



Hybridkraftwerk, in dem mithilfe von Strom Wasser in gasförmigen Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt wird.

Neue Wasserstoff-Elektrolyseanlagen

# Explosionsfähige Atmosphäre

Anlagentechnologie zur *Herstellung und Verwendung von Wasserstoff* benötigt eine Zoneneinteilung.

**A**ls Folge der Energiewende werden unter dem Stichwort „Power-to-Gas“ derzeit Wasserstoff-Elektrolyseanlagen als Schlüsseltechnologie weiterentwickelt, um überschüssigen Wind- und Sonnenstrom per Elektrolyse in Wasserstoff umzuwandeln. Dieser kann beispielsweise in einem Gasnetz gespeichert, unter Einsatz von Kohlendioxid zu Methan synthetisiert oder bei Bedarf wieder rückverstromt werden.

An einigen Standorten werden derartige Anlagen bereits in technischem Maßstab getestet. Kernstück hierbei bildet die Wasserelektrolyse, die seit über 100 Jahren ein etabliertes Verfahren zur Herstellung von Wasserstoff ist. Neue Entwicklungen haben zum Ziel, die Effizienz zu verbessern und den Wirkungsgrad der Elektrolyseure

zu steigern. Neben der Niederdruckelektrolyse (Druckbereich bis maximal 50 mbar) gibt es neue Entwicklungen, in deren Zellen bis 50 bar Überdruck herrscht (PEM-Elektrolyse).

Sofern beim Betrieb dieser Anlagen die Bildung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre (g.e.A.) zu erwarten ist, muss der Betreiber diese Bereiche in Zonen einteilen und hierauf basierend die technischen und organisatorischen Maßnahmen für den sicheren Betrieb der Anlage realisieren. Auch in der Planungsphase kann die Zoneneinteilung für die Festlegung des Explosionsschutzkonzepts verwendet werden.

Zonen charakterisieren explosionsgefährdete Bereiche in Abhängigkeit von der Häufigkeit und Dauer des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre. Die Explosionsschutz-Regeln (EX-RL, BGR 104 Beispielsammlung) wurden nun im Hinblick auf diese weiterentwickelte Technologie überarbeitet.

An der Erarbeitung des Abschnitts 1.2.7 „Anlagen zur Herstellung und Verwendung von Wasserstoff“ haben Betreiber, Hersteller, Forschungsinstitute, die BAM, die BG RCI und BG ETEM mitgewirkt. Nach der Erarbeitung wurden die Beispiele von weiteren Experten, u. a. benannten Stellen und Vertretern von Behörden, geprüft und Ende 2013 vom Sachgebiet „Explosionsschutz“ des Fachbereiches Rohstoffe und chemische Industrie der DGUV verabschiedet.

## Aufbau Beispielsammlung

Für jedes in der EX-RL – Beispielsammlung betrachtete Beispiel werden die Bedingungen und Merkmale beschrieben – mit Bezug auf TRBS 2152 Teil 2 –, die für das Auftreten von g.e.A. bzw. zu deren Vermeidung relevant sind. In der folgenden Spalte werden dann Vorschläge für Zonen aufgeführt, die der Betreiber übernehmen kann, sofern die angeführten Voraussetzungen und Merkmale erfüllt sind. Es finden sich auch Beispiele, die zu keiner Zone führen.

In der Regel werden für eine Anlagenkomponente unterschiedliche Konzepte angeführt. Hierdurch kann der Betreiber zwischen verschiedenen Schutzkonzepten wählen.

Hilfreich kann dies sein, wenn bestimmte Geräte z. B. nur für den Einsatz in Zone 2 oder außerhalb von Ex-Zonen beschafft und eingesetzt werden können. Die Zonenreduzierung ist aber in der Regel mit einem höheren technischen Aufwand verbunden (z. B. Gaswarnanlage mit Auslösung von Notfunktionen, technische Be- und Entlüftung des Aufstellungsraumes). Weicht die tatsächliche Situation von der beschriebenen ab, sind die Maßnahmen entsprechend anzupassen. Die Gliederung und der Aufbau der EX-RL-Beispielsammlung im Punkt 1.2.7 orientieren sich am Verfahrensablauf einer Elektrolyseanlage. Folgende Prozessschritte und Anlagenkomponenten werden betrachtet:

- Elektrolyseur,
- Gasaufbereitung,
- Niederdruckspeicher,
- Verdichter,
- Hochdruckspeicher,
- unter Druck stehende Rohrleitungen,
- Druckgasflaschen für Wasserstoff,
- Entnahmemarmaturen und geführte Auslässe, über die durch betriebsmäßige Entspannungsvorgänge Wasserstoff freigesetzt wird.

### Viele Beispiele für Zonenplanung

Bei atmosphärischen Elektrolyseanlagen (bis 50 mbar Betriebsdruck) kann auf eine Zone verzichtet werden, sofern frei werden der Wasserstoff in so geringer Menge austritt, dass an der Austrittsstelle mit der Bildung von g.e.A. nicht zu rechnen ist. In drei Beispielen werden die hierzu notwendigen Bedingungen beschrieben. Wichtige Kriterien sind dabei: Ansammlungen von Wasserstoff im Deckenbereich von Räumen wird durch geeignete Öffnungen an höchster Stelle ins Freie vermieden, regelmäßige Begehung der Anlage, qualifizierter Austausch z. B. von Komponenten, Verbindungselementen und Dichtungen. Das Schutzkonzept ergänzende Maßnahmen können sein: auf Dauer technisch dichte Anlagen in Verbindung mit organisatorischen Maßnahmen zur Dichtheitskontrolle, technische Lüftung, Maßnahmen zur Leckerkennung oder Überwachung der Raumatmosphäre mit Gaswarneinrichtungen, die automatische Schaltfunktionen auslösen, um einen Gasaustritt zu minimieren.



Siemens-PEM-Elektrolyse-System an einem Kraftwerksstandort, das in einem Container untergebracht ist.

Für Druckelektrolyseanlagen (bis 100 bar Betriebsdruck) werden vier Beispiele angeführt, wovon zwei ohne eine Zonenfestlegung auskommen. Voraussetzung ist, dass geeignete Lüftungsöffnungen an höchster Stelle mit bodennahen Zuluftöffnungen vorhanden sind. Weitere ergänzende Maßnahmen, die die Freisetzung von Wasserstoff vermeiden beziehungsweise minimieren, sind: Anlage auf Dauer technisch dicht oder technisch dicht mit Festlegung von Maßnahmen zur Kontrolle der Dichtheit, Überwachung relevanter Prozessparameter, deckennahe Gaswarneinrichtungen, die die Anlage frühzeitig abschalten.

Fehlt eine Gaswarneinrichtung, muss im Deckenbereich eine Zone 2 festgelegt werden. Werden außerdem die Begehungen der Anlage ohne Lecksuchgerät durchgeführt (die Erkennung von Leckagen ist nicht rechtzeitig möglich), reicht die Zone 2 jeweils seitlich vom Zellenblock 0,5 m und oberhalb des Zellenblocks bis zur Decke. Auch für in Containern untergebrachte Anlagen werden zwei Beispiele angeführt, die je nach Maßnahmen zur Zone 2 im Container führt oder ohne Zone auskommt.

### Viele Lösungsmöglichkeiten

Sowohl für Gasverdichter in Räumen als auch für die Gasaufbereitung – Gasreinigung, Trocknung und Kondensatabscheidung – werden jeweils zwei Beispiele aufgeführt. Es folgen noch Beispiele für Niederdruck-, Hochdruckgasbehälter und Druckgasflaschen für Wasserstoff, die jeweils mehrere Lösungsmöglichkeiten aufzeigen.

Abschließend werden Abblase- und Entspannungsöffnungen ins Freie betrachtet. Die Zonenausdehnung hierbei ist mit einem für den Anwendungsfall geeigneten Berechnungsmodell zu ermitteln.

**Fazit:** Der Punkt 1.2.7 „Anlagen zur Herstellung und Verwendung von Wasserstoff“ ist in die blaue EX-RL-Beispielsammlung aufgenommen worden. Die Tabelle bietet dem Betreiber eine Hilfestellung zur Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche in Zonen für seine Anlage. Auch in der Planungsphase für eine Anlage kann hierauf zurückgegriffen werden, um bereits in diesem Stadium ein vernünftiges Zonenkonzept zu entwickeln.

Dr. Albert Seemann (BG ETEM)

Björn Poga (BG RCI)

### info

EX-RL-Beispielsammlung ab Februar auf [www.exinfo.de](http://www.exinfo.de), Seiten-ID: #9XU2

### Wasserstoff

Wasserstoff ist ein brennbares Gas, das im Gemisch mit Luft g.e.A. bilden kann. Die sicherheitstechnischen Eigenschaften von Wasserstoff:

- UEG: 4,0 Vol.-%
- OEG: 75,6 Vol.-%
- Zündtemperatur: 560 °C
- Dichte: 0,0899 kg/m<sup>3</sup>
- Dichteverhältnis zu Luft: 0,07
- Temperaturklasse: T1
- Explosionsgruppe: IIC
- Zündenergie: 0,016 mJ

Wasserstoff kann in den Anlagenteilen gasförmig vorhanden sein bis zu Drücken von 50 bar. Im Elektrolyseur liegt der Wasserstoff in Wasser gelöst vor. Bei Austritt von Elektrolyt kann somit infolge einer damit einhergehenden Druckabnahme Wasserstoff freigesetzt werden. Seine Löslichkeit in Wasser ist temperatur- und druckabhängig und äußerst gering (bei 20 °C lösen sich etwa 2 ml in 100 g Wasser).