

Unfall am 15. Juni 2019 in der RAGTAL  
Mertert-Wasserbillig (Luxemburg)



## Untersuchungsbericht

Erstellt durch Atemschutzunfaelle.eu im Auftrag  
des Corps grand-ducal d'incendie et de secours

Stand: 24.01.2020

Verfasser:

Brandassessor Dr.-Ing. Adrian Ridder, MIFireE

Brandoberinspektor Björn Lüssenheide

## Inhalt

Vorbemerkung.....	2
Ergebniszusammenfassung (Executive Summary) .....	3
0. Über Atemschutzunfaelle.eu.....	4
1. Beauftragung und Abgrenzung.....	5
2. Untersuchung des Unfallverlaufs .....	6
2.1 Nachbereitung des Ausbildungstages 15.06.2019 mit den Beteiligten .....	6
2.1.1 Gespräch in der Gruppe .....	6
2.1.2 Einzel-Interviews .....	7
2.2 Verletzungsmuster / Inaugenscheinnahme der betroffenen Handschuhe .....	10
2.3 Inaugenscheinnahme der RAGTAL.....	15
2.4 Methodik der Unfalluntersuchung.....	16
2.4.1 Fehlerkette nach Reason.....	16
2.4.2 Die TRIPOD-Analyse als Methode zur Unfallanalyse.....	17
2.5 Zeitschiene .....	19
2.6 TRIPOD-Analyse des Unfalls .....	21
3. Betrachtung der ineffektiven Barrieren .....	22
3.1 Keine erneute PSA-Kontrolle vor Übungsdurchgang .....	22
3.2 Unzureichende Schutzwirkung der PSA gegen Wasserdampf .....	22
3.3 Keine sichere Position der AGT während Simulation.....	22
3.4 Keine sichere Menge Wasserdampf definierbar .....	23
4. Maßnahmenableitung.....	25
4.1 Erstellung von Gefährdungsbeurteilungen für alle Ausbildungsszenarien (Prio-Stufe 2).....	25
4.2 Pool für Realbrandausbildung-PSA in der RAGTAL (Prio-Stufe 1) .....	25
4.3 Landesweites System zur Überwachung und Aussonderung von PSA inkl. Reinigung (Prio-Stufe 1) .....	26
4.4 Unterlassung Wasserdampf-Demonstration (Prio-Stufe 1) .....	26
4.5 Verbesserung rettungsdienstlicher Versorgung (Prio-Stufe 1) .....	27
4.6 Weitere, allgemeingültige Empfehlungen (Prio-Stufe 3) .....	29
5. Umsetzungsstand DEKRA-Gutachten .....	32
6. Fazit .....	34
Literatur.....	35
Unterlagen des CGDIS .....	36
Abbildungsverzeichnis.....	37

## Vorbemerkung

Am 15. Juni 2019 kam es um 15.50 Uhr zu einem Unfall in der RAGTAL<sup>1</sup> Wasserbillig (Luxemburg). Ein Teilnehmer der Realbrandausbildung verletzte sich an der linken Hand, nach einer geplanten Wasserdampfbildung zu Demonstrationszwecken. Die entstandene Verbrühung umfasste die Handfläche und den Handrücken der linken Hand. Der Heilungsverlauf ist noch nicht abgeschlossen, es bestehen noch Sensibilitätsstörungen.

Trotz der signifikanten Verletzung, die sich das Opfer während der Realbrandausbildung zugezogen hat, kann daraus nicht abgeleitet werden, dass Realbrandausbildung per se unverhältnismäßig hohe Gefährdungen mit sich bringen würde und damit einzustellen wäre.

In Abwägung der größeren Zusammenhänge, nämlich der Vorbereitung der Feuerwehrangehörigen auf Brandeinsätze und die dort vorhandenen Gefährdungen, gegenüber Risiken durch die realitätsnahe Ausbildung, ist festzuhalten, dass eine fehlende Realbrandausbildung keinerlei Spielraum lässt für nicht optimale Einsatzverläufe und es damit an einer Sicherheitsbarriere fehlt. Gerade in der Realbrandausbildung können unter kontrollierten Bedingungen Grenzbereiche erfahrbar gemacht und Warnsignale für gefährliche Situationen kennengelernt werden, welche dann im Einsatz vermieden werden können.

Dementsprechend ist es wichtig, dass der vorliegende Unfall aufbereitet wurde und alle relevanten Lehren daraus gezogen werden, um die Realbrandausbildung zu verbessern; die Realbrandausbildung selbst steht dabei jedoch aus fachlicher Sicht nicht zur Disposition.

---

<sup>1</sup> RAGTAL = Regionale Atemschutz-Geräte-Träger-Ausbildungsanlage-Luxemburg (Standort: Wasserbillig)

## Ergebniszusammenfassung (Executive Summary)

Im vorliegenden Bericht wird der Unfall vom 15. Juni 2019 in der Realbrandausbildungsanlage RAGTAL untersucht. Durch Einwirkung von Wasserdampf zog sich ein Feuerwehrangehöriger Verbrühungen 2. Grades an Handrücken und Handfläche der linken Hand zu.

Durch eine strukturierte Nachbereitung des Unfalls wurde mit allen Beteiligten der Verlauf des Unfalltages rekonstruiert. Mit der TRIPOD-Methodik wurden Unfallursachen und fehlende bzw. unwirksame Barrieren identifiziert. Aus dieser Analyse wurden Maßnahmen abgeleitet, wie künftig derartige und ähnliche Unfälle vermieden werden können. Diese Maßnahmen sind zusammengefasst:

- Erstellung von Gefährdungsbeurteilungen für alle zukünftig noch genutzten Ausbildungsszenarien
- Unterlassung der unfallursächlichen Demonstration zur Wirkung von Wasserdampf im Rahmen der Realbrandausbildung
- Schaffung eines Pools an Persönlicher Schutzausrüstung für die Realbrandausbildung in der RAGTAL
- Etablierung eines landesweiten Systems zur Überwachung und Aussonderung von PSA bei Erreichen von Alters- und Leistungsgrenzen, inkl. hygienischer Reinigung
- Verbesserung der rettungsdienstlichen Absicherung der Realbrandausbildung

Darüber hinaus wurden weitere Maßnahmen allgemeiner Natur vorgeschlagen (Persönlicher Atemschutznachweis, medizinische Überwachung während der Realbrandausbildung, Ponchos zum Schutz von PSA und Atemschutztechnik, Etablierung der Funktion „Sicherheitsassistent“ im Einsatz- und Übungsdienst).

Einige Maßnahmen wurden in Teilen bereits in einem DEKRA-Gutachten zum technischen Betrieb der RAGTAL beschrieben, eine entsprechende Synopse enthält der vorliegende Bericht.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass mit der hier gewählten Form der Unfallaufbereitung das CGDIS vorbildlich gehandelt hat. Das CGDIS kann mit der Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen die bestmöglichen Konsequenzen aus diesem Unfall ziehen.

## 0. Über Atemschutzunfaelle.eu

Die Initiative Atemschutzunfaelle.eu hat ihren Ursprung im Jahr 1996 und wird heute von 30 Fachleuchten unterstützt. Die Mitarbeiter aus Belgien, Deutschland, Luxemburg, Österreich, Polen sowie der Schweiz leben den europäischen Gedanken und engagieren sich für eine Verbesserung der Arbeitssicherheit im Bereich Atemschutz.

In der frei zugänglichen Unfalldatenbank auf [www.atemschutzunfaelle.eu](http://www.atemschutzunfaelle.eu) werden kritische Ereignisse erfasst, die in gefährlichen Atmosphären entstanden. Neben dem Innenangriff werden ABC-Lagen, Feuerwehr-/Rettungstauchen sowie die jeweilige Aus- und Fortbildung betrachtet. Sortiert nach Jahren und Ländern finden sich Berichte von Beinahefehlern über Bagatellunfälle bis zu tödlichen Unfällen. Der Schwerpunkt der Datenbank liegt dabei im deutschsprachigen Raum und stellt eine Ergänzung des staatlichen Arbeitsschutzes dar. In Europa gibt es bis heute kein zentrales Erfassungssystem. Lediglich in einigen Ländern existieren nationale Strukturen, beispielsweise in Frankreich, Großbritannien und mit der Einführung des CGDIS seit Kurzem auch in Luxemburg. In Deutschland gibt es aufgrund der föderalen und kommunalen Strukturen weit über 100 Meldestellen für die öffentlichen Feuerwehren, zuzüglich der jeweiligen Berufsgenossenschaften, die wiederum für Werkfeuerwehren zuständig sind. Ein CIRS<sup>2</sup> ist bei den deutschsprachigen Feuerwehren ebenfalls noch nicht etabliert, wobei es durchaus erste Anfänge gibt.

Die Unfalldatenbank Atemschutzunfaelle.eu versucht die Lücke der zentralen Erfassung zu schließen und ist dem interessierten Leser kostenfrei zugänglich. Probleme und Fehler sollen erkannt und publiziert werden. Durch die gezogenen Lehren können Wiederholungsfälle auf ein Minimum reduziert werden. Neben den Unfällen ist insbesondere auch die Erfassung von scheinbar harmlosen Ereignissen absolut geeignet schwere Unfälle zu reduzieren. Ein großes Ziel liegt daher darin, möglichst viele kritische Ereignisse zu erfassen und die enorme Dunkelziffer zu senken.

Das 30-köpfige Team engagiert sich neben der Kernaufgabe „Unfalldatenbank“ auch mit eigenen Kongressen rund um das Thema Arbeitssicherheit im Atemschutzeinsatz.

Durch die langjährig vorhandene Expertise im Team Atemschutzunfaelle.eu gehören auch professionelle Ingenieurleistungen zum Repertoire, wie beispielsweise Gutachten, Gefährdungsbeurteilungen und Unfallanalysen.

Zudem bieten erfahrene Referenten und Trainer das gesamte Fortbildungsspektrum rund um den Atemschutz an, vom einzelnen Vortrag bis zu mehrtägigen Inhouse-Seminaren.

Die vorgenannten Dienstleistungen dienen zur Erhaltung und Ausbau der kostenfreien Unfalldatenbank Atemschutzunfaelle.eu mit dem Ziel, eine gute Präventionsarbeit zu leisten.

---

<sup>2</sup> Critical Incident Reporting System

## 1. Beauftragung und Abgrenzung

Das CGDIS beauftragte die Verfasser als Teammitglieder von Atemschutzunfaelle.eu mit einer Unfalluntersuchung. Die Beauftragung umfasst die sicherheitswissenschaftliche Unfallanalyse und die Erarbeitung der zu ziehenden Lehren. Der Untersuchungsumfang ist damit klar umgrenzt und schließt weitergehende Betrachtungen aus.

Mit dem Gesetz vom 27. März 2018 betreffend die Organisation der zivilen Sicherheit und der Schaffung des Corps grand-ducal d'incendie et de secours (CGDIS) wurde das Institut national de formation des secours (INFS), das Nationale Ausbildungsinstitut der Rettungsdienste, ins Leben gerufen. Neben der Aus- und Weiterbildung der ehren- und hauptamtlichen Feuerwehrleute des CGDIS ist das INFS damit beauftragt, die Koordination und die Förderung der Ausbildung der Bevölkerung zu leisten. Die betroffene Ausbildungsstätte RAGTAL wurde 2018 vom Nationalen Ausbildungsinstitut übernommen und wird in Verantwortung des CGDIS geführt.

Nach der Beauftragung durch CGDIS erhielt Atemschutzunfaelle.eu detaillierte Berichte zum Unfalltag am 15. Juni 2019. Unter anderem wurden übergeben:

- Kompetenzschema für IFIS-CFB Trainer (RAGTAL)
- Ausbildungsplan für IFIS-CFB Trainer (RAGTAL)
- Praktische Übungsanweisung ARI 1.4 . Realbrandausbildung Block 1 und 2
- Lehrunterlage ARI 1 – Brandverlauf, 2018, Version 1.1

Als Ergänzung zu den Ausführungen in elektronischer Form wurde ein Vor-Ort-Termin durchgeführt. Ziel war das persönliche Gespräch mit dem Unfallopfer, den Betroffenen und den Verantwortlichen. Zudem wurden eine Inaugenscheinnahme der betroffenen Persönlichen Schutzausrüstung und ein Besuch des Unfallorts durchgeführt. Dazu reiste Björn Lüssenheide am 28. Juni 2019 zur Direktion des CGDIS nach Luxemburg. Durch die verantwortlichen Führungskräfte wurde die Strukturierung des Luxemburger Feuerwehr- und Rettungsdienstwesens vorgestellt. Neben allgemeinen Informationen wurden weitere Unterlagen und auch die betroffenen Handschuhe übergeben.

Anwesenheit:

- Paul Schroeder (CGDIS, Directeur général)
- Dr. med. Dorothee Knauf (CGDIS, Direction médicale et de la santé, Chef de département)
- Steve Mack (CGDIS, Institut National de Formation des Secours, Directeur)
- Yves Legil (CGDIS, Institut National de Formation des Secours, Chef de département)

Die anwesenden Führungskräfte unterstützen eine lückenlose und professionelle Aufklärung. Um die Neutralität zu wahren, nimmt das Ausbildungsinstitut (INFS) in der folgenden Unfallaufarbeitung durch Atemschutzunfaelle.eu keine leitende Funktion wahr, steht aber selbstverständlich als Ansprechpartner zur Verfügung. Wie im Gesetz vom 27. März 2018 vorgesehen, wurde die Direction médicale et de la santé vom Generaldirektor mit der Koordination der Erfassung, der Begleitung und der Aufarbeitung des Unfalls beauftragt.

## 2. Untersuchung des Unfallverlaufs

### 2.1 Nachbereitung des Ausbildungstages 15.06.2019 mit den Beteiligten

#### 2.1.1 Gespräch in der Gruppe

Anhand einer handschriftlichen Skizze wurde der Verlauf der Unfallsituation gemeinsam nachvollzogen. Digitale Fotos aus der vorangegangenen Präsentation der RAGTAL sorgten für einen besseren Überblick. Parallel wurden anhand des sog. TOP-Schema erste Hinweise nach technischen („T“), organisatorischen („O“) und persönlichen („P“) Fragen sortiert.

Durch die Visualisierung an diversen Flipcharts erhielten die Anwesenden eine gute Basis für die weiteren Detailgespräche.

Der Unfall geschah nach der zweiten Übung, im Rahmen einer Demonstration zur Wasserdampfbildung in der zweigeschossigen WEA2.

Die Türen 2 (EG), 5 und 6 (1. OG) standen offen. Das Wetter war windstill und trocken. Die Temperatur lag bei 25 °C.

Trainer A ging mit vier Teilnehmern über die außenliegende Wendeltreppe durch die Tür 6, rechter Hand. Direkt nach der Tür reihten sich die vier Teilnehmer an der Containerwand, auf einem Gitterrost. Vor ihnen befand sich die Stahltrappe Richtung Brandherd.

Trainer B ging mit fünf Teilnehmern über die außenliegende und gerade Stahltrappe durch die Tür 5 in die Anlage. Trainer B blieb in der Tür, die Teilnehmer formierten sich vor ihm.

Trainer C nahm über die Tür 2 eine C-Leitung (insgesamt 40m B-Schlauch plus 40m C-Schlauch) ebenerdig vor. Auf die vorhandene Glut legte er eine Euro-Palette. Im weiteren Verlauf gab er einen Sprühstoß (Einstellung: 230l/min. bei 6 bar Strahlrohrdruck) für drei Sekunden auf den Brandherd (ebenerdig, hinterer Container). Anmerkung der Verfasser: Über den am Strahlrohr eingestellten Volumenstrom ergaben sich unterschiedliche Angaben von 130 l/min laut Unfallbericht und 230 l/min in der Nachbereitung. Der tatsächliche Strahlrohrdruck konnte nicht ermittelt werden.

Allgemein wurde von nur moderater Wärme in der WEA2 gesprochen. Einige Teilnehmer besuchten im Vorfeld andere Anlagen, die deutlich wärmer gewesen wären.

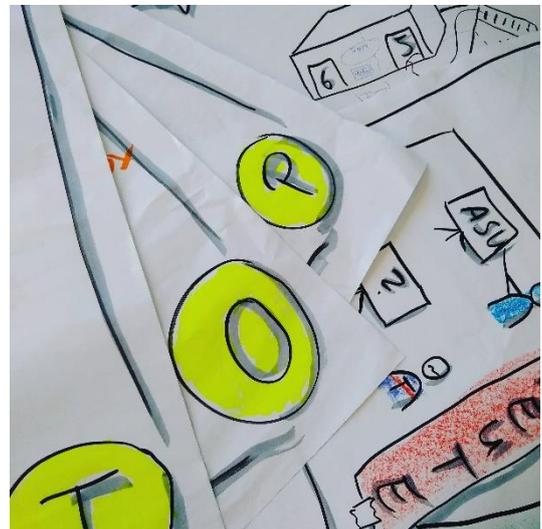
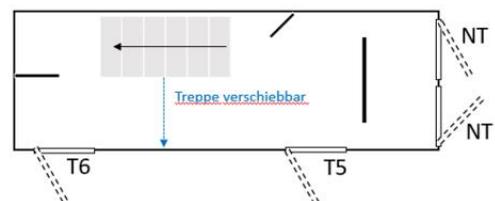


Abbildung 1: Nachbereitung - Vor-Ort-Termin am 29.06.19

#### 1er étage / 1. Obergeschoss



#### rez-de-chaussée / Erdgeschoss

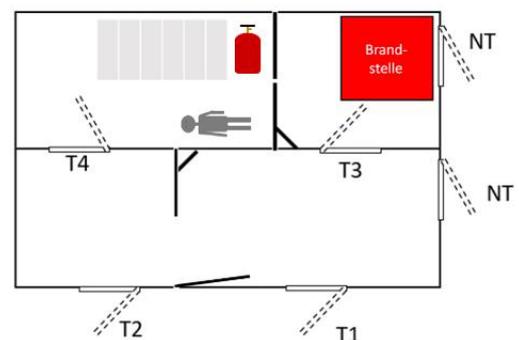


Abbildung 2: WEA 2 (Skizze aus ARI I.4)

## 2.1.2 Einzel-Interviews

Um weitere Details und die jeweiligen persönlichen Ansichten zu erfahren, wurden Einzelgespräche angeboten. Alle relevanten Schlüsselfunktionen nutzten dieses Angebot. Eine Teilnehmergruppe entschied sich für ein Gespräch in einer Kleingruppe.

### Unfallopfer – Tür 6:

Der Teilnehmer war ca. 20 Sekunden in der Anlage, bevor sich der Schmerz bemerkbar machte. Er stand aufrecht, oberhalb des Brandraums auf einem Gitterrost. Aus der Gruppe war er am weitesten von der Tür 6 entfernt. Ein in der Nähe befindlicher Handlauf (aus Eisen) dient der Absturzsicherung zur Stahltreppe, wurde jedoch nicht berührt.

Als der Schmerz aufkam, schüttelte er die Hände und klopfte seine Handschuhe gegeneinander. An einen Maydayruf hat er nicht gedacht, sondern flüchtete unverzüglich und schrie: „RAUS, RAUS!“. Der Fluchtweg war der bekannte Zugangsweg und betrug lediglich drei Meter bis zur Tür. Die Handschuhe hat er vermutlich im Ausgangsbereich ausgezogen. An eine starke Rauch- oder Wasserdampf Wolke hat er keine Erinnerung.

PSA:

- der Ärmelabschluss seiner Jacke wurde von der Handschuhstulpe überlappt
- die Handschuhstulpe wurde mit dem Klettverschluss festgezogen
- weder Innenhandschuh noch eine Daumen-/Handschlaufe sind in seiner Jacke vorhanden, zumindest ihm nicht bekannt
- die Handschuhe wurden vor ca. einem Jahr gereinigt
- der Handschuh hat nach Aussage des Betroffenen eine gute Passform, Größe 10
- die getragenen Handschuhe wurden nur für die Brandbekämpfung vorgehalten
- die getragenen Handschuhe (Bj. 2004) waren zum Unfallzeitpunkt etwa 15 Jahre alt (zwei Hallenbrände, ein Feldbrand und ein Waldbrand) und dienten als Reserve
- in den vorherigen beiden Übungen wurden neuere Handschuhe getragen, diese waren jedoch durchnässt, so dass die Reservehandschuhe genutzt wurden

Erfahrung:

- seit 2002 Atemschutzgeräteträger
- bis Juni 2019 null Innenangriffe absolviert
- in 17 Jahren insgesamt drei Realbrandausbildungen absolviert (eine Ausbildung in Epinal (Frankreich) und zwei Ausbildungstage in der RAGTAL)
- die „Demonstration Wasserdampf“ zum ersten Mal erfahren

### Trainer A – an Tür 6:

Trainer A ist seit sechs Jahren CFB-Trainer und hat die Demonstration Wasserdampf mehr als 20 Mal als Ausbilder mitgestaltet.

Er sprach von einer insgesamt entspannten Stimmung während des Tages. Er entnahm den Teilnehmern, dass nur geringe Einsatzerfahrungen vorhanden waren.

Die Demonstration erklärte er seiner vierköpfigen Teilnehmergruppe in Höhe der Tür 6. Die vier Teilnehmer standen rückwärts an der Containerwand, auf einem Gitterrost, oberhalb des Brandraumes.

Während der Verletzte den Container verließ, stand der Trainer in der linken Ecke des Containers. Er bemerkte lediglich eine leichte Wärme durch seine Elchlederhandschuhe.

Für die Zukunft kann er sich vorstellen, die Übungsanweisung ARI 1.4 zu reduzieren, diese sei durchaus überfrachtet. Generell empfiehlt er max. 12 Teilnehmer in Binomen (Zweier-Trupps). Die Teilnehmer sollten möglichst aus einem Standort rekrutiert werden.

#### Drei Teilnehmer an Tür 6:

Neben dem späteren Opfer und dem Ausbilder waren drei weitere Teilnehmer über die Tür 6 in die Anlage vorgegangen. Alle drei standen rückwärts an der Wand, zwischen der Tür/Ausbilder und dem späteren Opfer. Alle drei sprachen von einer Situation, die mit einem Aufguss vergleichbar war. Es wurde ein Schrei wahrgenommen, dem ein Gedränge Richtung Ausgang folgte.

Die Teilnehmer berichteten, dass der RTW ca. 30 Minuten benötigte. Vorhandenes Sanitätsmaterial war aus deren Sicht schlecht ausgedeutet und sollte überarbeitet werden.

#### Trainer B – an Tür 5:

Trainer B berichtete von dem Verlauf des Ausbildungstags. Nach der zweiten Übung wurde vom Standardablauf gem. ARI 1.4 abgewichen: Aufgrund der Erschöpfung einiger Teilnehmer wurde auf die dritte Einsatzübung verzichtet. Stattdessen wurde nach Diskussionen mit den Teilnehmern eine Demonstration zum Thema Wasserdampf vorgeschlagen. Diese Demonstration hat er in der Vergangenheit als Ausbilder etwa 5-6 Mal mitgestaltet.

Allgemein sprach er von einer insgesamt angenehmen, entspannten Atmosphäre.

Während der Demonstration begleitete er fünf Teilnehmer, vorgegangen über die gerade Außentreppe. Er stand direkt in der Tür 5. Während der Demonstration nahm er leichte Wärme am Ohr wahr.

#### Trainer C – am Strahlrohr im Brandraum:

Trainer C war im erdgeschossigen Brandraum mit einem C-Rohr eingesetzt. Er bediente das C-Rohr im Brandraum, welches über die Tür 2 vorgenommen wurde. Die Absprache zur Wasserabgabe erfolgte im direkten Gespräch. Eine Funkkommunikation zu den beiden Ausbildern bestand nicht.

Für die Demonstration Wasserdampf öffnete er das Hohlstrahlrohr für ca. 3 Sekunden. Das Hohlstrahlrohr war auf 230 l/Min. eingestellt (s.o., widersprüchliche Angaben im Unfallbericht).

Von dem Zwischenfall hat er nichts bekommen. Nach der Wasserabgabe nahm er die Schlauchleitung zurück. Das restliche Holz ließ er ausbrennen.

Er erwähnte, dass die Kühlbecken auf der oberen Ebene nicht gefüllt wurden, da es zum Abschluss ja nur eine kurze Demonstration geben würde und eine Verbrennung nicht erwartet wurde.

Erfahrung:

- ca. 30-40 Trainings in sechs Jahren
- ca. 10 mal Demonstration Wasserdampf mitgestaltet, davon 2-3 mal am Rohr

### Cheftrainer

Der Cheftrainer war am Unfalltag planmäßig nur zu Beginn der Ausbildung an der RAGTAL. Zum Unfallzeitpunkt war er außerhalb von Wasserbillig in einem parallelen Termin.

Bisher sei die optionale Demonstration Wasserdampf stets problemlos verlaufen, auch wenn diese im Standard-Ausbildungsprogramm nicht vorgesehen ist.

Ausbildungspläne, umfangreiche Lehrunterlagen für Trainer und Teilnehmer sprechen für eine grundsätzlich qualitativ hochwertige Aus- und Fortbildung in der RAGTAL.

### Trainer D – nicht anwesend

Nicht anwesend war der Trainer D. Er war zum Unfallzeitpunkt außerhalb der Anlage und kann daher keine Angaben über den Verlauf im Brandcontainer machen (Aussage im Unfallbericht der CFB-Trainer).

### Allgemeines Empfinden aus den Gesprächen

Alle Beteiligten sind ausnahmslos an einer ehrlichen Aufklärung interessiert. Die Demonstration zur Wasserdampfbildung erschien Ausbildern und Teilnehmern sinnvoll. Erfahrungen aus der Vergangenheit zeigten keine kritischen Ereignisse bei dieser Demonstration. Das Vertrauen untereinander war aufgrund der Harmonie und Professionalität am Ausbildungstag gegeben. Diese Vertrauensbasis wurde selbst durch den Unfall nicht negativ belastet. Der Umgang mit dem Unfall war bereits zu Beginn der Aufarbeitung am Unfalltag aus bisheriger Sicht des Verfassers lückenlos und professionell.

In den Gesprächen wurde konstruktive Kritik für die Optimierung der medizinischen Versorgung, der Anpassung von Standards in der Ausbildung und der Persönlichen Schutzausrüstung geäußert.

## 2.2 Verletzungsmuster / Inaugenscheinnahme der betroffenen Handschuhe

Im Zwischenfallregister vom 15. Juni 2019 wird eine Verbrühung 2. Grades durch Wärmedurchschlag beschrieben. Die entstandene Verbrühung bezog sich auf die Handfläche und den Handrücken der linken Hand. Die Hand wurde sofort mit fließendem Wasser gekühlt. Anschließend erfolgte eine Erstversorgung mit Coolpacks und einem Verband. Der Patient klagte über starke Schmerzen.

Am 25. Oktober 2019 berichtet der Verletzte von einem guten Heilungsverlauf, dennoch ist die Hand weiterhin empfindlich gegenüber Sonnenstrahlung und Kontakt mit rauen Materialien.



Abbildung 3: Bild vom 15.06.19



Abbildung 4: Bild vom 23.07.19



Abbildung 5: Bild vom 15.06.19



Abbildung 6: Bild vom 23.07.19

Die Handschuhe wurden gemäß Etikett im Jahr 2004 hergestellt und waren damit zum Unfallzeitpunkt 15 Jahre alt. Die Handschuhe wurden von dem Anwender selten und nur im Brandeinsatz (Außenangriff) getragen, bis zum Unfall wurden sie noch nie in einem Innenangriff genutzt.

Angaben der Handschuhe gem. Typenschild:

Hersteller: SEIZ®  
Typ: THERMO-FIGHTER CLASSIC W – 156 3810-TF-CM  
Norm: EN 659:2004 0179 CE  
Ser. Nr.: 001000  
Reg.Nr.: 60008653 0001  
Size: 10  
Bj: 04

Die Handschuhe weisen geringe Schäden auf, wobei nicht in Gänze nachvollzogen werden kann, ob die Schäden vor dem Unfall vorhanden waren:

Handschuh	Defekt	Anmerkung
Links	Stulpe, gelber Reflexstreifen am Ende thermisch belastet, geschmolzenes Klettmaterial am Ende des Haftstreifens, dort wurde auch das Hersteller-Label thermisch belastet	Spricht für hohe Temperatureinwirkung und zeigt, dass die Stulpe durch den Zugklettverschluss fest geschlossen war
Links	Innenseitiges Etikett am Stulpenende wurde thermisch belastet	Sofern es kein Vorschaden war, ist eine starke Hitze im oder am Handschuh vorhanden gewesen.
Links	Loch in der Naht der Stulpe, Befestigungsschleufe ausgerissen	Wasserdampfeintritt zwischen Ober- und Futterstoff denkbar
Links	Kante im Obermaterial der Innenhand, diagonal zwischen Daumen und kl. Finger	Denkbare Möglichkeiten: Vorschaden durch Lagerung etc.; Vorschaden durch Kontakthitze; Schaden durch Kontakthitze (vielleicht wurde unbewusst doch ein heißes Teil in der Anlage berührt).
Links	Oberstoff NOMEX® verfärbt, oberhalb des Daumengelenks	Da in den Schilderungen kein Flammenkontakt beschrieben wurde, könnte dieser Schaden älter sein, evtl. vorangegangene Übung
Rechts	Oberstoff NOMEX® verfärbt, höhe Daumenkuppe, linksseitig	Da in den Schilderungen kein Flammenkontakt beschrieben wurde, könnte dieser Schaden älter sein, evtl. vorangegangene Übung
Rechts	Vermutliche Hautfetzen auf dem Oberstoff der Stulpe (höhe Radialispuls)	Vermutlich Kontakt der verletzten linken Hand beim Ausziehen

Bilder vom linken Handschuh:



Abbildung 7: Loch im Oberstoff (Karabinerschlaufe)



Abbildung 8: Reflexmaterial/Klett geschumpft

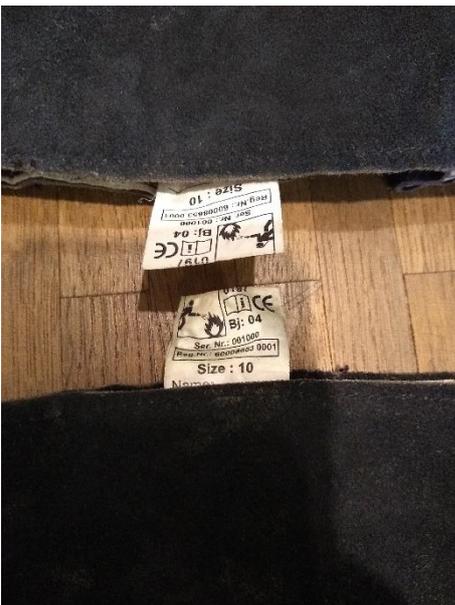


Abbildung 9: Etikett geschumpft (Vergleich mit re. Handschuh)

#### Einschätzungen zum Handschuh:

Allgemein kann bei dem verwendeten Handschuh davon ausgegangen werden, dass die großflächigen Reflexstreifen auf dem Handrücken kontraproduktiv sind und die Wasserdampfdurchlässigkeit deutlich verschlechtern. Nicht zuletzt ist der Handschuh nach 15 Jahren normativ nicht mehr auf dem aktuellsten Stand der technischen Entwicklung. Das Material unterliegt nach 15 Jahren Alterungsprozessen, die eine Schutzwirkung reduzieren.

Originale Herstellerangaben sind nicht vorhanden. Prospekte des Nachfolgemodells beschreiben, dass die Innenhand sowie die Stulpe aus hitzebeständigem Spezialleder, die Rückhand aus NOMEX® und das Innenfutter aus KEVLAR® gefertigt wurden. Auffällig ist zudem, dass das Nachfolgemodell ohne Reflexmaterial auf dem Handrücken gefertigt wurde.

## 2.3 Inaugenscheinnahme der RAGTAL

Das Gelände der RAGTAL ist für Ortsfremde schlecht zu finden. Eine Ausschilderung ist nicht umgesetzt. Die Hoffläche ist sehr klein und durch verschiedene Containeranlagen dicht bebaut. Aufgrund von Felsen etc. ist eine Umfahrung nicht möglich.

Behälter für „handcooling“ sind in Form von Spülbecken an mehreren Stellen vorhanden. Allerdings machen diese Becken einen überholungsbedürftigen Eindruck. Zudem ist auf der RAGTAL kein frisches Trinkwasser vorhanden, zur Kompensation dient ein Hochbehälter.

Umfangreiches Sanitätsmaterial ist im Aufenthaltsbereich vorhanden. Vor der Tür hängt ein Schild mit dem Piktogramm „Erste Hilfe“. Zudem befinden sich Aufkleber „Erste Hilfe“ und „AED“ in der Glastür. Vor der Tür hängt eine Schleifkorbtrage.

Eine notfallmedizinische Fortbildung für die Trainer ist nicht standardisiert. Material für Brandwunden soll diskutiert werden, man denkt z.B. über gelhaltige Verbandtücher nach.

Für kritische Ereignisse gibt es abgesehen von dem üblichen Mayday-Ruf keine Absprachen. Notsignalgeber sind nicht vorhanden.

Einen Festnetzanschluss gibt es nicht. Ein Notruf kann daher nur über GSM-Handy oder Digitalfunk abgesetzt werden.

Für die Atemschutzgeräteträger des CGDIS werden an den jeweiligen Standorten Ausbildungsnachweise gepflegt. Zudem werden Atemschutzübungen-/einsätze durch eine elektronische Atemschutzüberwachung „CheckBox“ protokolliert. Einen persönlichen Atemschutzpass/Logbuch gibt es nicht.

## 2.4 Methodik der Unfalluntersuchung

### 2.4.1 Fehlerkette nach Reason

Zur Erklärung des Auftretens von Unfällen existieren unterschiedliche wissenschaftliche Ansätze. Eines der etabliertesten und nachvollziehbarsten Denkmodelle ist die Fehlerkette nach Reason, auf welche hier Bezug genommen werden soll. Bei diesem Modell unterscheidet man zwischen „aktiven Fehlern“ und „latenten Bedingungen“. Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass aktive Fehler fehlerhafte Handlungen sind, die vom Menschen aktiv an der Mensch-System-Schnittstelle ausgeführt werden, während latente Bedingungen Gegebenheiten und Prozesse sind, die ihren Ursprung meist auf dem aktiv Handelnden übergeordneten Ebenen haben und für sich genommen keine unmittelbaren Auswirkungen auf die Sicherheit eines Systems haben.

Erst durch die Kombination von latenten (Unfall-)Bedingungen und aktiven Fehlern entfalten die latenten Unfallbedingungen ihr schädigendes Potential und es kommt zum Fehler bzw. zum Unfall. Ein Unfall entsteht nicht aufgrund einer einzelnen Handlung, sondern hat fast immer mehrere Faktoren, die zumindest zum Fehler beigetragen haben.

In der grafischen Darstellung der Fehlerkette nach Reason stellen einzelne, aufeinander geschichtete Scheiben die Schutzmaßnahmen gegen einen Unfall dar, in denen Löcher latente Bedingungen (mögliche unfallbegünstigende Aspekte) oder unsichere Handlungen (aktive Fehler) repräsentieren. Aufgrund des so entstehenden grafischen Eindrucks einer Käsescheibe wird das Modell auch „Swiss-Cheese-Model“ genannt.

Untenstehende Abbildung veranschaulicht die verschiedenen Ebenen der Schutzmaßnahmen sowie die latenten Bedingungen und aktive Fehler; liegen die Löcher in überlappenden Positionen, kann es zum Unfall kommen. Aktive Fehler stellen somit nur das Ende einer ganzen Fehlerkette dar.

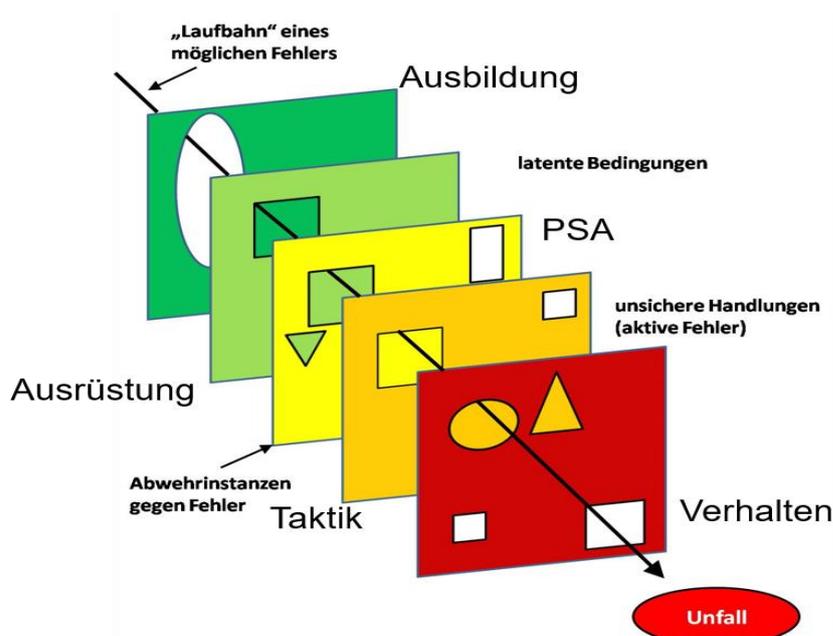


Abbildung 10: Swiss-Cheese-Model mit beispielhafter Zuordnung feuerwehrspezifischer Barrieren (Grafik: Verfasser)

## 2.4.2 Die TRIPOD-Analyse als Methode zur Unfallanalyse

Zur Untersuchung eines Unfalls bietet es sich basierend auf der Fehlerkette an, ausgehend vom Unfall/unerwünschten Ereignis den Verlauf durch die Barrieren sozusagen „rückwärts“ zu untersuchen. Eine dazu gut geeignete und anschauliche Methode ist die sog. TRIPOD-Analyse. Die TRIPOD-Analyse ist fachlich validiert und wird in einer Vielzahl von Industrien zur Unfallanalyse eingesetzt.

Bei einer Tripod-Analyse wird identifiziert, was die Ereigniskette ist (was), welche Barrieren fehlten oder versagten (wie) und was der Grund des Fehlens oder Versagens war (warum). Ereignisse werden mit den Begriffen „Objekte“ beschrieben (z. B. Personen, Anlagenteile), die durch „Agenten“ (alles mit einem Veränderungspotenzial) verändert wurden (vgl. BAUA, 2013).

Bei den Voraussetzungen für den Unfall wird unterschieden zwischen:

- unmittelbaren Ursachen: Fehler nahe am Unfall, die die Barrieren außer Kraft setzen (aktive Fehler)
- Vorbedingungen: Umwelt-, Situations- oder psychologische Lage (mentales Modell), die unmittelbare Ursachen hervorrufen
- zugrundeliegende Ursache: Defizite oder Anomalien, die oft unbemerkt bleiben und die Vorbedingungen kreieren (latente Fehler)

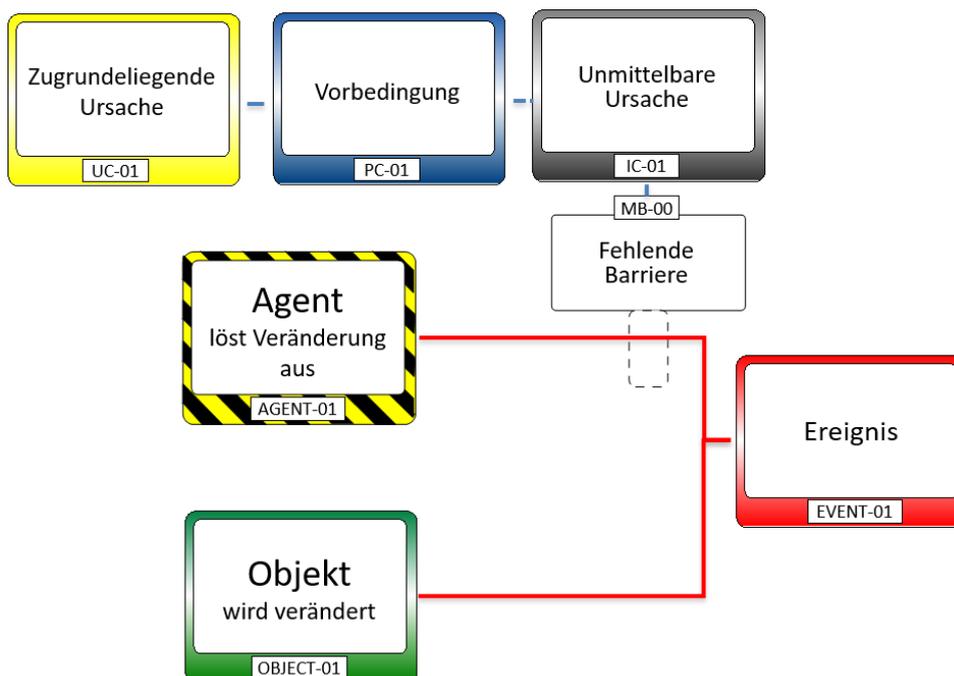


Abbildung 11: Bestandteile der TRIPOD-Systematik: Trio aus Ereignis, Objekt und Agent, fehlender Barriere sowie Wirkungspfad aus unmittelbarer Ursache, Vorbedingung und zugrundeliegender Ursache (Grafik: Verfasser, nach The Energy Institute 2015)

Der Ablauf einer TRIPOD-Unfalluntersuchung gliedert sich wie folgt: Nach einem Unfall oder unerwünschten Ereignis wird ein erster beschreibender Unfallbericht erstellt (was ist passiert unter welchen Umständen).

Im nächsten Schritt werden alle relevanten Informationen gesichtet und gesichert (z.B. zugehörige Arbeitsbeschreibungen, Zeugenbefragungen etc.). Darauf basierend wird der zeitliche Ablauf bis zum Unfall rekonstruiert (eine Zeitschiene erstellt).

Daran knüpft sich die TRIPOD-Analyse im engeren Sinne an: Es werden sog. TRIPOD-Trios erstellt (bestehend aus Ereignis, Objekt und Agent), untersucht wie es zum Ereignis kam (Identifikation fehlender oder versagter Barrieren) sowie betrachtet, warum es zum Unfall kam (Ursachenbetrachtung). Ggf. werden identifizierte weitere Unterlagen zusammengestellt. Abschließend wird der finale Untersuchungsbericht erstellt.

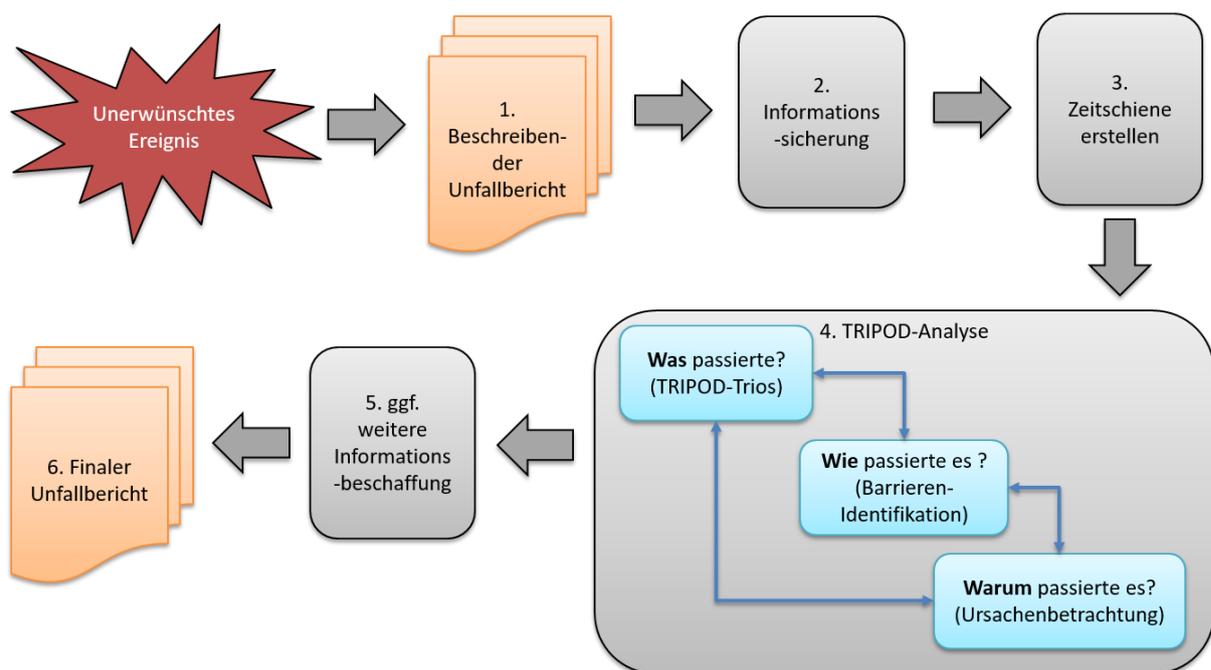


Abbildung 12: Analyse-Ablauf der TRIPOD-Systematik (Grafik: Verfasser, nach The Energy Institute 2015)

## 2.5 Zeitschiene

Basierend auf den Zeugenaussagen der Beteiligten wurde nachfolgender zeitlicher Ablauf des fraglichen Tages erstellt. Eine minutengenaue Zuordnung einzelner Ereignisse war dabei nicht möglich, ist für den Unfallhergang und –verlauf jedoch auch wenig erheblich.

Uhrzeit	Vorgang
Nach Eintreffen an RAGTAL	Sicherheitsbelehrung
Ca. 09.00	Demonstration Brandverlauf im Kleinmodell im Freien
	Ausrüsten der TN mit PA und PSA
Trainingsbeginn	Sicherheitsabfrage aller Teilnehmer, auch Verunfallter: Keine Hindernisse gegen Übungsdurchlauf
	RDA: Demonstration Brandverlauf, Flash Over, Rauchgasdurchzündung sowie der Über- bzw Unterdruckzone durch Ausbilder; TN beobachten im Sitzen ohne körperliche Anstrengung mit großer Wärmebeaufschlagung
	Pause mit Aufforderung zum Trinken und Abfrage Wohlbefinden
	WEA1: Übung Kellerbrand im alten Caisson. Brandlast 1 Europalette, da Anmarschrouten durch den Wärmeabzug vom Dach aus ins Erdgeschoss führt. Brand wird mit Sprühstrahl abgelöscht, Entstehung Problematik von Wasserdampf wird erläutert.
	Debriefung jedes Trupps mit Ausbilder
	Umziehen und Essen, Abfrage Wohlbefinden
	WEA2: Übung - Ablöschen der größeren Brandstelle mit mehr Wasser als bei der vorherigen Übung in der WEA 1. Daher mehr Wasserdampf entstanden.
	Debriefung jedes Trupps mit Ausbilder
Vor der Extra-Demonstration	Verunfallter tauscht Handschuhe gegen trockene Handschuhe aus
	Vorschlag der Instrukturen an die Teilnehmer für eine Extra-Demonstration "Bedeutung Wasserdampf" (keine reguläre Übung, sondern zusätzliche, spontane praktische Veranschaulichung). 9 von 15 Teilnehmern nehmen daran teil, Rest war schon erschöpft. Simulation eines "Löschfehler": Feuerstelle im unteren Container, eine Palette auf die vorhandene Glut gelegt. Alle Türen standen weit offen. Die 9 Kursteilnehmer wurden in zwei Gruppen (4 bzw. 5 TN) aufgeteilt, jeweils plus 1 Ausbilder. Durch eine Trennwand im Obergeschoss kommt es regelmäßig zu Orientierungsproblemen, daher wurde die Gruppe getrennt an den Türen 5 und 6 postiert. Die verschiebbare Stahltreppe stand an diesem Tag links im Container, Richtung Feuerstelle. Beide Türen im Obergeschoss (5 und 6) sowie die Tür 2 im Erdgeschoss (Schlauchleitung) standen im weiteren Verlauf offen.
	Die Gruppe mit dem Verunfallten stand in der Anlage unweit von Tür 6 als durch einen Ausbilder Wasser auf die Brandstelle (Impuls ca. 3 s bei 230 l/min, ergo 11,5 L) gegeben wird. Nach ca. 30 s Anstieg der Temperatur vermerkt, als der Wasserdampf nach oben zog, jedoch nicht als extrem bewertet; Sichtscheibe der Masken beschlagen. Nach weiteren ca. 30 s schlägt der Wasserdampf durch die PSA, Wahrnehmung des Temperaturanstiegs auf der Haut. Die TN stehen noch einen Moment an gleicher Stelle und verlassen dann die Anlage über Tür 6. Beide Gruppen verlassen die Anlage in etwa zeitgleich ohne Hektik.

	<p>Beim Verlassen der Gruppe (2 Leute waren bereits im Freien) stieß der dritte Teilnehmer (Verunfallter) als Vorletzter den vor ihm stehenden TN nach draußen und schlug seinen linken Handschuh hastig mit einer Abwärtsbewegung ab.</p>
Nach Verlassen der Anlage	<p>Feststellung der Verbrühung an der linken Hand.  Die Haut des linken Handrückens hat sich bereits gelöst und hängt in Fetzen herunter.  Wahrnehmung eines Ausbilders, dass der abgeschlagenen Handschuh des Verunfallten sehr dünn war.  Anwendung von Cooling Bags, Feststellung dass neben dem Handrücken auch die Handinnenfläche im Bereich des Daumens verbrüht ist.  RTW und wenig später SAMU<sup>3</sup> (Notarzt) zur Schmerzbehandlung bestellt. Da kein SAMU (vgl. RTH/NEF) verfügbar war, wurde der Kollegen schnellstmöglich ins KH gebracht.</p>
	<p>Ausbildungsleiter leitet gleichzeitig anderen Kurs in Echternach, trifft mit einiger Verzögerung an Unfallstelle ein.</p>

---

<sup>3</sup> <https://112.public.lu/fr/organisation/servamb/samu1.html> [Stand: 29.10.2019]

## 2.6 TRIPOD-Analyse des Unfalls

Das unter 2.4.2 beschriebene Prozedere zur TRIPOD-Analyse wurde durch die Verfasser auf den hier gegenständlichen Unfall angewendet. Das Ergebnis mit dem kausalen Wirkungspfad zeigt nachfolgende Abbildung.

Die einzelnen Barrieren werden im nachfolgenden Kapitel näher beleuchtet.

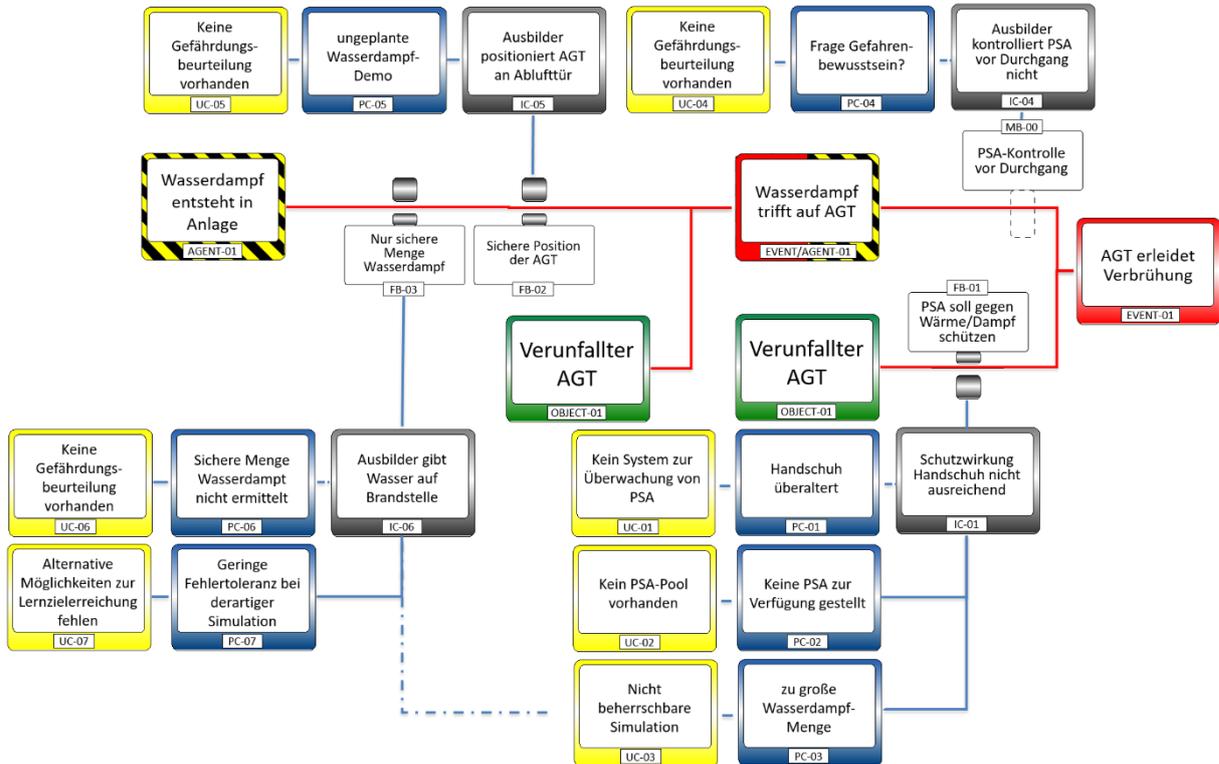


Abbildung 13: Übersichtsdarstellung TRIPOD-Wirkungspfad (Grafik: Verfasser)

## 3. Betrachtung der ineffektiven Barrieren

### 3.1 Keine erneute PSA-Kontrolle vor Übungsdurchgang

Nach Schilderung der Anwesenden und ausgehend vom resultierenden Unfall wurden augenscheinlich nur morgens vor Übungsaufnahme die PSA der Teilnehmer überprüft, nicht jedoch erneut vor der fraglichen Wasserdampf-Simulation. Bei einer solchen Überprüfung hätte auffallen können, dass überalterte Handschuhe zum Einsatz kommen und die am Morgen getragenen (und bereits überprüften Handschuhe) ausgetauscht wurden.

Eine solche zusätzliche Kontrolle kann entfallen, wenn die Maßnahmen 4.2 (PSA-Pool für Realbrandausbildung) und 4.3 (Landesweites System zur PSA-Überwachung) umgesetzt werden.

### 3.2 Unzureichende Schutzwirkung der PSA gegen Wasserdampf

Der vom Verunfallten genutzte Handschuh konnte keinen adäquaten Schutz gegen Wasserdampf bieten. Vermutlich lag das an einer lokal erhöhten Wasserdampfkonzentration im Bereich der verletzten Hand (weshalb nur diese verletzt wurde und keine andere Körperpartie) in Kombination mit dem überalterten/vorgeschädigten Handschuh.

### 3.3 Keine sichere Position der AGT während Simulation

Ausweislich des Ausbildungshandbuchs „Praktische Übungsanweisung ARI 1.4 – Realbrandausbildung Block 1 und 2“ wird das Auftreten, die physikalischen Eigenschaften sowie die Gefährdungs- und (sehr eingeschränkten) Schutzmöglichkeiten des AGT gegenüber heißem Wasserdampf lehrplanmäßig nicht behandelt. Die durchgeführte zusätzliche Demonstration, in deren Verlauf es zum Unfall kam, ist somit kein formaler, vorgeplanter Bestandteil der Realbrandausbildung.

Nach Aussage der beteiligten Trainer wurde diese Demonstration in der Vergangenheit bereits öfter durchgeführt. Eine Gefährdungsbeurteilung o.ä. liegt nicht vor.

Auch für die im Handbuch genannten, vorgeplanten Ausbildungsmodule liegen keine formalen Gefährdungsbeurteilungen vor, wenngleich einzelne Sicherheitsmaßnahmen explizit genannt sind. Eine systematische Herangehensweise an die Identifikation und Bekämpfungen von Gefährdungen ist nicht belegbar.

### 3.4 Keine sichere Menge Wasserdampf definierbar

Zur Menge des abgegebenen Wassers ergaben sich widersprüchliche Aussagen (130 l/min bzw. 230 l/min) aus dem Unfallbericht und der nachfolgenden Befragung der Beteiligten. Die Dauer der Wasserabgabe wurde lediglich durch den Ausbilder geschätzt. Somit ist die aufgegebene Wasserdampfmenge nicht definiert, womit kein sicherer Zustand verlässlich erreicht werden kann. Dazu trägt bei, dass bei der Art der Brandsimulation mit Festbrennstoff unterschiedliche Temperaturen und Wärmefreisetzungsraten in Abhängigkeit einer Vielzahl an Variablen (Umgebungstemperatur, Vorbrenndauer, Trocknungsgrad des Brennstoffs, Menge des Brennstoffs etc.) entstehen. Somit ist neben der Wassermenge auch die weitere wichtige Einflussgröße zur Wasserdampfentstehung nicht sicher ermittelt worden bzw. per se kaum verlässlich steuerbar.

Zur Einschätzung der Größenordnung des entstandenen Wasserdampfes kann die nachfolgende ingenieurmäßige Abschätzung der Wasserdampfbeaufschlagung dienen.

<b>Abgabe von ca. 130 l/min für 3 s</b>	<b>Abgabe von ca. 230 l/min für 3 s</b>
130 l/min / 60 = 2,17 l/s	230 l/min / 60 = 3,83 l/s
2,17 l/s x 3 s = 6,5 l	3,83 l/s x 3 s = 11,5 l
Annahme: T = 400 °C am Brandherd Aus u.g. Grafik folgt: 1 l Wasser flüssig wird zu 3.107 l Wasserdampf, ergo	
6,5 x 3.107 l = 20.195,5 l, ca. 20 m <sup>3</sup> Wasserdampf	11,5 x 3.107 l = 35.730,5 l, ca. 36 m <sup>3</sup> Wasserdampf
Variante: Bei T = 200 °C: 2.184 l pro l H <sub>2</sub> O flüssig	
6,5 x 2.184 l = 14.196 l, ca. 14 m <sup>3</sup> Wasserdampf	11,5 x 2.184 l = 25.116 l, ca. 25 m <sup>3</sup> Wasserdampf

Die betroffene Anlage besteht aus 3 x 40 Fuß-Containern (2 ebenerdig, 1 im 1. OG). Ein solcher Container hat ein Volumen von ca. 67 m<sup>3</sup>, ergo ein Gesamtvolumen von 201 m<sup>3</sup>. Demnach wurden durch die Wasserdampf-Demonstration bis zu ca. 18 % des Gesamt-Strukturvolumens mit heißem Wasserdampf gefüllt. Dieser zog erwartungsgemäß nach oben durch die geöffneten Türen ab, wo sich die Teilnehmer befanden. Lokal ergaben sich ggf. erhöhte Konzentrationen.

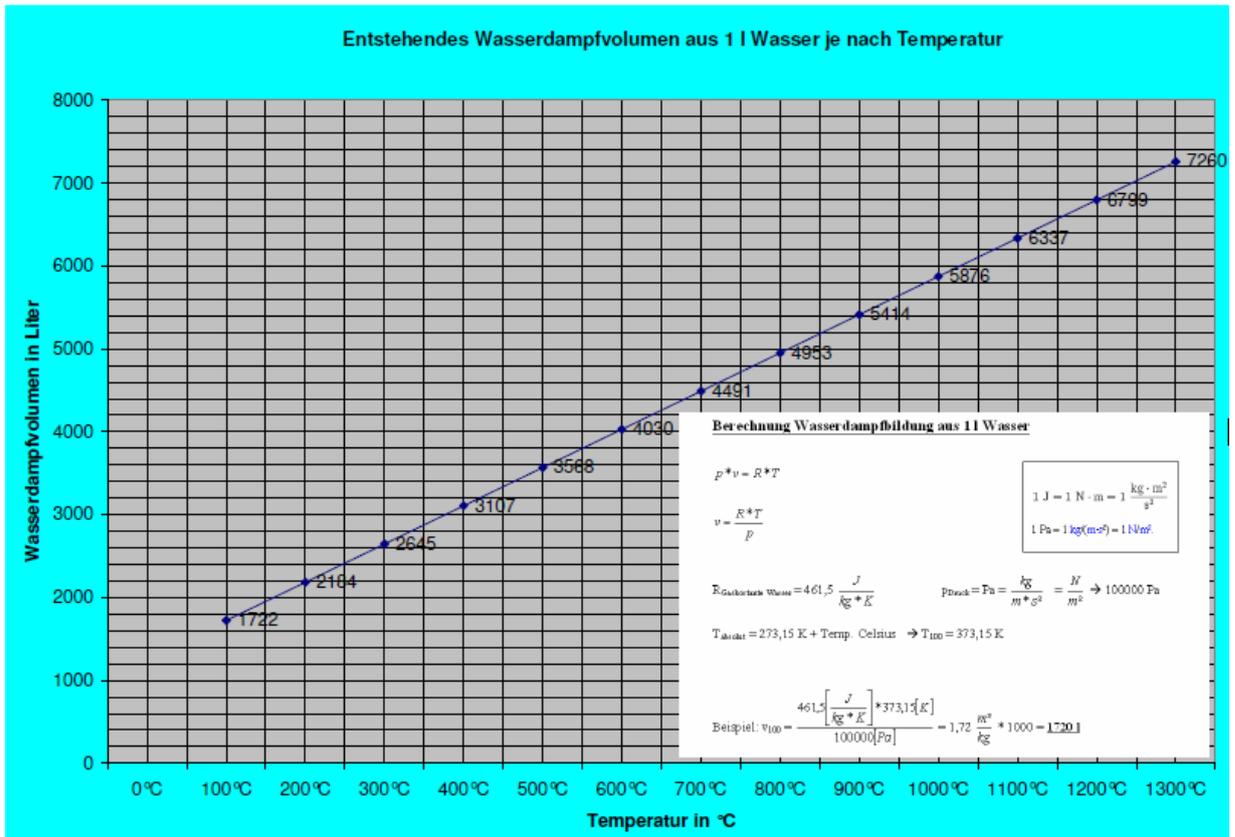


Abbildung 14: Entstehendes Wasserdampfvolumen aus 1 l flüssigem Wasser in Abhängigkeit der Temperatur (Grafik: Emrich, aus Ridder, 2013)

## 4. Maßnahmenableitung

Um künftig das Auftreten vergleichbarer Unfälle zu verhindern bzw. im Falle eines solchen Unfalles die Auswirkungen zu mildern werden basierend auf der Aufarbeitung des Unfalls Maßnahmen abgeleitet. Diese sollten in eigener Zuständigkeit des CGDIS umgesetzt werden.

Zur Maßnahmenpriorisierung wurden die Prioritätsstufen 1, 2 und 3 definiert. Maßnahmen der Stufe 1 sollten unverzüglich umgesetzt werden, jene der Stufe 2 bei nächster Gelegenheit. Maßnahmen der Stufe 3 sind als optionale, sinnhafte Verbesserungen zu betrachten.

### 4.1 Erstellung von Gefährdungsbeurteilungen für alle Ausbildungsszenarien (Prio-Stufe 2)

Für jedes planmäßig durchzuführende Modul der Ausbildung ist eine Gefährdungsbeurteilung zu erstellen. Diese ist zu dokumentieren und entsprechende Schutzmaßnahmen sind abzuleiten und umzusetzen. Nur vorgeplante Module inkl. Gefährdungsbeurteilung dürfen durchgeführt werden.

Zur Weiterentwicklung des Ausbildungsprogramms und zum Ausprobieren neuer Verfahren sind keine regulären Lehrgänge zu nutzen, sondern gesonderte Veranstaltungen durchzuführen. Ein formales Verfahren zur Einreichung von Verbesserungsideen und für Ergänzungen des Ausbildungsprogramms sollte etabliert werden. Dies könnte z.B. beim Ausbildungsleiter angesiedelt sein, der entsprechende Ideen sammelt. Im Rahmen von Trainer-Fortbildungen und extra Veranstaltungen sollte die Umsetzbarkeit erprobt werden, um daraus neue Unterrichtsinhalte zu entwickeln.

### 4.2 Pool für Realbrandausbildung-PSA in der RAGTAL (Prio-Stufe 1)

Vor der zusätzlichen Wasserdampf-Demonstration tauschten einige Teilnehmer (u.a. der Verunfallte) ihre bis dahin getragene Handschuhe gegen trockene aus.

Bei Trainingsabläufen ohne Abweichungen können die Teilnehmer üblicherweise mit einem Satz PSA den Ausbildungstag absolvieren. Um für die Fälle von ungeplanter Durchnässung (z.B. Wasserabgabe auf Teilnehmer, Schlauchplatzer, extremes Schwitzen etc.) trockene Kleidung anbieten zu können, bedarf es eines ausreichend dimensionierten Pools an Handschuhen, Flammenschutzhauben, Jacken und Hosen. Dieser Pool ist auf Reparatur- und Aussonderungsbedürftigkeit zu überwachen (s. auch Maßnahme 4.3).

Im Detail s. Hinweis zur DEKRA-Empfehlung Einrichtung PSA-Pool.

#### 4.3 Landesweites System zur Überwachung und Aussonderung von PSA inkl. Reinigung (Prio-Stufe 1)

Die Überprüfung der Teilnehmer-PSA durch Ausbilder bei den morgendlichen Evaluationen wurde an den vor der Unfall-Übung abgelegten Handschuhen durchgeführt, eine erneute Detail-Kontrolle an den getauschten Handschuhen wurde nicht durchgeführt. Diese ist entbehrlich, wenn sichergestellt wird, dass nur sichere und gebrauchsfertige PSA zum Einsatz kommt. Die Teilnehmer sollten mit ihrer eigenen PSA trainieren, um diese und ihre Grenzen kennenzulernen. Von Teilnehmern mitgebrachte PSA kann darüber hinaus durch bloßen Augenschein nicht sicher auf Vorschädigungen, Überalterung und übermäßigen Verschleiß überprüft werden.

Insofern bedarf es eines landesweiten Systems, um an allen CGDIS-Standorten nur sichere und regelmäßig gereinigte PSA zu nutzen. Eine entsprechende PSA-Überwachung nur am RAGTAL-Standort würde nicht ausschließen, dass in den Standorten überalterte oder aus sonstigen Gründen nicht gebrauchsfertige PSA genutzt wird. Dies könnte dann bei Realbrandeinsätzen zu Verletzungen führen.

Diese Maßnahmenempfehlung weicht insofern von der DEKRA-Empfehlung zur Einrichtung eines PSA-Pools an RAGTAL ab, als dass ein systematischer Rollout geprüfter und überwachter Ausrüstung inkl. Reinigungskonzept nicht nur für die RAGTAL notwendig erscheint, um künftig Verletzungen zu vermeiden. Auch alle weiteren CGDIS-Standorte bedürfen dieser Voraussetzungen.

#### 4.4 Unterlassung Wasserdampf-Demonstration (Prio-Stufe 1)

Obigen Ausführungen kann entnommen werden, dass ein sicherer, reproduzierbarer Verlauf der durchgeführten Wasserdampfdemonstration kaum durchführbar ist. Daher sollte auf diese Demonstration künftig verzichtet werden.

Stattdessen könnten in theoretischen Einheiten auf die Gefahren des Wasserdampfes und die eingeschränkte Schutzwirkung der PSA eingegangen werden. Praktische Erfahrungen könnten z.B. in der Sauna mit Aufgüssen gemacht werden.

## 4.5 Verbesserung rettungsdienstlicher Versorgung (Prio-Stufe 1)

Bezüglich der rettungsdienstlichen Versorgung des Verunfallten ist festzuhalten, dass die ergriffenen Maßnahmen dem Stand der Technik entsprechen.

Beim Übungsbetrieb muss geeignetes Sanitätsgerät, insbesondere für rettungsdienstliche Maßnahmen bei Verbrennungen und bei Herz-Kreislauf-Notfällen, einsatzbereit vorhanden sein. Die Qualifikationen, Einweisungen (Medizinprodukte) und Fortbildungen müssen natürlich dem vorgehaltenen Material entsprechen.

Vorzuhalten ist:

1. AED als Vollautomat
2. Material zur Kontrolle & Wiederherstellung der Herz-Kreislauf-Funktionen
3. Material zur Wundversorgung
4. Material zur Behandlung von Verbrennungen/Verbrühungen
5. Schleifkorbtrage



Abbildung 15: Sanitätsmaterial, Stand 29.06.19

### Prio-Stufe 1 – Sanitätsdienstliche Aus- und Fortbildung der Ausbilder:

Die Realbrandausbilder müssen mindestens einmal jährlich in die Bedienung und Handhabung der Sanitätsgeräte eingewiesen werden (vgl. Normenreihe DIN 14097).

### Prio-Stufe 1 – Erstversorgung von Brandwunden

Den allgemeinen Empfehlungen zur präklinischen Versorgung von Brandwunden<sup>4</sup>, insbesondere aus Sicht von Ersthelfern, sollte entsprochen werden. Die aktuell verfügbaren Möglichkeiten an der RAGTAL müssen dazu nur minimal optimiert werden.

- Zur Schmerzbekämpfung kann eine Kühlung mit Leitungswasser, dessen Temperatur bei etwa 20 °C liegt, erfolgen. Dabei sind folgende Regeln zu beachten:
  - Überbrückende Schmerzbekämpfung
  - Kühlung kleinflächiger schmerzhafter Areale mit Leitungswasser
  - Keine Kühlung bei Bewusstlosigkeit
  - Keine Kühlung großflächiger Areale
- Lockerer Wundverband mit Brandwundenverbandtuch
- Es sind keine Spezialverbände erforderlich, die vielfach nur zur Auskühlung beitragen

Zur initialen Versorgung von Brandwunden ist wie beschrieben je nach Verletzungsgrad die Kühlung mit Trinkwasser sinnvoll. Im Bereich der RAGTAL ist jedoch kein Trinkwasser verfügbar, so dass Alternativen gesucht werden müssen. Das bereitgestellte Wasser in dem vorhandenen Hochbehälter ist nicht sicher trinkbar und damit auch nicht für die Wundversorgung geeignet.

<sup>4</sup> <https://www.verbrennungsmedizin.de/leitlinien-erste-hilfe-brandverletzungen> [Stand: 29.10.2019]

Denkbar ist die Vorhaltung von gelhaltigen Wundauflagen (Widerspruch zu den Empfehlungen<sup>4</sup>), Vollelektrolytlösungen, Kochsalzlösungen oder destilliertes Wasser<sup>5</sup>. Infusionslösungen sind beispielsweise in 1000 ml-Flaschen verfügbar, destilliertes Wasser auch in 5 oder 10 l-Kanistern. Aufgrund der einfachen Anwendbarkeit und Logistik erscheint destilliertes Wasser geeignet. Die Applikation des Wassers oder auch einer Infusionslösung kann durch einen handelsüblichen Wasserzerstäuber optimiert werden. Neben der Einsparung von Wasser, kann eine gleichmäßigere und effizientere Kühlung erwartet werden<sup>6</sup>.

Im Rahmen einer jährlichen Inventur der medizinischen Notfallausrüstung muss auch das destillierte Wasser/Infusionslösungen kontrolliert und das Verfallsdatum beachtet werden.

Nach der Kühlung ist eine Abdeckung mit einem aluminiumbedampften Verbandtuch ratsam.

#### Prio-Stufe 2 - Ersatz der Kühlbecken

Die Schutzkleidung reduziert den normalen Kühlungsmechanismus des Körpers: Konvektion (Strahlung) und Verdunstung von Schweiß belasten den Träger. Das Ergebnis kann von "bloß" unbequem bis hin zu Hitzeerkrankungen und Kollaps führen. Nach thermischen Belastungen sollte die Körperkerntemperatur daher gesenkt werden. Wasserbecken zur Kühlung sind eine einfache Lösung und an der RAGTAL in Form von ausgedienten Spülbecken realisiert. Durch das Öffnen und Schließen der eingetauchten Hände („Pump“-Effekt) wird das Blut abgekühlt und mit dem Kreislauf die Körperkerntemperatur effektiv gesenkt<sup>7</sup>.

Die vorhandenen Becken sollten jedoch durch neue, gut sichtbare und eindeutig gekennzeichnete Kühlbecken ersetzt werden. Um die Becken vor der Witterung zu schützen, sollte über falt-, klapp- oder stapelbare Lösungen nachgedacht werden. Die Standorte sollten deutlich und dauerhaft gekennzeichnet sein, um eine zuverlässige Orientierung zu bieten. Das Wasser ist vor Übungsbeginn frisch einzufüllen, um eine Verkeimung zu reduzieren.

Aufgrund des fehlenden Trinkwassers ist die Kühlung von Brandwunden kritisch einzustufen und max. eine Kühlung von Hautrötungen vertretbar. Die Empfehlung aus dem DEKRA-Gutachten die RAGTAL an die Trinkwasserversorgung anzuschließen, kann auch unter diesem Aspekt befürwortet werden.

#### Prio-Stufe 3 - Rettungsdienst

Sollten regelmäßige Lücken in der rettungsdienstlichen Versorgung der RAGTAL zu erwarten sein, ist ein Notfallkranenwagen als Transportmittel sinnvoll. So kann im Zweifel per Rendezvous-System mit dem Notarzt zusammengearbeitet oder ein eigenständiger Transport zum nächsten Krankenhaus durchgeführt werden.

Für eine präklinische Erstversorgung sollte mind. eine Person mit rettungsdienstlicher Qualifikation (mind. Rettungssanitäter) an der RAGTAL zur Verfügung stehen.

---

<sup>5</sup> <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22336796>, 15.02.2012 [Stand: 29.10.2019]

<sup>6</sup> [https://edoc.ub.uni-muenchen.de/8140/1/Schnell\\_Hein\\_M.pdf](https://edoc.ub.uni-muenchen.de/8140/1/Schnell_Hein_M.pdf), 2008 [Stand: 29.10.2019]

<sup>7</sup> <https://www.atemschutzunfaelle.eu/download/handcooling.pdf>, 2004 [Stand: 29.10.2019]

## 4.6 Weitere, allgemeingültige Empfehlungen (Prio-Stufe 3)

Die folgenden Maßnahmen resultieren nicht aus dem kausalen Wirkungspfad des konkreten hier betrachteten Unfalls. Sie entsprechen jedoch dem Stand der Technik und stellen eine sinnvolle Verbesserung der Realbrandausbildung dar. Alle nachgenannten Maßnahmen sind in die Prioritätsstufe 3 eingeordnet.

### Persönlicher Atemschutznachweis

Analog dem Standard der deutschen Feuerwehren und dem internationalen Tauchwesen ist die Einführung bzw. stringente Nutzung von persönlichen Atemschutznachweisen bzw. Logbüchern empfehlenswert. Die im Jahr 2010 durch großherzogliche Reglements eingeführten Atemschutznachweise sollten nach einer Überarbeitung im CGDIS verbindlich eingeführt werden. In dem Nachweisheft werden Ausbildungen, Fortbildungen, Einsätze, arbeitsmedizinische Untersuchungen etc. nachgewiesen. Ein solcher Nachweis kann auch für die medizinische Tauglichkeitsuntersuchung sehr hilfreich sein.

Zudem könnten brisante Einsätze dokumentiert werden, wenn z.B. krebsverdächtige Stoffe freigesetzt wurden. In Deutschland gilt eine 40-jährige Nachweispflicht, um Berufskrankheiten geltend machen zu können. Eine vergleichbare Nachweispflicht besteht in Luxemburg u.a. für Arbeiten mit Asbestfreisetzung. In Papierform kann dieses Logbuch persönlich geführt und bei einem Wechsel der Feuerweereinheit mitgenommen werden.

### Medizinische Überwachung

Grundsätzlich ist eine medizinische Überwachung aller Atemschutzgeräteträger auch in Einsätzen und Übungen sinnvoll. Ein Innenangriff und eben auch die Realbrandausbildung kann physisch sehr fordernd sein. Je nach Tagesform, Fitness- und Gesundheitszustand ist eine körperliche Grenzerfahrung möglich, die durchaus zu akuten Erkrankungen führen kann.

Selbstverständlich läuft vieles automatisch und die Führungskräfte kümmern sich meist frühzeitig um Kompensationsmaßnahmen. Neben der Einhaltung der Einsatzstellenhygiene und der wichtigen Flüssigkeitsaufnahme machen bei größeren Lagen oder längeren Ausbildungsveranstaltungen Ruhezeiten Sinn. Die medizinische Überwachung ist ebenfalls ein sehr wichtiger Aspekt dem Bedeutung geschenkt werden muss.

In einer Rehabilitationszone kann die Pausenzeit sinnvoll genutzt werden und die Kontrolle der Vitalparameter erfolgen.

Da es keine gesicherten Grenzwerte zur zulässigen Höhe des Blutdrucks und der Herzfrequenz bei Einzel- oder Dauerbelastung gibt, können die von Atemschutzunfaelle.eu erarbeiteten Beurteilungskriterien nur orientierenden Charakter haben. Im Ruhezustand, d. h. ohne Stress, sitzend in vollkommener Ruhe ist der Blutdruckwert bis zu 140/90 mmHg als normal anzusehen. Dieser Ruhewert soll fünf Minuten nach einer Belastung wiedererlangt werden. Da der

Überwachung von Einsatzkräften  
während belastenden Einsätzen/Übungen

Name	Ruhezeit		Grenzwerte vor einer (erneuten) Belastung					
	Start	Ende	RR sys	RR dia	Puls	SpO <sub>2</sub> (%)	SpCO (%)	Temp. (°C)
			160	100	100	< 95	10	38
Axel Schweiß	11:20	12:40	140	90	90	98	3	37,5
Harbert Heilig	11:25	12:45 T 37,8°C	150	95	97	99	2	38,8
Hans Ruffig	11:40	11:55 → 12:00 11:55-1	135	80	87	99	12	37,2
John Wayne	11:40	12:30	140	85	85	96	8	37,6
Max Bar	12:05	12:30 Einatmung	160	110	90	98	2	37,1

(c) Atemschutzunfaelle.eu, Sept. 2008/April 2015

Abbildung 16: Überwachungsbogen (Grafik: Verfasser)

Ruhewert aufgrund von Stress und Vorbelastung (Tragen von Ausrüstung...) höher sein darf, ist ein Grenzwert von max. 160/100 mmHg anzuerkennen. Die Herzfrequenz sollte vor der Übung 100 Schläge/Minute nicht überschreiten. Die Körpertemperatur kann in den ersten 15 Minuten nach der Belastung weiter ansteigen und sollte gemessen werden. Eine weitere Betreuung ist ab 38 °C ratsam und ein erneuter Einsatz/Übung sollte bis zur Temperaturabsenkung ausgeschlossen werden. Der von Atemschutzunfaelle.eu erstellte Überwachungsbogen ist als kostenloser Download verfügbar<sup>8</sup> und beinhaltet entsprechende Richtwerte für Puls, Blutdruck, Temperatur, Sättigung SpO<sub>2</sub> sowie SpCO. Bereits vorhandene Überwachungsbögen des CGDIS sollen auch bei Übungen angewendet und die Ergebnisse im persönlichen Atemschutznachweis festgehalten werden. Unabhängig von den Grenzwerten sollte eine Pausenzeit mind. die doppelte Einsatzzeit betragen. In dieser Zeit können, neben der medizinischen Überwachung, die Trocknung der Schutzkleidung und die Flüssigkeitszufuhr erfolgen. Der vorhandene Pausenbereich der RAGTAL kann so zu einer sinnvollen Rehabilitationszone erweitert werden.

### Ponchos zum Schutz von PSA und Atemschutztechnik

Die Teilnehmer sollen die Realbrandausbildung mit der am Standort verfügbaren PSA erfahren, um die sichere Anwendung trainieren zu können. Allerdings können Sachschäden nicht ausgeschlossen werden. Entsprechende Ponchos können den Kopf/Oberkörper vor Materialverschleiß (insbesondere Helm und Atemschutzgerät) schützen und die Kontamination reduzieren.

### Sicherheitsassistent

Alle Ausbilder haben das oberste Ziel, dass alle Teilnehmer und Ausbilder die Ausbildungseinheiten gesund absolvieren. Die an der RAGTAL etablierten Sicherheitsabfragen für die Teilnehmer sowie die Sicherheitseinweisung gem. ARI 1.4 sind wichtige Instrumente, die auch in der Zukunft gelebt und fortgeschrieben werden müssen.

Den Ausbildern wird eine hohe Fach- und Sozialkompetenz zugesprochen, dennoch kann sich ein Ausbilder nicht immer um jedes Detail kümmern oder seine Augen überall haben.

Daher empfehlen die Verfasser ein weiteres Paar Augen in der Form eines benannten Sicherheitsassistenten<sup>9</sup>. Der Sicherheitsassistent kann dabei aus den Reihen der Ausbilder benannt werden. Es ist zu prüfen, ob die jetzige Anzahl der Ausbilder vielleicht sogar ausreicht, um diese Funktion einzurichten. Teilaufgaben werden schon heute von den Ausbildern übernommen.

Die Einrichtung der Funktion des Sicherheitsassistenten wird darüber hinaus auch für den Einsatzdienst empfohlen.

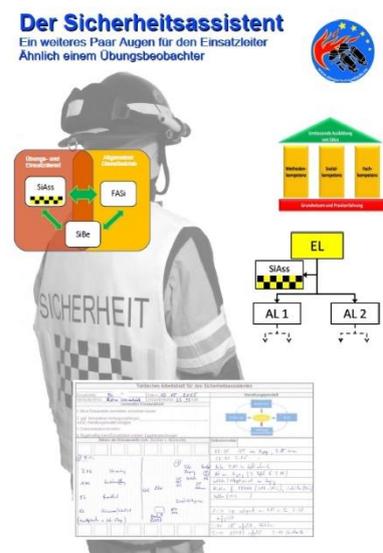


Abbildung 17: Der Sicherheitsassistent - integrierbar im Übungs- und Einsatzdienst (Grafik: Verfasser)

<sup>8</sup> <https://www.atemschutzunfaelle.eu/gesundheits/REHAB-Checkliste-Ueberwachungsbogen.pdf> [Stand: 29.10.2019]

<sup>9</sup> <https://www.atemschutzunfaelle.eu/ausbildung/sicherheitsassistent.html> [Stand: 29.10.2019]

Der Sicherheitsassistent ist zuständig für alle sicherheitsrelevanten Belange während des Ausbildungstags, z.B.:

- Löschwasservorrat prüfen
- Redundanzen prüfen (zweites Löschfahrzeug etc.)
- Notrufverbindung zur Leitstelle mit Tetra-Funk und (Mobil-)telefon sicherstellen
- Kühlbecken füllen
- Rehabilitationszone einrichten
- Sicherheitseinweisung durchführen
- Sicherheitsabfrage für Teilnehmer/Ausbilder verwalten
- Überwachung der PSA
- Überwachung der standardisierten Übungsabläufe
- Einhaltung von Gefährdungsbeurteilungen/Anpassungsbedarfe melden
- Kontaminationsverschleppung verhindern
- Pflege/Gegenzeichnung der Logbücher
- usw.

## 5. Umsetzungsstand DEKRA-Gutachten

Ausweislich des DEKRA-Gutachtens „Bewertung einer Feststoff / gasbefeuerter Brandübungsanlage auf dem Übungsgelände der RAGTAL Mertert-Wasserbillig“ vom 22.02.2019 sind bezüglich des technischen und organisatorischen Gesamtzustands der RAGTAL Empfehlungen zur Verbesserung ausgesprochen worden. Nach Ansicht der Verfasser sollten diese vollumfänglich umgesetzt werden.

In der Tabelle auf der folgenden Seite werden für den Unfallhergang und -verlauf relevante Punkte auszugsweise gesondert beleuchtet. Doppelnennungen mit den unter 4. abgeleiteten Maßnahmen sind dabei beabsichtigt.

Grundlage ist die vom CGDIS kommentierte Fassung des Gutachtens mit dem jeweiligen Umsetzungsstand pro Maßnahme, den Verfassern übergeben am 06.09.2019.

### **Notrufverbindung**

**Empfehlung DEKRA:** Es sollte eine funknetzunabhängige Notfalltelefonverbindung zur nächsten Rettungsdienst- und Feuerwehrleitstelle erstellt werden, sodass im Notfall eine Alarmierung externer Einsatzkräfte als gesichert angesehen werden kann.

**Status CGDIS:** Projekt angestoßen, Festnetztelefonanschluss

### **Prozess-Dokumentation**

**Empfehlung DEKRA:** Eine Verbesserung der Dokumentation der Anlagen incl. der entsprechenden Ausarbeitung von Arbeitsanweisungen zur Nutzung der Anlagen (Festlegungen von Vorabkontrollen etc.), Wartungs- und Instandhaltungsplänen sowie der verschiedenen Anlagen wird für erforderlich erachtet. Hier sollte eine digitale, rechtssichere Dokumentation eingeführt werden. Die Inhalte der Dokumentation sollten in einem zusätzlichen Arbeitsgang festgelegt werden.

**Status CGDIS:** Arbeitsanweisungen, Anweisungen betreffend der Szenarien der praktischen Übungen sowie der Lerninhalte, Lernziele sowie maximale Teilnehmerzahl/Instruktor sowie die Mindestqualifikation der Instruktoren sind verfasst und allen Instruktoren im SharePoint des INFS frei zugänglich.

**Hinweis:** Es ist sicherzustellen, dass die so dokumentierten Prozesse auch umgesetzt werden und insbesondere keine abweichenden, unregelmäßigen Übungsszenarien im normalen Übungsbetrieb durchgeführt werden.

### **Einrichtung PSA-Pool**

**Empfehlung DEKRA:** Weiterhin sollte eine Versorgung der Übungsteilnehmer an dem jeweiligen Übungstag mit Schutzkleidung eingeführt werden. Die verschmutzte Schutzkleidung ist nach Beendigung der Übung entsprechend zu verpacken und einem zu dokumentierenden Reinigungszyklus zuzuführen. Gleichmaßen ist mit der Schutzkleidung und Ausrüstung der Ausbilder zu verfahren.

**Status CGDIS:** Hier hat das INFS bereits ein Angebot einer professionellen Reinigung, bei welcher schon Tests durchgeführt wurden. Sobald das INFS um genügend Schutzkleidung (Brandschutz & Handschuhe) verfügt, werden den Teilnehmern vor Ort Kleidung zur Verfügung gestellt, welche dann nach der Schulung vom externen Reinigungsanbieter abgeholt werden und aufbereitet werden nach Herstellerangaben. (...)

**Hinweis:** Die Einführung eines Pools an PSA für Übungsteilnehmer und Ausbilder ist elementar, um als Betreiber der Anlage eine gesicherte Qualität der verwendeten PSA garantieren zu können. Dies schließt die o.g. Reinigung und Pflege mit ein sowie ein rechtzeitiges Ausmustern von PSA mit Verschleißerscheinungen bzw. Schäden. Von Teilnehmern mitgebrachte PSA kann durch bloßen Augenschein nicht sicher auf Vorschädigungen, Überalterung und übermäßigen Verschleiß überprüft werden, so dass dieser Unsicherheitsfaktor durch einen Pool an geprüfter Übungs-PSA ausgeschlossen werden sollte.

## 6. Fazit

Im Zuge der Aufbereitung des Unfalls vom 15. Juni 2019 konnte festgestellt werden, dass für das CGDIS die Sicherheit und der Gesundheitsschutz der Feuerwehrangehörigen einen sehr hohen Stellenwert besitzen. Dies zeigt sich im offenen Umgang mit der Unfallaufbereitung und der Beauftragung externer Sachverständiger mit der Unfallanalyse, was keine Selbstverständlichkeit ist. Auch die sehr gute Unterstützung seitens des CGDIS durch Bereitstellung von Unterlagen, Erteilen von Auskünften und die Bereitschaft für Interviews verdient lobende Erwähnung.

Weiterhin zeigt sich, dass das bestehende Realbrandausbildungsprogramm grundsätzlich strukturiert abläuft und eine gute Vorbereitung der Feuerwehrangehörigen auf den Einsatzdienst ermöglicht. Bestehende Verbesserungspotentiale wurden im vorliegenden Bericht aufgezeigt. Diese stellen jedoch die laufende Realbrandausbildung in der RAGTAL nicht grundsätzlich in Frage.

Wie häufig im Bereich von Unfällen lässt sich keine einzelne Ursache identifizieren, mit deren Abstellung künftig ähnliche Unfälle vermieden werden könnten. Vielmehr ergab sich durch die Verknüpfung verschiedener Vorbedingungen, zu Grunde liegender Ursachen und unmittelbarer Ursachen eine Konstellation, die leider zum Unfall führte. Diesem Umstand trägt die hier gewählte Form der TRIPOD-Analyse Rechnung: Durch die vom Unfallereignis ausgehende, „rückwärts“ gerichtete Untersuchung wurden tiefer liegende Voraussetzungen identifiziert, welche eine Unfallentstehung begünstigten. Die vorgeschlagenen Maßnahmen zielen darauf ab, ausgehend vom eingetretenen Unfall proaktiv und präventiv auch ähnliche Unfallsituationen in Zukunft auszuschließen.

Insofern ist zu erwarten, dass bei Umsetzung der hier empfohlenen Maßnahmen nicht nur die Realbrandausbildung in der RAGTAL noch sicherer und besser wird; auch die Voraussetzungen für einen sicheren und gesunden Einsatz- und Übungsdienst der Feuerwehrangehörigen im gesamten Großherzogtum würden verbessert. Damit werden aus diesem Unfall richtige und wichtige Lehren gezogen, was die Feuerwehr dem Verunfallten schuldig ist. Dieser Verpflichtung gilt es nun nachzukommen.

## Literatur

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAUA): Ganzheitliche Unfallanalyse – Leitfaden zur Ermittlung grundlegender Ursachen von Arbeitsunfällen in kleinen und mittleren Unternehmen, Forschungsprojekt F 2287, Dortmund 2013

DIN 14097 Teil 1 – 5: Feuerwehrwesen – Feuerwehrübungsanlagen

Leitlinie zur Behandlung thermischer Verletzungen des Erwachsenen, AWMF-Register-Nr.: 044-001, August 2018

Lüssenheide, B.: Risiko von Krebs-, Hitze- und Kreislauferkrankungen, 2015 – URL: <https://www.atemschutzunfaelle.eu/gesundheit/hitzschlag.html#rehab> [Stand: 29.10.2019]

Ridder, A. (Hrsg.): Brandbekämpfung im Innenangriff – Flashover und Backdraft, Löschmethoden, Einsatztaktik, Realbrandausbildung. Reihe Einsatzpraxis, Verlag ecomed, Landsberg am Lech 2013

Ridder, A.: VdS 2847-21 - Der Sicherheitsassistent als Baustein eines umfassenden Sicherheitsmanagements bei der Feuerwehr (Wuppertaler Berichte zur Sicherheitstechnik und zum Brand- und Explosionsschutz Band 10)", Ausgabe 10/2014

Ruddock, Chatziopoulos, Parkington, Tew, Purvis: Effect of hand cooling on body temperature, cardiovascular and perceptual responses during recumbent cycling in a hot environment, Journal of Science and Cycling, Band 3, Nr. 2, 2014 – URL: <http://www.jsc-journal.com/ojs/index.php?journal=JSC&page=article&op=view&path%5B%5D=129> [Stand: 29.10.2019]

Scherbening, H.-J.; Stahl, M.: DEKRA-Gutachten im Auftrag des CGDIS „Bewertung einer Feststoff / gasbefeuerten Brandübungsanlage auf dem Übungsgelände der RAGTAL Mertert-Wasserbillig“ vom 22.02.2019

Schnell, Hein Martin: Kühlung großflächiger Brandwunden mit gesprühter Kühlflüssigkeit, Dissertation, Bad Friedrichshall, 2008 – URL: [https://edoc.ub.uni-muenchen.de/8140/1/Schnell\\_Hein\\_M.pdf](https://edoc.ub.uni-muenchen.de/8140/1/Schnell_Hein_M.pdf) [Stand: 29.10.2019]

Smith, Douglas: handcooling, Institute of Naval Medicine, übersetzt von Kathrin Lüssenheide für Atemschutzunfaelle.eu, 2004 – URL: <https://www.atemschutzunfaelle.de/download/handcooling.pdf> [Stand: 29.10.2019]

The Energy Institute London: TRIPOD BETA – Guidance on using Tripod Beta in the investigation and analysis of incidents, accidents and business losses. 2015

Verbrennungsmedizin.de – URL: <https://www.verbrennungsmedizin.de/leitlinien-erste-hilfe-brandverletzungen> [Stand: 29.10.2019]

## Unterlagen des CGDIS

- Ausbilderliste RAGTAL vom 15.06.2019
- Ausbildungsplan für IFIS-CFB Trainer der RAGTAL [Stand: 29.06.2019]
- DEKRA-Gutachten, Bewertung RAGTAL vom 22.02.2019
- Kompetenzschema für IFIS-CFB Trainer der RAGTAL [Stand: 29.06.2019]
- Kopie der Sicherheitsabfrage des Unfallopfers zu Beginn der Ausbildung am 15.06.2019
- Kopie der handschriftlichen Meldung im Zwischenfallregister der RAGTAL, 15.06.2019
- Lehrunterlage ARI 1 – Brandverlauf, 2018, Version 1.1 [Stand: 29.06.2019]
- Praktische Übungsanweisung ARI 1.4 – Realbrandausbildung Block 1 und 2 [Stand: 29.06.2019]
- Teilnehmerliste, Liste des Participants RAGTAL vom 15.06.2019
- Unfallbericht der CFB-Trainer zum Unfall am 15.06.2019

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Nachbereitung - Vor-Ort-Termin am 29.06.19 .....	6
Abbildung 2: WEA 2 (Skizze aus ARI I.4) .....	6
Abbildung 3: Bild vom 15.06.19 .....	10
Abbildung 4: Bild vom 23.07.19 .....	10
Abbildung 5: Bild vom 15.06.19 .....	11
Abbildung 6: Bild vom 23.07.19 .....	11
Abbildung 7: Loch im Oberstoff (Karabinerschlaufe) .....	13
Abbildung 8: Reflexmaterial/Klett geschrumpft .....	13
Abbildung 9: Etikett geschrumpft (Vergleich mit re. Handschuh) .....	13
Abbildung 10: Swiss-Cheese-Model mit beispielhafter Zuordnung feuerwehrspezifischer Barrieren (Grafik: Verfasser) .....	16
Abbildung 11: Bestandteile der TRIPOD-Systematik: Trio aus Ereignis, Objekt und Agent, fehlender Barriere sowie Wirkungspfad aus unmittelbarer Ursache, Vorbedingung und zugrundeliegender Ursache (Grafik: Verfasser, nach The Energy Institute 2015) .....	17
Abbildung 12: Analyse-Ablauf der TRIPOD-Systematik (Grafik: Verfasser, nach The Energy Institute 2015).....	18
Abbildung 13: Übersichtsdarstellung TRIPOD-Wirkungspfad (Grafik: Verfasser).....	21
Abbildung 14: Entstehendes Wasserdampfvolumen aus 1 L flüssigem Wasser in Abhängigkeit der Temperatur (Grafik: Emrich, aus Ridder, 2013) .....	24
Abbildung 15: Sanitätsmaterial, Stand 29.06.19.....	27
Abbildung 16: Überwachungsbogen (Grafik: Verfasser).....	29
Abbildung 17: Der Sicherheitsassistent - integrierbar im Übungs- und Einsatzdienst (Grafik: Verfasser) .....	30