zu gross, so liegt die Ursache üblicherweise in einer zu langsamen Bewegung des ME-Zylinders. Die Kolbenstange reinigen und ev. etwas einölen.
• Check: Cylinder ...	Die Position der Zylinder wird überwacht. Der angegebene Zylinder ist nicht in der korrekten Stellung. Den Druckregler für die Zylinder überprüfen (5 bar).



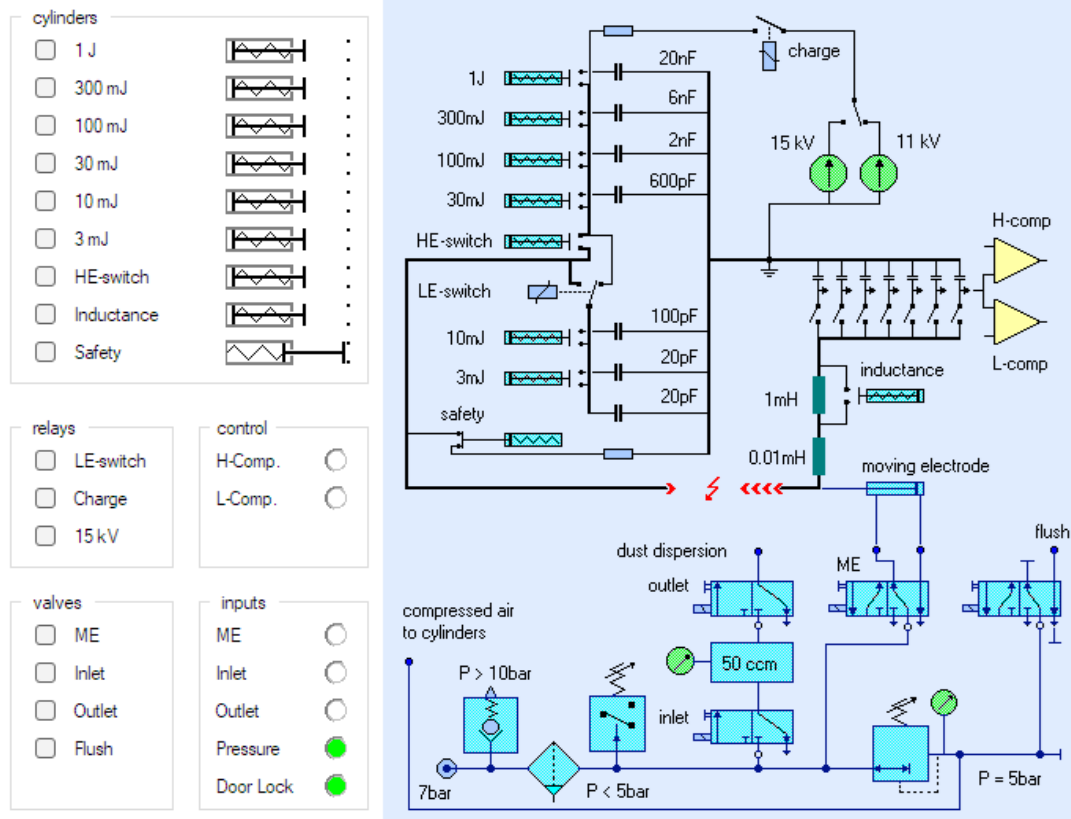
### Optionen:

• Single tests:	Es werden einzelne oder mehrere Tests durchgeführt.
• Energy fixed:	Energie und Induktivität sind wie vorgegeben.
• Dust dispersion:	Mit oder ohne Staubaufwirbelung.
• Check of cylinders:	Die Position der Pneumatikzylinder wird überwacht.
• Recording:	Aufzeichnung in eine Textdatei "ignition.txt".
• Change Triggering:	Prinzipiell kann die Art der Triggerung und die Ladespannung bei kleinen Energiewerten (1...10 mJ) geändert werden. Wir empfehlen jedoch die vorgegebenen Werte zu belassen.
• Change Voltage:	



### 3.4.3 Ein- und Ausgänge (Tools / Check: IO - Port)

Mit diesem Testprogramm für die detaillierte Fehlersuche haben Sie einen direkten Zugriff auf alle Zylinder, Ventile und Relais des MIKE.



#### Gruppe "cylinders"

Safety:	Inverser Zylinder: im Ruhezustand ist der HS-Ausgang geerdet
Induct.:	Hochspannungsschalter zur Überbrückung der 1 mH - Induktivität.
HE-Sw.:	Hochspannungsschalter: 30 mJ...1 J Sammelschiene / HS-Ausgang.
3 mJ...1 J:	Hochspannungsschalter der jeweiligen Energiestufe
	(Der Kondensator für den 1 mJ Funken ist immer zugeschaltet)

#### Gruppe "relays"

LE-Switch:	Hochspannungs-Relais
Charge:	Laderelais
15 kV:	Schalter: 11 / 15 kV

#### Gruppe "control"

H-Comp.:	Oberer Grenzwert
L-Comp.:	Unterer Grenzwert

#### Gruppe "valves"

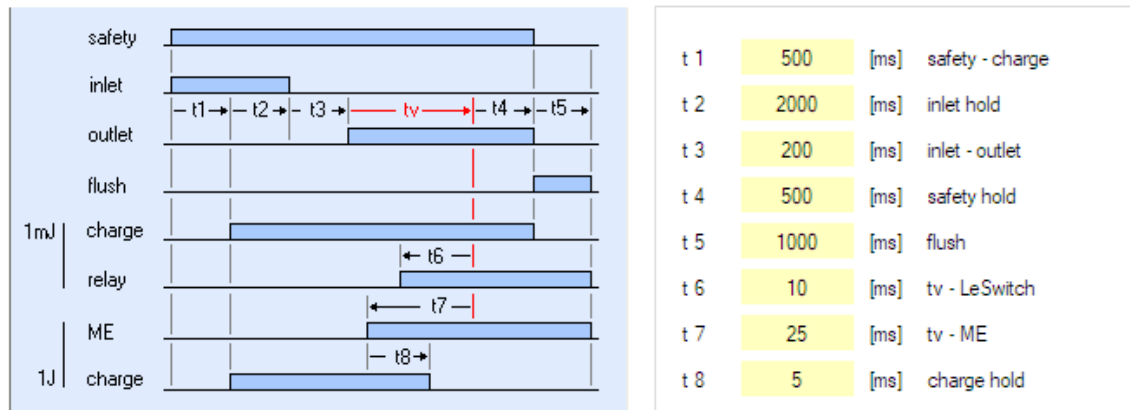
ME:	Bewegte Elektrode
Inlet:	Einlass Ventil
Outlet:	Auslass Ventil
Flush:	Spülung der ME

#### Gruppe "inputs"

ME:	Bewegte Elektrode
Inlet:	Einlass Ventil
Outlet:	Auslass Ventil
Pressure:	Drucküberwachung
Door Lock:	Türverriegelung

### 3.4.4 Zeitablauf (System / Timing)

Die Zeiten im Prüfablauf des MIKE sind in weiten Grenzen frei definierbar. Im Normalfall besteht keine Notwendigkeit diese Zeiten zu ändern, denn optimale Einstellungen sind bereits schon vorgegeben. Setzen Sie allenfalls mit der Taste "default" alle Zeiten auf diese optimalen Standard Werte.



- t 1** Zyklusstart: Nach Ablauf von dieser Zeit müssen alle Pneumatikzylinder ihre korrekte Position eingenommen haben.
- t 2** Öffnungszeit für das Einlassventil (Inlet): Gleichzeitig Ladezeit der Kondensatoren. Diese Zeit muss insofern ausreichend sein, um den Druckbehälter zu füllen und auch den grössten Kondensator sicher zu laden.
- t 3** Verzögerungszeit Einlass- Auslassventil (Inlet - Outlet): Das Einlassventil muss ganz geschlossen sein bevor das Auslassventil öffnet.
- t 4** Auslassventil Haltezeit
- t 5** Spülung: Die Halterung der bewegten Elektrode wird mit Druckluft gereinigt.
- t 6** Triggerung durch Hochspannungs-Relais: Diese Zeitvorgabe kompensiert die Schaltzeit des Relais so, dass der Funke zum gewünschten Zeitpunkt  $t_v$  springt.
- t 7** Triggerung durch bewegte Elektrode: Diese Zeitvorgabe kompensiert die mechanische Bewegungszeit der Elektrode so, dass der Funke zum gewünschten Zeitpunkt  $t_v$  springt.
- t 8** Laderelais Haltezeit: Diese Zeitvorgabe kompensiert die mechanische Verzögerung der bewegten Elektrode so, dass Ladungsverluste durch den Coronastrom verringert werden.

## 4. Kalibrierung / Prüfverfahren

Gemäss internationalen Normen (z.B. ISO-9000, GLP) müssen Prüfmittel periodisch durch Vergleich mit einem Normal oder einem Eich-Prüfmittel kalibriert werden. Diese Kalibrierung gilt sinngemäss auch für die MIKE-Apparatur für die Bestimmung der MZE. Deshalb wird mit der Apparatur ein Prüfstaub mit Prüfprotokoll geliefert. Wir empfehlen dringend, die folgenden Anweisungen Schritt für Schritt zu befolgen und die Explosionskenngrossen des Prüfstaubes zu bestimmen.

### 4.1 Vorbereitung

#### 4.1.1 Neue Datei öffnen



Bei Prüfungsbeginn mit einem neuen Staub wird jeweils eine neue Datei eröffnet. Der Dateinamen wird entweder vom Programm automatisch generiert (Identität + Datum) oder von Ihnen eingegeben. Siehe: [3.3.2 Dateien](#).

Info		Table		Graph		Audit	
product	Niacin USP						
tested by	Cesana AG						
filename	CAG_250318A.MIE						
created	18-Mrz-2025	status	unlocked				
customer							
reason	CaRo25						
origin	Arxada						
preparation	tel quel						
median	22um						
comment							

Wir empfehlen, nicht nur die Produktbezeichnung, sondern alle produktspezifischen Angaben (Auftraggeber, Prüfgrund, Probenvorbereitung, Medianwert usw.) in die entsprechenden Felder einzugeben. Dieser Text wird dann zusammen mit den Prüfergebnissen in der MIKE-Datei gespeichert.

#### 4.1.2 Staubvorbereitung für die Kalibrierung

---

Vergleichbare Resultate sind nur bei gleicher Staubvorbereitung möglich. Deshalb wurde der mitgelieferte Prüfstaub sorgfältig gemahlen, homogenisiert und dicht verpackt. Halten Sie den Behälter, wenn immer möglich, geschlossen.



Für die **Kalibrierung** muss die Prüfung im „**Anlieferungszustand**“ erfolgen.  
Bitte keinesfalls den Staub zusätzlich behandeln.



Für die Kalibrierung sind nur Versuche **mit Induktivität** (L = 1mH) ausführen.

#### 4.1.3 Prüfbedingungen

---



**Elektrodenabstand = 6 mm**

Mit der Taste "ME" (moving electrode) die bewegte Elektrode in die Arbeitsposition bringen und den Abstand zwischen der bewegten und der festen Elektrode mit der mitgelieferten Lehre auf 6 mm justieren (Gewindeverstellung der festen Elektrode). Toleranz = 6 bis 7 mm. Internationale Richtlinien verlangen einen Elektrodenabstand von mindestens 6 mm.



**Zerstäubungsdruck Pz = 7 bar (Überdruck)**

Die Druckluft für die Aufwirbelung des Staubes und für die Pneumatik der bewegten Elektrode muss auf 7 bar +/- 0.5 bar eingestellt werden.  
(Manometer Anzeige = 7 bar)

## 4.2 Prüfablauf

### 4.2.1 Versuchsdurchführung



Öffnen Sie das Fenster „Next Series“ durch Klicken auf dieses Symbol oder durch Drücken der „Eingabe“-Taste.

1. Die Parameter der neuen Serie am Bildschirm eingeben: Die Werte der vorher gewählten Serie werden dabei als Vorgabe verwendet.
2. Das Verteilstück herausziehen und den Staub gleichmässig um den Pilz verteilen.  
Variante: Den Staub von oben in das Rohr eingeben. Dabei ist aber zu beachten, dass möglichst wenig Staub auf den Elektroden liegen bleibt.
3. Türe schliessen und verriegeln.
4. Die Serie durch "OK" oder durch die "Eingabe"-Taste starten.
5. Den Versuch beobachten.

#### Der Staub wurde entzündet:

6. Dies durch die Schaltfläche „Yes“ oder die „Y“-Taste bestätigen.
7. Die Türverriegelung am MIKE entsichern.
8. Grobe Vorreinigung der Apparatur mit Druckluft durch mehrmaliges und wechselweise Öffnen des Einlass- (I) und Auslass- (O) Ventils.
9. Türe ganz öffnen. Die Rückstände absaugen und dabei das Glasrohr, den Pilz und die Elektroden reinigen.

### Der Staub wurde nicht entzündet:

6. Mit "No" oder der "Eingabe"-Taste den nächsten Versuch starten. Der zurückgebliebene Staub wird wieder aufgewirbelt und allenfalls entzündet.



Bei jeder Aufwirbelung entweicht ein Anteil vom Staub durch den Klappdeckel. Ein weiterer Staubanteil bleibt an der Rohrwandung und an den Elektroden haften. Die aufgewirbelte Staubmenge wird dadurch immer geringer. Erfahrungsgemäss sind bis zu 4 Versuche mit der gleichen Staubbefüllung sinnvoll, denn die Staubkonzentration ist im MIKE nur eine relative Grösse. Wir empfehlen, unabhängig von der Staubkonzentration, die folgende Reihenfolge einzuhalten:

<b>3</b>	Versuche	(siehe 6.)
-	Reinigung	(siehe 7. - 9.)
-	neue Staubprobe	(siehe 2.)

<b>3</b>	Versuche	(siehe 6.)
-	Reinigung	(siehe 7. - 9.)
-	neue Staubprobe	(siehe 2.)

<b>4</b>	Versuche	(siehe 6.)
----------	----------	------------

### Fehlermeldungen:

#### **Charge too low ? No spark ? ( Ladung zu klein ? Kein Funken ? ):**

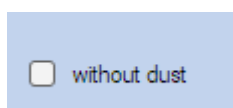
Die Elektroden und Isolatoren gut reinigen und allenfalls den Elektrodenabstand überprüfen. Haftet elektrostatisch geladener Staub am Glasrohr, so erschwert das dadurch aufgebaute elektrische Feld den Funksprung. Der Funke springt verzögert und seine Energie ist, bedingt durch Coronalverluste, oft auch zu gering. Das Glasrohr muss mit Wasser ausgespült werden (Verringerung des Oberflächenwiderstandes). Danach mit einer frischen Staubbefüllung den nächsten Versuch starten.

#### **Deviation of $t_v > 10\text{ ms}$ ( Abweichung von $t_v > 10\text{ ms}$ ):**

Bei Triggerung durch bewegte Elektroden (10mJ ... 1J) ist vermutlich die Mechanik verschmutzt und verklebt. Die Kolbenstangen reinigen und ev. etwas einölen. Mit der Taste "ME" den Kolben mehrmals betätigen.

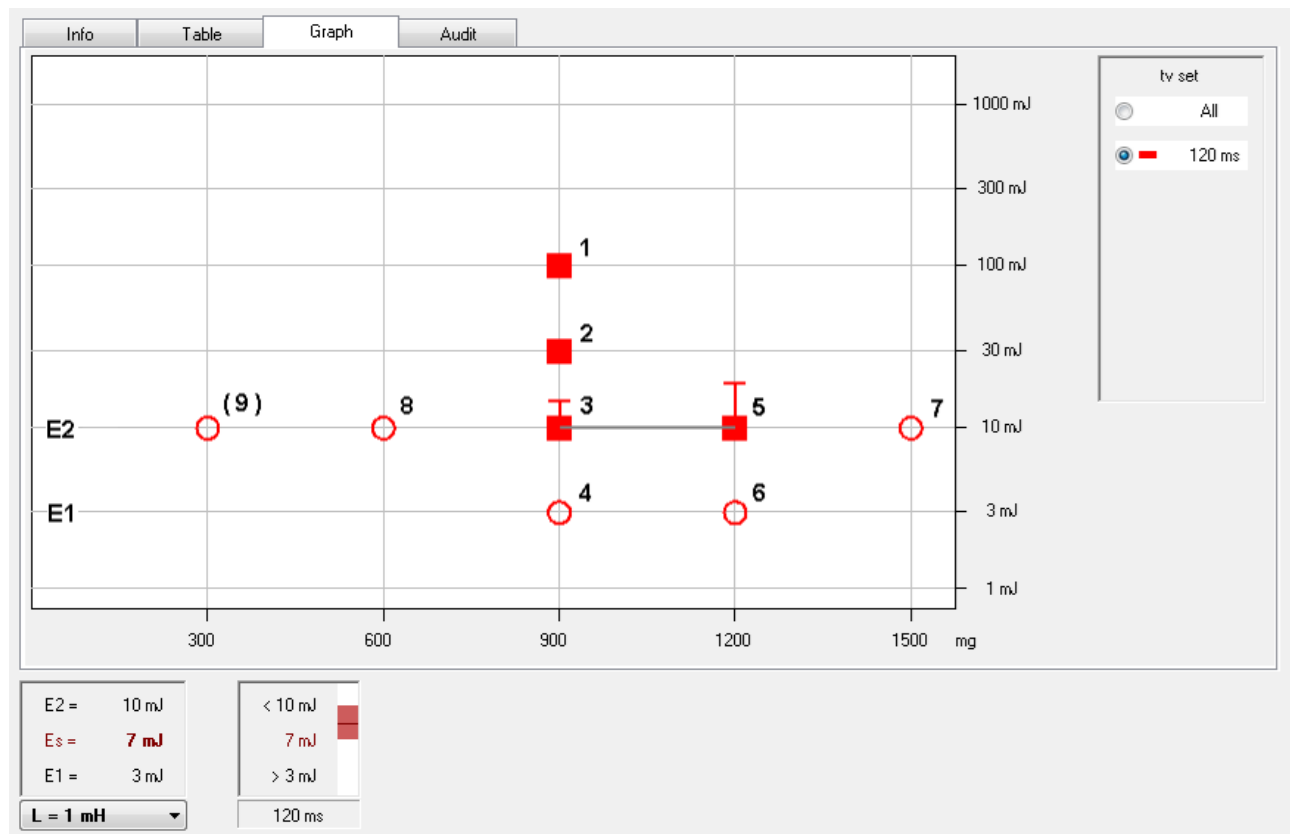
Bei Triggerung durch das Hochspannungs-Relais (1mJ, 3mJ) ist die Ursache für den verzögerten Funksprung im aufgebauten elektrischen Feld zu suchen. Das Glasrohr muss mit Wasser ausgespült werden.

### Überprüfung des Funksprungs:



Sie können jederzeit das normale Prüfverfahren durch die Auswahl "spark only" unterbrechen. Der Staub wird dabei nicht aufgewirbelt - er braucht insofern nicht abgesaugt zu werden. Durch die Auswahl "with dust" kehren Sie wieder zum normalen Prüfablauf zurück.

### 4.2.2 Graphik der Resultate



Angezeigt werden jeweils die Serien **mit Zündung** des Staubes (**gefüllte Quadrate**) und die Serien **ohne Zündung** des Staubes (**leere Kreise**). Die vertikalen Zeiger (T-förmig) geben einen Hinweis darauf wie viele Einzelversuche notwendig waren bis der Staub entzündet wurde (niedrige Zündwahrscheinlichkeit). Wurde der Staub beim ersten Versuch entzündet (hohe Zündwahrscheinlichkeit), so entfällt der vertikale Zeiger.

### Beispiel zu Prüfverfahren

- 1 Beginnen Sie mit einer Staubeinwaage von 900mg, einer Zündverzögerungszeit von 120ms und einer Zündenergie mit hoher Zündwahrscheinlichkeit z.B. 100mJ.
- 2,3,4 Die Energie verringern, bis der Staub in **10** Versuchen nicht mehr entzündet wird.
- 5,7,8 Bei der Energie (E2), bei der noch eine Zündung aufgetreten ist, die Versuche mit grösserer und kleinerer Staubkonzentration weiterführen.
- 4,6 Alle Staubkonzentrationen bei denen bei der Energie (E2) eine Zündung beobachtet wurde müssen durch 10 Nichtzündungen bei der Energie (E1) bestätigt werden.
- <9> Für die Kalibrierung sind zur Berechnung der Zündwahrscheinlichkeit mindestens **5** verschiedene Staubkonzentrationen erforderlich.



Die ganze Prozedur muss anschliessend mit unterschiedlichen Zündverzögerungszeiten tv wiederholt werden, um die tatsächlich niedrigste Zündenergie bei der, für den geprüften Staub optimalen Zündverzögerungszeit, zu finden.

### 4.2.3 Tabelle der Resultate

Info	Table	Graph	Audit					
	sn	conc.	IE (mJ)	tv set	tv eff	L(mH)	I (NI)	comment
<input checked="" type="checkbox"/>	1	900	3	120	120	1	3	
<input checked="" type="checkbox"/>	2	600	3	120	120	1	3	
<input checked="" type="checkbox"/>	3	300	3	120	121	1	1	
<input checked="" type="checkbox"/>	4	150	3	120	120	1	(10)	
<input checked="" type="checkbox"/>	5	1200	3	120	120	1	1	
<input checked="" type="checkbox"/>	6	1500	3	120	120	1	3	
<input checked="" type="checkbox"/>	7	1800	3	120	120	1	5	
<input checked="" type="checkbox"/>	8	2400	3	120	120	1	4	
<input checked="" type="checkbox"/>	9	300	1	120	120	1	(10)	
<input checked="" type="checkbox"/>	10	600	1	120	120	1	(10)	
<input checked="" type="checkbox"/>	11	900	1	120	120	1	(10)	
<input checked="" type="checkbox"/>	12	900	1	120	120	1	(10)	
<input checked="" type="checkbox"/>	13	1200	1	120	121	1	(10)	
<input checked="" type="checkbox"/>	14	1500	1	120	120	1	(10)	
<input checked="" type="checkbox"/>	15	1800	1	120	120	1	(10)	
<input checked="" type="checkbox"/>	16	2400	1	120	121	1	(10)	

E2 = 3 mJ  
Es = 1.3 mJ  
E1 = 1 mJ  
L = 1 mH

< 3 mJ  
1.3 mJ  
> 1 mJ  
120 ms

#### Bezeichnungen:

<b>sn</b>	= fortlaufende Nummerierung der Testserien
<b>conc.</b>	= Staubeinwaage in mg
<b>IE [mJ]</b>	= Zündenergie
<b>tv set</b>	= eingestellte Zündverzögerungszeit (Sollwert) in ms
<b>tv eff</b>	= gemessene Zündverzögerungszeit (Istwert) in ms
<b>L [mH]</b>	= Induktivität (0 mH bzw. 1 mH)
<b>I</b>	= Entzündung bei dem angegebenen Versuch
<b>(NI)</b>	= keine Entzündung des Staubes nach: (Anzahl der Nichtzündungen)

#### Bearbeitung der Tabelle:



dieser Versuch ist gültig und wird ausgewertet (Wechsel durch Klick auf dieses Feld)

### 4.2.4 Vergleich mit den Referenzwerten

Vergleichen Sie zum Schluss der Kalibrierung Ihren Wert für die statistische Zündenergie (Es) mit dem mit dem Prüfstaub mitgelieferten Referenzwert. Ihr Resultat muss im vorgegebenen Toleranzband liegen.



## 4.3 Allgemeines Prüfverfahren

---

### 4.3.1 Probenvorbereitung

---

Niedrigstwerte für die MZE eines Produktes werden erreicht, wenn die Probe trocken und in feiner Kornfraktion untersucht wird. Deshalb ist die Probenvorbereitung von grosser Bedeutung.

Das Produkt muss durch eine der folgenden Methoden sorgfältig getrocknet werden:

- a) 24 Std bei 50°C unter Vakuum
- b) 24 Std bei 75°C unter Atmosphärendruck



Die Probe muss so vorbereitet sein, dass der Medianwert **M < 63 µm** ist.

Die MZE wird durch die Korngrössenverteilung stark beeinflusst (siehe 1.2.3), deshalb müssen die Korngrössenverteilung und der dazugehörige Medianwert M immer bestimmt und im Prüfbericht angegeben werden.

Unter Umständen darf die Untersuchung auch im Anlieferungszustand erfolgen.

### 4.3.2 Prüfablauf

---

1. Beginnen Sie mit einer Staubeinwaage von 900mg, einer Zündverzögerungszeit von 120ms und einer Zündenergie mit hoher Zündwahrscheinlichkeit.
2. Die Energie verringern, bis der Staub in **10** Versuchen nicht mehr entzündet wird.
3. Bei der Energie (E2), bei der noch eine Zündung aufgetreten ist, die Versuche mit grösserer und kleinerer Staubkonzentration weiterführen.
4. Alle Staubkonzentrationen bei denen bei der Energie (E2) eine Zündung beobachtet wurde müssen durch 10 Nichtzündungen bei der Energie (E1) bestätigt werden.



Die ganze Prozedur muss anschliessend mit unterschiedlichen Zündverzögerungszeiten tv wiederholt werden, um die tatsächlich niedrigste Zündenergie bei der, für den geprüften Staub optimalen Zündverzögerungszeit, zu finden.



Der gesamte Prüfablauf wird üblicherweise für jeden Staub zweimal durchgeführt: Einmal **mit** Induktivität, der Funken wird dadurch zeitlich gedehnt, und einmal **ohne** Induktivität.

## 5. Fehlerbehebung



### 5.1 Fehlermeldung: Ladung zu klein? Kein Funken? (*Charge too low? No spark?*)

Die Elektroden und Isolatoren gut reinigen und allenfalls den Elektrodenabstand überprüfen. Haftet elektrostatisch geladener Staub am Glasrohr, so erschwert das dadurch aufgebaute elektrische Feld den Funkensprung. Der Funke springt verzögert und seine Energie ist, bedingt durch Coronaverluste, oft auch zu gering. Das Glasrohr muss mit Wasser ausgespült werden (Verringerung des Oberflächenwiderstandes). Danach mit einer frischen Staubbüllung den Versuch wiederholen.



### 5.2 Fehlermeldung: Ladung zu gross? (*Charge too high?*)

Die interne Funkenüberwachung meldet, dass die durch den Funken übertragene Ladung und somit die Energie zu hoch war. Tritt dieser Fehler bei nur einem Energiewert und wiederholt auf, so besteht der Verdacht auf einen defekten Hochspannungskondensator!



### 5.3 Fehlermeldung: Abweichung von $t_v > 10 \text{ ms}$ (*Deviation of $t_v > 10 \text{ ms}$* )

Bei Triggerung durch bewegte Elektroden (10mJ ... 1J) ist vermutlich die Mechanik verschmutzt und verklebt. Die Kolbenstangen reinigen und ev. etwas einölen. Mit der Taste "ME" den Kolben mehrmals betätigen.

Bei Triggerung durch das Hochspannungs-Relais (1mJ, 3mJ) ist die Ursache für den verzögerten Funkensprung im aufgebauten elektrischen Feld zu suchen. Das Glasrohr muss mit Wasser ausgespült werden (Verringerung des Oberflächenwiderstandes). Danach mit einer frischen Staubbüllung den Versuch wiederholen.



### 5.4 Fehlermeldung: Check: Cylinder ...

Jeder Zylinder besitzt einen Positionssensor und die Stellung des Zylinders wird überwacht. Zur weiteren Diagnose mit dem Programm **3.4.3 Ein- und Ausgänge (Tools / Check: IO - Port)** den fraglichen Zylinder aktivieren und deaktivieren. Ändert sich dabei die Positionsanzeige?

- a) Der Positionssensor ist dejustiert oder defekt.
- b) Der Zylinder erreicht nicht die geforderte Position.

Für die weitere Diagnose empfiehlt sich eine visuelle Inspektion. Siehe: **Service - Manual**



### 5.5 Die MZE ist höher als erwartet

Verwenden Sie synthetische Druckluft? Dies ist unzulässig!

Ist die Staubprobe agglomeriert oder feucht geworden? Siehe: **4.3.1 Probenvorbereitung**

## 6. Literatur

Pellmont, G.	Explosions- und Zündverhalten von hybriden Gemischen aus brennbaren Stäuben und Brenngasen, Diss. ETH Zürich Nr. 6498, 1979
BG-RL	Richtlinie für die Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen - Richtlinie "Statische Elektrizität" - ZH 1/200, Ausgabe 4, 1980
Glarner, Th.	Temperatureinfluss auf das Explosions- und Zündverhalten brennbarer Stäube, Diss. ETH Zürich Nr. 7350, 1983
Van Laar, G.F.M.	"Influence of moisture content on the minimum ignition energy (MIE) of dust/air mixtures". Report on the working group Minimum Ignition Energy, Prins Mautits Laboratorium TNO, November 1983
Glarner, Th.	Mindestzündenergie - Einfluss der Temperatur - VDI-Berichte, 494, S. 109-118, VDI-Verlag Düsseldorf, 1984
Bartknecht, W.	Untersuchung des Explosions- und Zündverhaltens brennbarer Stäube und hybrider Gemische, Schriftenreihe Humanisierung des Arbeitslebens, Band 64, VDI Verlag Düsseldorf, 1985
VDI-Fortschr. Bericht:	Bestimmung der Mindestzündenergie von Staub/Luft -Gemischen, VDI Reihe 3, Nr. 134, VDI Verlag Düsseldorf, 1987
Lüttgens G, Glor, M.	Understanding and Controlling Static Electricity. Expert Verlag, Ehningen bei Böblingen, 1989
Bartknecht, W.	Dust-Explosions, Course, Prevention, Protection. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 1989
Eckhoff, R.K.	Dust Explosions in the Process Industries, Butterworth-Heinemann Ltd., Oxford, 1991
IEC	International Electrotechnical Commission, Electrical apparatus for use in the presence of ignitable dust, Part 2: Test Methods, Section 3: Method for determining the minimum ignition energy of dust/air mixtures, 1992
Bartknecht, W.	Explosionsschutz; Grundlagen und Anwendung, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1993
Siwek, R. Cesana, Ch.	Ignition behaviour of Dusts, 28th Loss Prevention, Atlanta, 1994
Jaeger, N. Siwek, R:	Prevent Explosions of Combustible Dusts, Chemical Engineering Progress, Vol. 95/No. 6, June 1999
EN 13821	Explosionsfähige Atmosphären - Explosionsschutz - Bestimmung der Mindestzündenergie von Staub/Luft-Gemischen November 2002