



Europäisches Train-the-Trainer-Programm für Responder

Lektion 10

Umgang mit Wasserstoffexplosionen

STUFE I

Feuerwehrmann

Die in dieser Lektion enthaltenen Informationen richten sich an **Feuerwehrleute** und höher.

Dieses Thema wird auch auf den Stufen III und IV angeboten.

Diese Vorlesung ist Teil eines Schulungsmaterialpakets mit Materialien für die Stufen I - IV: Feuerwehrmann, Gruppenkommandant (-führer), Einsatzleiter und Experte.

Bitte beachten Sie die Einleitung zur Lektion bezüglich der Kompetenzen und Lernerwartungen

Hinweis: Diese Materialien sind Eigentum des HyResponder-Konsortiums und sollten entsprechend gewürdigt werden. Die Ergebnisse von HyResponse wurden als Grundlage verwendet.



Haftungsausschluss

Trotz der Sorgfalt, die bei der Erstellung dieses Dokuments aufgewendet wurde, gilt folgender Haftungsausschluss: Die Informationen in diesem Dokument werden in der vorliegenden Form bereitgestellt, und es wird keine Garantie oder Gewährleistung dafür übernommen, dass die Informationen für einen bestimmten Zweck geeignet sind. Der Nutzer verwendet die Informationen auf eigenes Risiko und eigene Haftung.

Das Dokument gibt ausschließlich die Meinung der Autoren wieder. Das Gemeinsame Unternehmen FCH und die Europäische Union haften nicht für die Verwendung der in diesem Dokument enthaltenen Informationen.

Danksagungen

Das Projekt wurde vom Gemeinsamen Unternehmen "Fuel Cells and Hydrogen 2" (JU) im Rahmen der Finanzhilfvereinbarung Nr. 875089 finanziert. Das Gemeinsame Unternehmen wird durch das Forschungs- und Innovationsprogramm "Horizon 2020" der Europäischen Union sowie durch das Vereinigte Königreich, Frankreich, Österreich, Belgien, Spanien, Deutschland, Italien, die Tschechische Republik, die Schweiz und Norwegen unterstützt.

Zusammenfassung

Diese Lektion befasst sich mit den Hauptmerkmalen "chemischer" Explosionen, d.h. Deflagrationen und Detonationen, und "physikalischer Explosionen", d.h. Tankbrüchen.

Schlüsselwörter

Deflagrationen, Detonation

Inhaltsübersicht

Zusammenfassung.....	3
Schlüsselwörter	3
1. Zielgruppe.....	5
1.1 Beschreibung der Rolle: Feuerwehrmann	5
1.2 Kompetenzstufe: Feuerwehrmann.....	5
1.3 Vorbildung: Feuerwehrmann	5
2. Einleitung und Ziele	5
3. Nützliche Terminologie.....	6
4. Die Auswirkungen von Druckwellen auf Menschen und Gebäude	6
Danksagung	7
Referenzen.....	7

1. Zielgruppe

Die in dieser Lektion enthaltenen Informationen richten sich an die STUFE 1: Feuerwehrmann. Die Lektionen sind auch für die Stufen III und IV verfügbar: Gruppenkommandant (-führer), Einsatzleiter und Experte.

Die Rollenbeschreibung, das Kompetenzniveau und die Lernerwartungen, die auf der Ebene der Gruppenkommandant (-führer) vorausgesetzt werden, werden im Folgenden beschrieben.

1.1 Beschreibung der Rolle: Feuerwehrmann

Von einem Feuerwehrmann wird erwartet, dass er in der Lage ist, unter allen klimatischen Bedingungen in Bereichen und in Notfallsituationen, die nach vernünftigem Ermessen einen Einsatz erfordern, in Schutzausrüstung einschließlich Atemschutzgeräten und unter Verwendung der zur Verfügung gestellten Ausrüstung wie Fahrzeuge, Leitern, Schläuche, Feuerlöscher, Kommunikations- und Rettungsgeräte sicher zu arbeiten.

1.2 Kompetenzstufe: Feuerwehrmann

Die Ersthelfer müssen in der sicheren und korrekten Verwendung von PSA, PA und anderen Ausrüstungsgegenständen, die sie bedienen sollen, geschult sein und über entsprechende Kenntnisse und Praktiken verfügen. Verhaltensweisen, die ihre Sicherheit und die anderer Kollegen gewährleisten, sollten in Standardeinsatzmaßnahmen (SEM) beschrieben werden. Sie müssen in der Lage sein, das Risiko für ihre eigene Sicherheit und die Sicherheit anderer dynamisch zu bewerten.

1.3 Vorbildung: Feuerwehrmann

EQR 2 - Grundlegende Faktenkenntnisse in einem Einsatzbereich. Grundlegende kognitive und praktische Fertigkeiten, die erforderlich sind, um relevante Informationen zu nutzen, um Aufgaben auszuführen und Routineprobleme unter Verwendung einfacher Regeln und Hilfsmittel zu lösen. Arbeiten unter Aufsicht mit einer gewissen Selbstständigkeit.

2. Einleitung und Ziele

Die Wasserstoffwirtschaft ist ein Teil unseres Alltags geworden. Mit Wasserstoff betriebene Fahrzeuge sind bereits auf unseren Straßen unterwegs. Mögliche Wasserstoffexplosionen können einen hohen Überdruck erzeugen und somit eine Gefahr für Leben und Eigentum darstellen. Die Sicherheit von wasserstoffbetriebenen Kraftfahrzeugen und der zugehörigen Infrastruktur, einschließlich Garagen, Wartungswerkstätten, Parkplätzen und Tunneln, ist ein Bereich, der Anlass zur Sorge gibt.

In früheren Vorlesungen haben wir bereits die spezifischen Eigenschaften und Gefahren der verschiedenen Arten von FCH-Anwendungen erörtert. In dieser Lektion geht es um Explosionen, die durch eine chemische Reaktion (d. h. durch Verbrennung) ausgelöst werden, und um "physikalische Explosionen" (d. h. ohne Verbrennung). Es gibt zwei Arten von "Verbrennungsexplosionen", d. h. Verpuffungen und Detonationen. Es gibt noch weitere Arten

Lektion 10: Umgang mit Wasserstoffexplosionen

von "Explosionen", z. B. "physikalische Explosionen" von Behältern durch Überdruck über dem festgelegten Grenzwert aufgrund von Überfüllung (Behälterverschleppung), als Folge einer Durchlaufreaktion usw. Das Wort "Explosion" ist eher ein Jargon und wir werden es in dieser Lektion, wo immer möglich, vermeiden. Manchmal kann die Verwendung des Begriffs "Explosion" zu Missverständnissen führen. So wird beispielsweise in einigen Normen fälschlicherweise eine so genannte "Explosionsgrenze" [1] eingeführt. Dies geschieht trotz der Tatsache, dass zwischen der für Deflagrationen relevanten "Entflammbarkeitsgrenze" und der "Detonationsgrenze" ein erheblicher Unterschied bestehen kann [1]. In dieser Lektion werden den Einsatzkräften die mit Deflagrationen und Detonationen verbundenen Phänomene mit ihren Hauptmerkmalen und Folgen sowie mögliche Präventions- und Entschärfungsmaßnahmen vorgestellt [1]. Die kosteneffektivste und am weitesten verbreitete Entschärfungstechnik, die entlüftete Deflagration, wird im Detail besprochen.

3. Nützliche Terminologie

Die *Zellengröße* ist der Parameter, der die Detonationsempfindlichkeit eines Wasserstoff-Luft-Gemisches charakterisiert [2].

Deflagration ist das Phänomen der Ausbreitung der Verbrennungszone mit einer Geschwindigkeit unterhalb der Schallgeschwindigkeit (Unterschall) in ein frisches, unverbranntes Gemisch [1].

Unter *Detonation* versteht man die Ausbreitung der Verbrennungszone mit einer Geschwindigkeit, die höher ist als die Schallgeschwindigkeit (Überschall) in dem nicht umgesetzten Gemisch [1].

Die *Flammengeschwindigkeit* ist die Geschwindigkeit der Flamme in Bezug auf einen festen Beobachter [2].

Unter *Überdruck* versteht man den Druck in der Druckwelle, der über dem atmosphärischen Druck oder dem Druck innerhalb eines Sicherheitsbehälters, der über dem atmosphärischen Druck liegt, liegt [3].

4. Die Auswirkungen von Druckwellen auf Menschen und Gebäude

Die Druckwellen sind in mehrfacher Hinsicht schädlich. Diese lassen sich in primäre, sekundäre und tertiäre Wirkungen einteilen [4].

- Primäre Auswirkungen:
 - Schädigung des Gehörs
 - Schäden an der Lunge und anderen inneren Organen
- Sekundäre Auswirkungen:

Lektion 10: Umgang mit Wasserstoffexplosionen

- Verletzungen durch umherfliegende Trümmer (z. B. Glasscherben)
- Einsturz von Bauwerken auf Menschen mit schweren Verletzungen oder Todesfolge
- Tertiäre Effekte:
 - Eine Ganzkörperverschiebung einer Person

Es ist nicht nur der Überdruck, der Schaden anrichtet, sondern auch der Impuls, der auf eine Person oder ein Objekt einwirkt, der Ort, an dem sich die Person befindet und die persönliche Ausrüstung, die sie trägt.

Tabelle 1. Die Schwellenwerte der Überdrücke für die Gefährdung von Menschen (im Freien).

Wirkung	Überdruck, kPa
Vorübergehende Schwellenverschiebung [5]: "Unbedenklichkeitsschwelle für den Gefahrenabstand (Evakuierungspereimeter)	1.35
1 % Wahrscheinlichkeit, dass das Trommelfell reißt (als "Verletzungsschwelle" gewählt) [6]	16.5
1 % Wahrscheinlichkeit einer tödlichen Lungenblutung (als Schwellenwert für "tödliche Blutungen" gewählt) [6]	100

Tabelle 2. Die Schwellenwerte des Überdrucks für Gebäudeschäden [6].

Schaden	Überdruck, kPa
Kleinere Schäden am Haus	4.8
Teilabriss des Hauses - es bleibt bewohnbar	6.9
Fast vollständige Zerstörung des Hauses	34.5 - 48.3

Danksagung

Das HyResponse-Projekt wird anerkannt, da die hier vorgestellten Materialien auf der Grundlage der ursprünglichen HyResponse-Vorlesungen erweitert wurden.

Referenzen

1. Molkov, V (2012). Fundamentals of hydrogen safety engineering, Part I and Part II. Available from: www.bookboon.com, free download e-book.
2. Dorofeev, SB (2007). Evaluation of safety distances related to unconfined hydrogen explosions. International Journal of Hydrogen Energy. Vol. 32, pp. 2118-2124.

Lektion 10: Umgang mit Wasserstoffexplosionen

3. NFPA, National Fire Protection Association (2009). Compressed Natural Gas (CNG) Vehicular Fuel Systems Code, 52.
4. HyFacts Project. Chapter DM. Hydrogen deflagrations and detonations. Available from: <http://hyfacts.eu/category/education-training/> [accessed on 04.01.16].
5. Baker, WE, Cox, PA, Westine, PS, Kulesz, JJ and Strehlow, RA (1983). Explosion hazards and evaluation. Elsevier Scientific Publishing Company.
6. Mannan, S (2005). Lees' Loss Prevention in the Process Industries, 3rd ed., vol. 1. Elsevier Butterworth-Heinemann.