

Frage

Was ist hinsichtlich der sicherheitstechnischen Kenngrößen bei hybriden Gemischen zu beachten?

Antwort:

Bei Vorhandensein eines hybriden Gemisches können die maßgeblichen sicherheitstechnischen Kenngrößen, wie z. B. die Mindestzündenergie, Zündtemperatur oder die Selbstentzündungstemperatur der Gase und Dämpfe sowie die Mindestzündenergie und Mindestzündtemperatur der Staubwolke, von den jeweiligen Kenngrößen der Einzelsubstanzen abweichen.

Hierzu ist die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) am forschen und veröffentlichen regelmäßig auf der Internetseite:

<https://www.ptb.de/cms/ptb/fachabteilungen/abt3/fb-37/ag-371/chemsafe.html>

ihre neuesten Ergebnisse.

Stand (2023)

nach PTB:

<https://www.ptb.de/cms/ptb/fachabteilungen/abt3/fb-37/ag-371/chemsafe.html>

und BG RCI:

<https://www.bgrci.de/exinfo/ex-schutz-wissen/aktuelle-forschung/sicherheitstechnische-kenngrößen-von-hybriden-gemischen>

Sicherheitstechnische Kenngrößen hybrider Gemische

1. Untere Explosionsgrenze (UEG)

- Die UEG hybrider Gemische liegt unterhalb der UEG der Einzelkomponenten – bereits bei niedrigen Gas-/Dampfanteilen kann ein explosionsfähiges Gemisch entstehen. Der Einfluss von Druck und Temperatur ist hierbei kritisch, da die Kenngrößen verfahrenstechnisch und prozessbezogen variieren können.

[karl-klein.de+7Physikalisch-Technische Bundesanstalt+7Physikalisch-Technische Bundesanstalt+7](https://www.karl-klein.de/de/7Physikalisch-Technische-Bundesanstalt/7Physikalisch-Technische-Bundesanstalt/7)

2. Sauerstoffgrenzkonzentration (SGK)

- Studien zeigen, dass mit zunehmendem Anteil an brennbarem Gas in hybriden Gemischen die Sauerstoffgrenzkonzentration zunächst sinkt und nach Erreichen der spezifischen Grenzkonzentration des Gases wieder ansteigt. Der niedrigste ermittelte Wert entspricht dabei mindestens der Sauerstoffgrenzkonzentration des jeweiligen Brenngases. Es ist davon auszugehen, dass die Sauerstoffgrenzkonzentration eines hybriden Gemisches nicht unter der kritischsten Grenzkonzentration der einzelnen Komponenten liegt. In der Regel ist diese kritische Konzentration bei der gasförmigen Substanz am niedrigsten – Ausnahmen sind jedoch möglich. So können feindisperse Leichtmetallstäube eine sehr niedrige Sauerstoffgrenzkonzentration aufweisen, die unterhalb derjenigen des Brenngases liegt und damit maßgeblich das Verhalten des hybriden Systems bestimmt.

[Physikalisch-Technische Bundesanstalt](https://www.ptb.de/cms/ptb/fachabteilungen/abt3/fb-37/ag-371/chemsafe.html)

3. Maximaler Explosionsdruck ($p_{\max}$) & KSt-Wert

- Es ist zu erwarten, dass explosionsrelevante Kennwerte wie der maximale Druckanstieg (KSt-Wert) oder der maximale Explosionsdruck eines hybriden Gemisches die Werte der einzelnen Komponenten übersteigen können. Diese Kenngrößen sind stark von der Turbulenz des Systems abhängig. Die in Laborversuchen ermittelten Werte gelten daher nur unter definierten Randbedingungen und lassen sich nicht ohne Weiteres auf reale, turbulente Bedingungen übertragen, bei denen signifikant höhere Werte auftreten können.

[Physikalisch-Technische Bundesanstalt](#)

4. Mindestzündenergie (MIE)

- Die Analyse verfügbarer Versuchsdaten zeigt, dass die Mindestzündenergie hybrider Gemische mit steigendem Anteil an brennbarem Gas sinkt. Bereits geringe Konzentrationen dieser gasförmigen Komponente führen zu einer deutlichen Reduktion der Mindestzündenergie. Dieser Effekt tritt bei erhöhten Temperaturen früher auf als bei 20 °C. Besonders ausgeprägt ist der Einfluss, wenn die Mindestzündenergie des Staubs im reinen Zustand hoch ist. Eine allgemeingültige Berechnung dieser Größe mithilfe der Pellmont-Gleichung ist nicht möglich. Im Sinne einer sicherheitsgerichteten Betrachtung sollte daher von der Mindestzündenergie des am leichtesten zündbaren Stoffes ausgegangen werden. Zudem zeigen die Messdaten, dass die zündwirksamste Staubkonzentration bei steigendem Gasanteil ebenfalls abnimmt. Eine rechnerische Abschätzung dieser reduzierten Konzentration kann unter bestimmten Bedingungen mit der Pellmont-Gleichung erfolgen – die zur Verfügung stehenden Datensätze hierzu sind jedoch begrenzt.

[Physikalisch-Technische Bundesanstalt](#)

5. Zündtemperatur

- Derzeit existieren keine ausreichenden experimentellen Erkenntnisse, um verlässliche Aussagen zur Zündtemperatur hybrider Gemische treffen zu können. Es ist nicht möglich, diese Eigenschaft aus den bekannten Zündtemperaturen der Reinstoffe abzuleiten. Dabei ist nicht auszuschließen, es besteht das Potenzial, dass die Zündtemperatur eines hybriden Systems unter den jeweiligen Einzelwerten der Komponenten liegt.

[Physikalisch-Technische Bundesanstalt](#)

6. Grenzspaltweite / MESG (Normale Spaltweite)

- Derzeit reicht die bisherige Datenlage, aus der Forschung (Stand 2021) nicht aus, um belastbare Aussagen zur Grenzspaltweite, MESG-Werte für hybride Gemische zu treffen. Aus Vorsichtsgründen wird daher, im Rahmen der sicherheitstechnischen Bewertung empfohlen den konservativsten Wert heranzuziehen. In der Regel ist das der gas- oder dampfförmigen Komponente.

[Physikalisch-Technische Bundesanstalt](#)

PTB/CHEMSAFE-Perspektive (aus AG 3.71 / Datenbank)

- Die PTB-Experten entwickelten im Projekt NEX-HYS (2019–2021) Messverfahren zur Bestimmung aller genannten Kenngrößen (Explosionsgrenzen, SGK, $p_{\max}$, KSt, etc.) bei hybriden Staub-Gas-/Dampf-Gemischen in einer modifizierten 20 L-Kugel. Ziel ist eine Normspezifikation für solche Systeme.

[Physikalisch-Technische Bundesanstalt+2Physikalisch-Technische Bundesanstalt+2karl-klein.de+2](#)

- Die gewonnenen Werte sollen in die PTB-Datenbank **CHEMSAFE** einfließen. CHEMSAFE enthält derzeit:
 - UEG/OEG, SGK, MIE, Zündtemperatur, Normspaltweite, p_max, KSt u. a. für reine Gase, Flüssigkeiten und Stäube – zukünftig auch für Hybridgemische.
- [Physikalisch-Technische Bundesanstalt+5Physikalisch-Technische Bundesanstalt+5DECHEMA+5Physikalisch-Technische Bundesanstalt+3Wikipedia+3DECHEMA+3](#)

Zusammenfassung

KenngroÙe	Charakteristika hybrider Gemische
UEG	sinkt – explosionsfähig auch bei niedrigeren Konzentrationen
SGK	minimal bei Gas-UEG, aber Staub kann dominieren
p_max / KSt	höher bei Turbulenz, potenziell stärker als bei Reinstoffen
MIE	drastisch reduziert, insbesondere bei Temperaturen > 20 °C
MIE	unbekannt, kann niedriger sein
Grenzspaltweite (MESG)	konservativ auf Gaswert setzen