



REMBE® Research+Technology Center GmbH

# EXPLOSIONS- PRÜFUNGEN UND LABORPRÜFGERÄTE

Unsere Expertise  
schafft Sicherheit



Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-PL-21054-01-00



Pembe

BODSTEIN SCHWALBE



**REMBE®** Research+Technology Center GmbH

## Anlagensicherheit und Prozessoptimierung

### Wir sind Ihr Partner für Anlagensicherheit und Prozessoptimierung

Als Zentrum für Explosionsprüfungen prüfen wir Ihre Anlagenkomponenten und Materialien auf Explosionssicherheit und bestimmen für Sie sicherheitstechnische Kenngrößen. Dabei unterstützen wir Sie bei der Entwicklung von Versuchsaufbauten und führen alle notwendigen Prüfungen für Sie durch um die Funktionssicherheit Ihrer Anlage festzustellen. Bei der Zertifizierung von Schutzsystemen erfolgt der gesamte Vorgang immer in Absprache mit einer benannten Stelle (Notified Body).

Sie führen selbst Prüfungen durch und benötigen das passende Laborgerät? Wir statten Sie gerne mit passenden Laborgeräten, individuell an Ihre Anforderungen angepasst, aus.

**Profitieren Sie von mehr als 50 Jahren Erfahrung im Explosionsschutz weltweit. Sprechen Sie uns an, wir beraten Sie gerne.**

# Consulting

## Beratung und Vor-Ort Analyse kritischer Prozesse

Ein weiteres Spezialgebiet unseres Portfolios ist die Beratung und Vor-Ort Analyse kritischer Prozesse. Wir verfügen über mehr als 30 Jahre Erfahrung in der Beratung im Bereich Explosionsschutz und machen Ihre Prozesse sicherer. Von Schadensbegutachtungen über Risikoanalyse bis hin zu gezielten Fehlerbehebungen - unsere Vor-Ort Analyse sorgt für wirtschaftlichere Prozesse und ein sicheres Arbeitsumfeld.

Wir sind spezialisiert auf schnelle exotherme Prozesse in den Bereichen Energiebereitstellung, Erzeugung, Speicherung und Anwendung.

**Kontaktieren Sie uns für einen Termin vor Ort.**

Besuchen Sie unsere Website für detaillierte Informationen oder sprechen Sie uns an.

**Dipl.-Ing. Roland Bunse,  
Managing Director**

**Chief Research +  
Consulting Officer**

+49 2961 7405-390

[rembe-rtc.de](http://rembe-rtc.de)



# UNSERE PRÜFLEISTUNGEN

Wir prüfen Ihre Anlagen und Materialien  
auf „Herz und Nieren“

Indoor-Druckentlastung Q-Box

# Bestimmung sicherheitstechnischer Kenngrößen

## Eine wesentliche Voraussetzung für einen sicheren Produktionsprozess

Die für den Brand- und Explosionsschutz relevanten Eigenschaften brennbarer Stoffe werden durch sicherheitstechnische Kenngrößen charakterisiert. Diese sind quantitative Aussagen über Stoffeigenschaften, die für die Beurteilung von Brand- und Explosionsgefahren und für die Festlegung von Schutzmaßnahmen maßgebend sind.

### Diese Kenngrößen sind besonders relevant für:

- Anlagenbetreiber, die eine Auswahl und Bewertung von Explosionsschutzmaßnahmen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach der GefStoffV/ BetrSichV (Explosionsschutzdokument) durchführen.
- Hersteller staubförmiger Produkte (Schüttgüter), die nach der GefStoffV Angaben im Sicherheitsdatenblatt unter dem Abschnitt „Physikalische und chemische Eigenschaften“ zur Staubexplosionsgefahr machen.
- Anlagenbauer und Planer, die ein Explosionsschutzkonzept im Rahmen ihres Engineerings festlegen.

### Folgende Kenngrößen können von der REMBE® Research+Technology Center GmbH (RTC) überprüft werden:

#### Explosionsfähigkeit

- Siebanalyse
- Feuchtebestimmung
- Explosionsfähigkeit
- Untere Explosionsgrenze (UEG)

#### Vermeidung explosionsfähiger Atmosphäre

- Sauerstoffgrenzkonzentration

#### Vermeidung von Zündquellen

- Brennzahl (BZ)
- Glimmtemperatur
- Zündtemperatur
- Mindestzündenergie (MZE)
- Selbstentzündungstemperatur (Greuer/ Warmlager Versuche)
- Spezifischer Durchgangswiderstand
- Schlagempfindlichkeit (nach Lütolf)

#### Konstruktiver Explosionsschutz

- Max. Explosionsdruck  $p_{max}$
- Max. zeitlicher Druckanstieg  $(dp/dt)_{max}$ ; KSt-Wert

# Explosionsprüfung

## Normgerechte Prüfungen im Originalmaßstab

Im Rahmen der Entwicklung und Zertifizierung von Explosionsschutzsystemen werden Explosionsprüfungen durchgeführt, um die Funktionssicherheit festzustellen. Komponenten, Baugruppen, Gehäuse oder Schutzsysteme werden am RTC geprüft. In der jeweiligen Entwicklungsphase können Forschung, Validierung oder Zertifizierung des Prüfgegenstandes vorgenommen werden. Bei der Zertifizierung von Schutzsystemen erfolgt der gesamte Vorgang immer in Absprache mit einer benannten Stelle (Notified Body).

### Prüfeinrichtungen

Für explosionstechnische Untersuchungen an Bauteilen stehen Prüfeinrichtungen in verschiedensten Größen mit hohen Druckfestigkeiten zur Verfügung. Eine große Auswahl an Rohrleitungen und Anlagenbauteilen können zur Prüfung bereitgestellt werden, um so den realen Einbauzustand zu verifizieren.

### Prüfungen im nicht-atmosphärischen Bereich

Aufgrund der hohen Behälterfestigkeiten (PN 16/25) können auch Prüfungen im nicht-atmosphärischen Bereich (z. B. erhöhter Verfahrensdruck) durchgeführt werden. Untersuchungen zu besonderen verfahrenstechnischen Bedingungen sind aufgrund unserer jahrzehntelangen Erfahrung im Explosionsschutzbereich ein Spezialgebiet des RTC.

### Staubexplosionsuntersuchungen an Schutzsystemen

Zur Überprüfung des gewünschten Anwendungsbereichs (Intended Use) stehen diverse Prüfmedien zur Verfügung. Für Staubexplosionsuntersuchungen an Schutzsystemen können Stäube von ST 1 bis ST 3, Metallstäube, faserige Produkte oder schmelzende Stäube, (z. B. eine Forderung der DIN EN 16009) bereitgestellt werden. Gase der Explosionsgruppen I (z. B. Methan), IIA (z. B. Propan), IIB (z. B. Ethylen) oder IIC (z. B. Wasserstoff) sind permanent bevorratet. Die Erzeugung hybrider Gemische unterschiedlichster Zusammensetzung aus diesem breiten Portfolio ist auf Kundenwunsch herstellbar.



### Ihre Vorteile auf einen Blick

- Profitieren Sie von **jahrzehntelanger Erfahrung** und lassen Sie sich Ihr individuelles Schutzkonzept erstellen
- **Material- und Kostenersparnis** durch effiziente Auslegung von komplexen Anlagen mit Hilfe von Explosionsprüfungen

### Normen und Vorgehensweisen

Folgende Normen und dementsprechende Vorgehensweisen sind im Rahmen der Akkreditierung DIN EN ISO/IEC 17025:2018 abgedeckt:

- Prüfung von Gehäusen, Geräten, Apparaten und Behältern gemäß DIN EN 14460 „Explosionssichere Geräte“
- Prüfung von Explosionsdruckentlastungssystemen gemäß DIN EN 14797 „Einrichtungen zur Explosionsdruckentlastung“
- Prüfung von flammenlosen Druckentlastungssystemen gemäß DIN EN 16009 „Einrichtungen zur flammenlosen Explosionsdruckentlastung“
- Prüfung von Explosions-Unterdrückungssystemen gemäß DIN EN 14373 „Explosions-Unterdrückungssysteme“
- Prüfung von Schiebern, Ventilen, Zellenrad-schleusen, etc. gemäß DIN EN 15089 „Explosionsentkopplungssysteme“
- Prüfung von Rohrleitungsentkopplungen gemäß DIN EN 16020 „Explosionsschlote“
- Prüfung von Rückschlagklappen gem. DIN EN 16447:2014 „Rückschlagklappen“

## Funktionssicherheit

### Überprüfen von Baugruppen – Zusammenspiel und Wechselwirkung

Geräte und Baugruppen, die während einer Explosion eine bestimmte Funktion ausführen sollen, können am RTC auch unter realen Bedingungen getestet werden. Diese Fragestellung tritt häufig bei Bauteilen zur explosionstechnischen Entkopplung auf. Standardisierte Verfahren nach DIN EN 15089 (→ Explosionsprüfung) sind im Scope des RTC. Sollen aber auch verfahrenstechnische Maßnahmen geprüft werden, ist eine Untersuchung oftmals die einzige Lösung.

Anlagenbauer aus ganz Europa haben diese Erfahrungen mehrfach mit dem RTC gemacht und wissen diesen Vorteil zu schätzen.

#### Beispiele aus der Prüfungshistorie sind:

- Zellenradschleuse mit Produktvorlagen
- Stopfschnecken
- Flammendurchschlagsicherheit von Filtermedien uvm.

#### Ihr Vorteil auf einen Blick

**Einsparung von teuren Schutzsystemen durch den Nachweis der Funktionssicherheit**

## Brandversuche

### Abnahmen und Prüfungen nach Kunden- und Betreiberanforderungen

#### Ihr Vorteil auf einen Blick

**Zeit- und Kostenersparnis** durch Prüfung von Löschesystemen vor bestimmungsgemäßer Verwendung

Die Anforderungen an den baulichen Brandschutz sind in den letzten Jahren immer weiter gestiegen. Individuelle Branduntersuchungen sind sinnvoll, nicht zuletzt unter der Betrachtung, dass sich in vielen Sonderbauten wie etwa Krankenhäusern, Pflegeeinrichtungen aber auch Produktionsstätten der Industrie mehrere hundert Menschen aufhalten sowie Sachwerte von mehreren Millionen Euro verbaut sind bzw. dort lagern.

Zum Schutz dieser Gebäude sind Gefährdungsbeurteilungen nötig bzw. werden in einem **Brand-schutzkonzept** der jeweiligen Bauordnung erstellt. Ein Teil dieser Konzepte sind die Brandprüfungen.

Das RTC führt im Auftrag unserer Kunden Realbrandversuche mit diversen Aufgabenstellungen durch. So wurden in der Vergangenheit z. B. Abbrandprüfungen mit unterschiedlichen brennbaren Kältemitteln durchgeführt, um Erkenntnisse für Gefährdungsbeurteilungen nutzen zu können.

Vor dem Hintergrund, dass diverse Löschesysteme für Brände auf dem Markt sind, können diese außerhalb deren bestimmungsgemäßen Verwendung auf Wirksamkeit effizient und ohne großen Zeitverzug am RTC überprüft werden.





## Thermal Runaway einer Lithium-Ionen-Batterie

### Prüfungen auf Zell, Modul oder Systemebene

Im Falle des Thermal Runaway einer Lithium-Ionen-Batterie kommt es oftmals zu einem Kurzschluss innerhalb der Batteriezelle. Durch diesen Kurzschluss entsteht ein Lichtbogen und Wärme. Durch diese Phänomene wird das Elektrolyt, welches in der Batterie vorhanden ist, zur Verdampfung gebracht.

Diese Dämpfe/Gase sind leicht entzündlich und können bei Vorhandensein einer Zündquelle zu einem Brand oder zu einer Explosion führen. Jedoch hängen diese Reaktionen sehr stark von dem Ladezustand der Batterie ab. Dieser Ladezustand wird auch State of Charge (kurz SOC) genannt. Je höher dieser SOC ist, desto heftiger und schneller verläuft in der Regel diese Reaktion.

**Die Brand- und Explosionsgefahr von Energiespeichern** wie z. B. Li-Ionen-Batterien ist kritisch zu betrachten. Insbesondere in Großspeichern kommen große Energiedichten zusammen, die thermisch und elektrisch beherrscht werden müssen. Die Anordnung der Speichermodule und die richtige Platzierung von Schutzkonzepten bedarf eines hohen Know-hows. RTC hat eine Reihe von Untersuchungen begleitet und gibt Empfehlungen zur Ausführung von Schutzmaßnahmen. Das gilt sowohl für stationäre Anlagen wie auch mobile Konzepte im Rail,- Truck oder Automotive Sektor.

## Lichtbogenentladungen

### Präzise Explosionsprüfungen zur Simulation von Störlichtbogenentladungen

Die sogenannten Störlichtbogenentladungen gefährden Anlagen im Hoch- bzw. Mittelspannungsbereich, aber auch im Niederspannungsbereich. Vorbeugende Maßnahmen, wie z. B. SF6 Überlagerung und Abschaltssystem sind gängige Praxis, um Gehäuse und Schaltanlagen vor den immensen Energien zu schützen.

Durch die ungewollte Erzeugung eines Störlichtbogens werden große thermische Belastungen und hohe Drücke im Innern der Anlage erzeugt. Das führt zu Schäden an der Umhausung und letztlich zu Flammenaustritten bis hin zur kompletten Zerstörung der Anlage. Zur Entwicklung wirksamer Schutzmaßnahmen müssen diese Störfälle nachgebildet werden. Dafür sind hohe elektrische Leistungen und teure Prüfstände notwendig.

Im Rahmen intensiver Forschungsarbeiten wurden Prüfverfahren am RTC entwickelt, die die Druckbelastungen und den Durchtritt von Flammen im Vergleich zu elektrischen Störlichtbogen nachbilden können. Die Verfahren ermöglichen mit geringem Aufwand eine Beurteilung zur Sicherheit der Gesamtanlage. Dies ist besonders gefragt bei Grundsatzuntersuchungen oder Modifikationen an bestehenden Systemen. Prüfungen dieser Art können verhältnismäßig schnell und unkompliziert durchgeführt werden.

#### Ihr Vorteil auf einen Blick

**Schnelle, unkomplizierte** Beurteilung zur Sicherheit der Gesamtanlage durch eigens entwickelte Prüfverfahren

## Druckprobe

### Herrschen in Ihren Anlagen prozessbedingt hohe Drücke oder können diese im Havariefall spontan auftreten?



Welche Auswirkungen haben diese Ereignisse auf die Integrität des Gesamtsystems? Nicht alle Bauteile können aufgrund ihrer Geometrie, Werkstoffpaarung oder Einsatztemperatur eindeutig berechnet werden. Eine Lösung stellt hier die Druckprobe dar. Diese kann hydraulisch, also rein mit Flüssigkeitsbeaufschlagung oder in Sonderfällen auch mit gasförmigen Medien durchgeführt werden.

Für explosionsfeste Geräte kommt zusätzlich auch die Beaufschlagung mittels Explosion hinzu. Diese wird normkonform gem. DIN EN 14460 am RTC durchgeführt. Die Explosionsprüfungen unterstützen bei der Auslegung von komplexen Anlagen und helfen Material und unnütze Sicherheitszuschläge einzusparen. Für den Großanlagenbau wurden durch dieses Verfahren bereits komplexe Finite Elemente Berechnungsverfahren (FEM) validiert bzw. optimiert.

A large, spherical, stainless steel explosion testing chamber is the central focus of the image. It is mounted on a metal frame and has various pipes, valves, and gauges attached to it. A large, flexible, grey duct is connected to the top of the chamber. In the background, there is a white cabinet with a glass door, containing more laboratory equipment. The overall scene is a professional laboratory environment.

# UNSERE LABORPRÜFGERÄTE

Präzise Performance  
und einzigartiger Support

Sie führen selbst Explosionsprüfungen durch und benötigen professionelle Laborprüfgeräte für höchste Qualitätsanforderungen?

Wir prüfen nicht nur Ihre Materialien und Anlagen, wir statten Ihr Labor auch mit unseren professionellen Mess- und Prüfgeräten aus.

# MIKE – Mindestzündenergie-Apparatur

In Zusammenarbeit mit



## Apparatur zur Bestimmung der Mindestzündenergie von Staub/Luft-Gemischen

Unter Mindestzündenergie (MZE) versteht man den niedrigsten Energiewert, den eine Hochspannungs-Kondensatorentladung aufbringen muss, um das zündwilligste Staub/Luft-Gemisch zur Entzündung zu bringen.

### Funktionsweise

Als Explosionsgefäß wird ein modifiziertes Hartmannrohr aus Glas mit einem Volumen von 1,2 Liter verwendet. Das Staubverteilungssystem am Boden des Rohrs 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.

### Messbereich

Untersuchungen zeigten, dass Staub/Luft-Gemische durchaus MZE-Werte von weniger als 10 mJ aufweisen können. Der Messbereich des MIKE wurde deshalb speziell für die kleinen Zündenergien ausgelegt. Durch pneumatisch betätigte Hochspannungsschalter sind die parasitären Kapazitäten vernachlässigbar klein. Energiebereich: 1 mJ ... 1000 mJ



### Diese Kenngrößen werden gemäß internationalen Normen in der MIKE-Laborapparatur bestimmt:

EN 13821	Bestimmung der Mindestzündenergie von Staub/Luft-Gemischen
EN ISO/IEC 80079-20-2	Explosionsfähige Atmosphären - Prüfverfahren für brennbare Stäube
ASTM E2019	Standardtestmethode zur Bestimmung der Mindestzündenergie einer Staubwolke in der Luft

Prüfbedingung/Apparatur	MIKE3	MIKE4
Atmosphärisch	✓	✓
Erhöhte Temperatur	→	✓
Reduzierter Sauerstoff	→	✓

# 20-L-Apparatur

In Zusammenarbeit mit



## Explosionskenngrößen- bestimmung von Staub, Gas und hybriden Gemischen

Für die Dimensionierung von Schutzmaßnahmen ist die Kenntnis der folgenden Explosionskenngrößen unbedingt erforderlich.

### Funktionsweise

Die Prüfkammer der 20-L-Kugel ist eine Hohlkugel aus rostfreiem Stahl. Um die Prüfkammer herum befindet sich ein Wassermantel, der die Explosionswärme abführt bzw. für die Temperaturregelung und Konstanthaltung sorgt. An der Prüfkammer ist ein Staubvorratsbehälter angeschlossen. Mit einem Druck von ca. 20 barg wird der zu prüfende Staub über ein Auslassventil und die Staubverteilungsdüse in der Prüfkammer verteilt. Der Zünder ist mittig in der Prüfkammer angebracht, um das zu prüfende Material zu entzünden.

### Neue Instrumentierung KSEP333+311

Über bald 5 Jahrzehnte wurde die Instrumentierung immer an den Stand der Technik angepasst. Das Ziel war jeweils die volle Rückwärtskompatibilität. Apparaturen ab 1976 können auf den aktuellen Stand gebracht werden.

### Messbereich

Anstelle der früher genutzten analogen und relativen Druckanzeige bei Kugel und Vorkammer wird jetzt absolut und digital gemessen. Fehler durch den barometrischen Umgebungsdruck werden eliminiert und eine absolute Druckmessung ist somit gegeben.

### Sauerstoffgrenzkonzentration (SGK)

Durch die präzise und absolute Druckmessung in Kugel und Vorkammer ist es möglich das gewünschte Luft-Inertgas-Gemisch nach der Partialdruck-Methode herzustellen. Es wird dazu nur eine Inertgas-Flasche benötigt. Die Erstellung der Gasgemische erfolgt voll automatisch. Im Gegensatz zu den bisherigen Partialdruck-Verfahren wird jetzt in der Vorkammer und der Kugel die gleiche Mischung vorbereitet.

### Diese Kenngrößen werden gemäß internationalen Normen in der 20-L-Laborapparatur bestimmt:

EN 14034-1	Bestimmung des maximalen Explosionsdruckes $P_{max}$ von Staub/Luft-Gemischen
EN 14034-2	Bestimmung des maximalen zeitlichen Druckanstiegs $(dp/dt)_{max}$ von Staub/Luft-Gemischen
EN 14034-3	Bestimmung der unteren Explosionsgrenze UEG von Staub/Luft-Gemischen
EN 14034-4	Bestimmung der Sauerstoffgrenzkonzentration SGK von Staub/Luft-Gemischen
EN ISO/IEC 80079-20-2	Explosionsfähige Atmosphären - Prüfverfahren für brennbare Stäube
ASTM E1226	Explosibility of Dust Clouds
ASTM E1515	Minimum Explosible Concentration MEC of Combustible Dusts
ASTM E2931	Limiting Oxygen Concentration LOC of Combustible Dusts



# Schnellprüfgeräte

## MP-1 Brennprüfung

### Brennzahlprüfgerät

Mit Hilfe des Schnellprüfgerätes MP-1 lässt sich die Brennbarkeit eines trockenen, pulverförmigen Feststoffes bestimmen. Folgende Fragen werden dabei beantwortet:

- Kann das Produkt entzündet werden?
- Wird die Entzündung weitergeleitet?
- Zeigt die Reaktion eine Flamme?
- Wie ist die Abbrenngeschwindigkeit



### Funktionsweise

#### Brennprüfung bei Raumtemperatur

Etwa 4 ml des gemahlene und getrocknete Produkts werden auf einer feuerfesten Unterlage als Streifen von rund 4 cm Länge aufgeschüttet. Ein elektrisch beheizter, glühender Platindraht (Temperatur rund 1000 °C) wird am Ende der Aufschüttung etwa 5 Sekunden in das Pulver eingetaucht. Das Brennverhalten des Produkts wird durch eine Bewertungszahl charakterisiert.



#### Brennprüfung bei erhöhter Temperatur

Die Entflammbarkeit und Brennbarkeit eines Stoffes ist oft nicht nur bei Raumtemperatur, sondern auch bei erhöhter Temperatur interessant, insbesondere im Hinblick auf Trocknungsprozesse.

Es ist deshalb empfehlenswert, die Brennprüfung sowohl bei Raumtemperatur als auch bei erhöhter Temperatur (zum Beispiel bei der vorgesehenen Trocknungstemperatur) durchzuführen. Oft werden dabei wesentliche Unterschiede im Brennverhalten beobachtet.

#### Abtrenngeschwindigkeit

Mit Hilfe einer speziellen Schüttrinne wird auf einer feuerfesten Unterlage vom getrockneten und gemahlene Produkt ein Streifen von 25 cm Länge aufgeschüttet. Der Produktstreifen wird mit Hilfe des glühenden Platindrahtes an einem Ende entzündet.

Mit einer Stoppuhr wird die Zeit gemessen, die ein Produktstreifenstück von 20 cm braucht, um abzubrennen. (Beginn der Zeitmessung, nachdem 3 cm des Streifens schon abgebrannt sind).



## Lütolf-Ofen

Der Lütolf-Ofen dient zur Bestimmung der niedrigsten Temperatur, bei der eine Substanz im offenen Gefäß unter sauerstoffarmen Bedingungen eine exotherme Reaktion zeigt.

### Funktionsweise

#### Temperaturprogrammierte Prüfung

Um festzustellen, ob eine Substanz eine exotherme Reaktion zeigt, werden etwa 2 g der zu prüfenden Substanz und 2 g Graphit als Referenzsubstanz in je einem Reagenzglas in einem gemeinsamen Heizblock mit 2,5 °C/min im Lütolf-Ofen aufgeheizt. Die Temperatur der Proben wird mit dem Sipcon Steuer-

gerät aufgezeichnet. Liegt die Temperaturkurve der zu prüfenden Substanz über der Kurve der Referenzsubstanz liegt eine exotherme Reaktion vor.

#### Isoperibole Prüfung (quasi-isotherme Prüfung bei konstanter Ofentemperatur)

Wurde in der Temperaturprogrammierten Prüfung eine exotherme Reaktion gefunden, wird die Substanz noch unter isoperibolen Bedingungen geprüft. Dazu werden 2 g Substanz eingesetzt. Die Prüftemperatur entspricht der Temperatur, die während der temperaturprogrammierten Prüfung die erste exotherme Reaktion ausgelöst hat. Die isoperibole Prüfung wird mit frischen Proben in absteigenden Temperaturintervallen von 10 °C so lange wiederholt, bis die Substanz innerhalb von 8 Stunden keine merkliche exotherme Reaktion mehr zeigt.

### Die Prüfeinrichtung besteht aus:

- Elektrisch beheiztem Aluminiumblock, mit 6 Bohrungen für Reagenzgläser (1 Referenz und 5 Proben)
- Temperaturregler und Messgerät: Sipcon
- Thermoelemente in Schutzgläsern



# Mini-Autoklav

Mit dem Mini-Autoklav ist es möglich eine Prüfung auf eine exotherme Reaktion und einen Druckaufbau im geschlossenen Gefäß durchzuführen. Prüfungen werden temperaturprogrammiert und isoperibol durchgeführt sowie mit und ohne Zusatzstoffe. Dabei wird die niedrigste Temperatur ermittelt, bei der die zu prüfende Substanz eine exotherme Reaktion zeigt.

## Funktionsweise

Bei den Prüfungen auf Exothermie im offenen Gefäß (Ofen nach Lütolf) tritt oft die Schwierigkeit auf, dass die exotherme Zersetzungsreaktion von endothermen Vorgängen, wie Sieden von Flüssigkeiten oder Gasentwicklung, überlagert wird. In solchen Fällen wird die Substanz (2 g) in einem geschlossenen System, im Mini-Autoklaven, geprüft.

Dabei kann neben dem Temperaturverlauf auch der zeitliche Verlauf des Druckes während der Zersetzung registriert werden. Die Messung des Druckes erfolgt über ein Kapillarrohr. Aus dem Druckverhalten im Mini-Autoklaven kann auch die Menge der entstandenen Zersetzungsgase abgeleitet werden; die untere Erfassungsgrenze liegt bei etwa 0,1 l/kg.

### Die Prüfeinrichtung besteht aus:

- Elektrisch beheiztem Aluminiumblock mit 2 Heizzonen
- 2 Stk. Mini-Autoklaven aus rostfreiem Stahl
- 1 Stk. Referenz-Autoklav Druckmesseinrichtung (2 Kanäle)
- Temperaturregler und Messgerät: Sipcon Mantelthermoelemente



# Grewer-Ofen

## Prüfung auf exotherme Reaktion im Luftstrom

Mit dem Grewer-Ofen lässt sich die tiefste Temperatur bestimmen, bei der ein trockener Feststoff im Warmluftstrom (z. B. Lufttrockner) eine Exothermie zeigt.

### Funktionsweise

Etwa 7-8 ml der gemahlene und getrocknete Prüfsubstanz und eine gleiche Menge Graphitpulver als Referenzsubstanz werden in je einem feinmaschigen Drahtkorb im Warmluftstrom mit 1 °C pro Minute aufgeheizt. Die Temperatur der Proben wird aufgezeichnet. Übersteigt die Temperaturkurve der Prüfsubstanz die der Referenzsubstanz, liegt eine Exothermie vor.

Die Prüftemperatur wird vorteilhaft bis auf 100 °C über die vorgesehene Prozesstemperatur gesteigert, sofern das Produkt nicht schon vorher schmilzt. Ist Inertgasatmosphäre vorgesehen so wird die Prüfung mit dem vorgesehenen Inertgas wiederholt.

### Die Prüfeinrichtung besteht aus:

- Elektrisch beheiztem rostfreiem Stahlblock, mit 6 Bohrungen für 1 Referenz und 5 Proben. Der untere Teil des Ofens enthält eine lose Packung von Kupferringen, durch die der Luftstrom strömt.
- Temperaturregler und Messgerät: Sipcon
- Thermoelemente in Schutzgläsern



# Warmlager-, und Wärmestau-Prüfung

Werden Pulverprodukte längere Zeit einer warmen Luftatmosphäre ausgesetzt, kann je nach Produkt durch exotherme Vorgänge eine Selbsterwärmung auftreten, die bis zur Entzündung führt.

## Funktionsweise

### Warmlagerprüfung im Drahtkorb

Die Warmlagerprüfung im Drahtkorb bestimmt im isoperibolen Versuch die tiefste Temperatur bei der ein trockener Feststoff in warmer Luftatmosphäre gerade noch eine exotherme Wärmetönung zeigt.

Die „Warmlagerprüfung im Drahtkorb“ kann als isoperibole, empfindlichere Variante der „Prüfung auf Exothermie im Frischluftstrom“ (Ofen nach Grewer) betrachtet werden. Diesem Test werden vor allem Produkte unterworfen, die bei der „Prüfung auf Exothermie im Frischluftstrom“ eine erste exotherme Reaktion bei einer Temperatur  $\leq 200^\circ\text{C}$  zeigten.

Die gemahlene und getrocknete Prüfsubstanz wird in einen zylindrischen Drahtkorb von 400 ml, gegebenenfalls 1600 ml Nutzvolumen, eingefüllt und in einen auf die Prüftemperatur vorgeheizten Ofen mit Entlastungsöffnung gestellt. Gleichzeitig wird ein mit Graphit gefülltes Gefäß (z. B. Erlenmeyerkolben) in den Ofen gestellt.

### Die Prüfeinrichtung besteht aus:

- Elektrisch beheiztem und temperaturgeregeltem Ofen mit Entlastungseinrichtung
- Drahtkörbe aus rostfreiem Stahl
- Dewar-Gefäß
- Temperaturregler und Messgerät: Sipcon
- Thermoelemente in Schutzgläsern

Die Temperatur der Prüfsubstanz und diejenige des Graphits werden mit Thermoelementen gemessen und aufgezeichnet. Die Temperatur des Graphits gilt als Referenztemperatur.

Eine Selbsterwärmung zeigt sich dadurch an, dass die Temperaturkurve der Prüfsubstanz über diejenige der Referenzsubstanz ansteigt. Die Prüftemperatur wird für den ersten Versuch so gewählt, dass sie 20-30 °C unter derjenigen Temperatur liegt, die bei der Prüfung im Ofen nach Greuer zu einer ersten exothermen Reaktion führte.

Die Prüfung wird mit frischem Produkt so lange bei jeweils 10 °C tieferer Temperatur wiederholt, bis innerhalb von 24 Stunden keine exotherme Reaktion mehr festgestellt wird. Das Ergebnis der Prüfung ist unter anderem vom Volumen des verwendeten Drahtkorbs bzw. der Substanzmenge abhängig. Diese sind deshalb bei der Berichterstattung stets anzugeben.

### **Prüfung auf Wärmestau im Dewar-Gefäß**

Diesem Test werden vor allem jene Produkte unterworfen, die bei der „Prüfung auf Exothermie im offenen Gefäß“ eine erste exotherme Reaktion bei einer Temperatur  $\leq 180$  °C zeigten.

Üblicherweise werden für die Prüfung Dewar-Gefäße mit einem Nenninhalt von 200 ml verwendet. Gegebenenfalls werden die Versuche in größeren Dewar-Gefäßen (500 ml, 1000 ml oder 2000 ml) wiederholt; dabei steigert sich die Empfindlichkeit der Prüfung.

Rund 200 ml der gemahlten und getrockneten Prüfsubstanz (bzw. der zu prüfenden Flüssigkeit) werden in ein Dewar-Gefäß bis etwa 2 cm unter den Rand eingefüllt. Das Dewar-Gefäß wird mit einem Korkzapfen verschlossen. Durch den Korkzapfen wird ein Thermoelement in das Produkt eingeführt. Der Korkzapfen kann mit einer dünnen Teflonfolie geschützt werden. Im besten Fall wird vorher die Prüf-



substanz auf 10-20 °C unterhalb der Prüftemperatur vorgewärmt. Das Gefäß wird in einen auf Prüftemperatur vorgeheizten Ofen mit Entlastungsöffnung gestellt. Gleichzeitig wird ein mit Graphit gefülltes Gefäß (z. B. Erlenmeyerkolben) in den Ofen gestellt. Die Temperatur der Prüfsubstanz und diejenige des Graphits werden mit Thermoelementen gemessen und aufgezeichnet. Die Temperatur des Graphits gilt als Referenztemperatur. Die Prüftemperatur für den ersten Versuch soll 20-30 °C unter derjenigen Temperatur liegen, die bei der Prüfung im Ofen nach Lütolf zu einer ersten exothermen Reaktion geführt hat.

Eine Selbsterwärmung des Produkts zeigt sich dadurch an, dass die Temperaturkurve der Prüfsubstanz, die der Referenzsubstanz übersteigt. Die Prüfung wird mit frischem Produkt so lange bei jeweils 10 °C tieferer Temperatur wiederholt, bis innerhalb von drei Tagen keine exotherme Reaktion mehr festgestellt wird.

Das Ausmaß und die Geschwindigkeit einer Selbsterwärmung ist immer von der eingesetzten Substanzmenge abhängig, diese muss daher im Prüfprotokoll immer angegeben werden.

# BAM Ofen

## Zündprüfung für aufgewirbelten Staub

Der BAM-Ofen bestimmt die niedrigste Temperatur (Grenztemperatur), bei der sich aufgewirbelter Staub beim Kontakt mit einer heißen Oberfläche entzünden kann.

### Funktionsweise

Mit Hilfe eines Gummiball-Handgebläses wird eine kleine Probe des Staubs auf eine heiße Oberfläche geblasen. Als heiße Oberfläche dient ein Spezialofen (BAM Ofen - Konstruktion der Deutschen Bundesanstalt für Materialprüfung, BAM) mit einer stufenlosen Temperaturregelung der Kontaktfläche bis 600 °C.

Die erste Prüfung wird bei einer Oberflächentemperatur von 600 °C vorgenommen. Die Prüfung ist gegebenenfalls mit verschiedenen großen Probemengen zu wiederholen, da die Zündfähigkeit auch von der Staubkonzentration in der Luft abhängt. Ergibt sich innerhalb von 5 s eine Entzündung des Staubes, wird die Prüfung mit frischen Proben in absteigenden Temperaturintervallen von jeweils 10 °C so lange wiederholt, bis innerhalb von 5 s nach dem Einblasen des Staubes keine Entzündung (Flammenerscheinung, Knall) mehr erfolgt.

Nach jeder Einzelprüfung wird der Ofen durch Ausblasen mit Druckluft von Staubresten gereinigt. Die niedrigste Oberflächentemperatur, bei der noch eine Entzündung innerhalb von 5 s nach dem Einblasen des Staubes erfolgt, ist die Zündtemperatur des aufgewirbelten Staubes.



## MP-3 Fallhammer

Mit dem MP-3 Fallhammer kann die Schlagempfindlichkeit eines festen oder flüssigen Stoffes bestimmt werden.

### Funktionsweise

Proben von 100 mg der gemahlene und getrocknete Substanz werden in Alufolie verpackt und unter dem Fallhammer einer Schlagbeanspruchung ausgesetzt. Der Versuch wird so oft durchgeführt, bis eine Detonation beobachtet wird, höchstens aber zehnmal. Wird bei diesem Vorgehen eine Detonation beobachtet, so wird die Prüfung ohne die sensibilisierend wirkende Alufolie wiederholt und ebenfalls bis zehnmal durchgeführt. Substanzen, die ohne Aluminiumfolie unter dem Fallhammer bei einer Beanspruchung von 39 Nm detonieren, sind schlagempfindlich.

### Prüfung von Feststoffen oder Flüssigkeiten

Auch hier wird der Versuch so oft durchgeführt, bis eine Detonation beobachtet wird, höchstens aber zehnmal. Wird eine Detonation festgestellt, ist die Substanz schlagempfindlich



# Modifiziertes Hartmann-Rohr

Das Staubexplosionsverhalten wird im Sinne eines Screenings im modifizierten Hartmannrohr geprüft.

## Funktionsweise

Die getrocknete und auf eine Korngröße von mindestens  $50\% < 64 \mu\text{m}$  gemahlene oder gesiebte Probe wird im modifizierten Hartmannrohr (vertikales Pyrexglasrohr) durch einen Pressluftstoß aufgewirbelt. Gleichzeitig wird über eine Hochspannungs-Dauerfunkenstrecke von 4 mm ein stehender Funken erzeugt (Funkenenergie  $\sim 10 \text{ Joule}$ ).

Die Prüfung wird als positiv beurteilt, wenn das Indikatorgerät durch Aufklappen des Deckels eine Staubexplosion anzeigt (Anzeige „1“ oder „2“), oder wenn ein Staubbrand beobachtet wird (auch ohne Aufklappen des Deckels).

Brennbare Stäube, die in der modifizierten Hartmannapparatur „negativ“ bewertet werden, sind in der Regel der Staubexplosionsklasse St1 - in Ausnahmefällen auch den Staubexplosionsklassen St2 oder St3 - zuzuordnen. Für deren Zündung sind stärkere Zündquellen erforderlich als sie im Screeningtest angewendet werden. Die Mindestzündenergie der im modifizierten Hartmannrohr „negativ“ bewerteten Stäube liegt im Bereich  $> 1 \text{ J}$ . Brennbare Stäube, die in der modifizierten Hartmannapparatur mit der

Anzeige „0“ oder „1“ positiv bewertet werden, sind meistens der Staubexplosionsklasse St1 zuzuordnen. Die Mindestzündenergie der im modifizierten Hartmannrohr „positiv“ bewerteten Stäube liegt im Bereich  $< 10 \text{ J}$ .

Brennbare Stäube, die in der modifizierten Hartmannapparatur mit der Anzeige „2“ positiv bewertet werden, können der Staubexplosionsklasse St1, St2 oder St3 entsprechen. Falls eine genaue Feststellung der Staubexplosionsklasse erforderlich ist, müssen quantitative Tests in der 20-L-Kugel durchgeführt werden.

Die Zuordnung zu einer Staubexplosionsklasse gibt keine Auskunft darüber, wie leicht – oder wie schwer – ein Staub/Luft-Gemisch gezündet werden kann, sondern nur darüber, wie heftig eine Explosion nach erfolgter Zündung verläuft.



# Mess- und Regelsystem

In Zusammenarbeit mit



## Sipcon 3

Das Mess- und Regel-System Sipcon 3 ersetzt die bisherigen Regelgeräte und mehrkanaligen Registriereinrichtungen bei den Sicherheitsprüfgeräten.

Das System ist universell als Datenerfassungs- und Regel-System verwendbar. Jedes Sipcon 3 enthält 16 Messkanäle für Thermoelemente und 2 Eingänge für Druckmessumformer.

### Funktionsweise

Die Messresultate werden in numerischer und graphischer Form, getrennt nach Prüfsubstanz, angezeigt (Produktidentifikation). Es werden bis zu 4 unabhängige Prüfapparaturen von einem einzelnen Sipcon bedient. Dafür sind 4 Softwareregler mit je einem Ausgang für das Leistungsmodul Sip-Power zur Ansteuerung von Heizkreisen vorgesehen.





## Zertifikate

### Prüfungen von Schutzsystemen und Geräten

Die Akkreditierung gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 der DAkkS bestätigt, dass das REMBE® Research+Technology Center die Kompetenz besitzt, Prüfungen von Schutzsystemen und Geräten für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen durchzuführen.

Viele Kunden haben sich einen solchen Service gewünscht und nun können wir diese Leistung und weitere Prüfaufgaben übernehmen.

## Referenzen

„Herausragendes Ereignis der Explosionsdemonstration am AZO Gelände, Beeindruckende Veranstaltung für junge und selbst langjährige Mitarbeiter, so etwas bekommt man nicht alle Tage zu sehen...“

*Gerhard Nied*

*ehem. Technischer Direktor bei AZO GmbH + Co. KG*

„Sehr gute Mitarbeit in der Normierungsarbeit durch Fachkompetenz und die Nähe zum Kunden“

*Kees van Wingerden*

*Chairman CEN TC 305 WG 3*

„...mit REMBE® seit Jahren an vielen Prüfinstituten hervorragend zusammengearbeitet. Tiefes wissenschaftliches Know-how...“

*Richard Siwek*

*Inhaber FireEx Group*



Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-PL-21054-01-00

rembe-rtc.de



**REMBE®** Research+Technology Center GmbH

Zur Heide 39 | 59929 Brilon, Germany

T +49 2961 7405-390

info@rembe-rtc.de