



Thema

Rauchdurchzündung und Rauchexplosion

Gliederung

1. Einleitung
2. Ablauf eines Zimmerbrandes
3. Rauchdurchzündung (Flashover)
4. Rauchexplosion (Backdraft)
5. Druckverhältnisse im Brandraum
6. Anzeichen der Rauchdurchzündung
7. Anzeichen der Rauchexplosion
8. Grundlagen des taktischen Vorgehens
9. Vorgehensweise des Atemschutztrupps
10. Zusammenfassung, Wiederholung, Lernkontrolle

Lernziele

Die Teilnehmer müssen nach diesem Ausbildungsabschnitt folgende Kenntnisse besitzen

Großlernziel

- Rauchdurchzündung und Rauchexplosion – Entstehung, Anzeichen und Gegenmaßnahmen kennen

Feinlernziele

- Ablauf eines Zimmerbrandes kennen
- Voraussetzungen für Rauchdurchzündung (Flashover) kennen
- Voraussetzungen für Rauchexplosion (Backdraft) kennen
- Druckverhältnisse im Brandraum kennen
- Anzeichen für Rauchdurchzündung kennen
- Anzeichen für Rauchexplosion kennen
- Gegenmaßnahmen des Angriffstrupps bei Anzeichen für Rauchdurchzündung und Rauchexplosion kennen

Stunden

Unterricht: 1

Praxis: —



Ausbilderleitfaden für die Feuerwehren Bayerns *Atemschutzgeräteträger*

AT 3.3.3

Seite 2

- Wissen, welche Grundsätze beim Einsatz des Strahlrohrs in Brandräumen zu beachten sind
- Wissen, wie das Rauch-Impuls-Löschverfahren richtig eingesetzt wird

Ausbilderunterlagen

- a) Erforderliche Unterlagen, die den Lerninhalt für den Ausbilder darstellen
 - Keine
- b) Ergänzende Unterlagen (bei Bedarf für den Ausbilder zur Vertiefung und als Hintergrund)
 - Merkblatt Rauchdurchzündung – Rauchexplosion – Strahlrohre, Staatliche Feuerweherschule Würzburg (nur als Beilage im Ausbilderleitfaden „Atemschutzgeräteträger“)
 - Paul Grimwood, Taktische Brandbekämpfung – Flashover und Strahlrohrtechniken, CEMAC Crisis & Emergency Management Centre, www.cemac.org
 - Südmersen et.al. Vorgehen im Innenangriff, Ecomed-Verlag

Lernhilfen

- a) Hilfsmittel für den Ausbilder
 - Folien AT 3.3.3 - 1 bis AT 3.3.3 - 9
- b) Hilfsmittel für die Teilnehmer
 - Keine

Vorbereitungen

- Keine

Anmerkungen

- Keine

Sicherheitsmaßnahmen

- Keine



Ausbilderleitfaden für die Feuerwehren Bayerns Atemschutzgeräteträger

AT 3.3.3
Seite 3

Zeit	Lerninhalt/Lernschritte	Hinweise (Lernhilfen, Methoden u. ä.)
45 Min.	<p>Thema</p> <p>Rauchdurchzündung und Rauchexplosion</p> <p>1. Einleitung</p> <p>Durch den immer besseren Schutz, den die moderne Schutzkleidung heute bietet, nimmt die Gefahr zu, dass sich der Angriffstrupp zu weit in einen Brandraum hineinbewegt, weil die Temperaturempfindung eingeschränkt ist</p> <p>Der Trupp muss deshalb verstärkt auf Anzeichen von Rauchdurchzündung und Rauchexplosion achten</p> <p>Erkennt er solche Anzeichen, muss er wirksame Gegenmaßnahmen einleiten, die in dieser Ausbildungseinheit besprochen werden</p> <p>2. Ablauf eines Zimmerbrandes</p> <p>Welche Vorgänge laufen bei einem Zimmerbrand, ausgelöst z. B. durch eine brennende Zigarettenkippe, die auf einen Polstersessel fällt, ab?</p> <ul style="list-style-type: none">– Zunächst Schwelbrand– Nach einiger Zeit bildet sich eine Flamme– Ausbildung einer Rauchschiicht im oberen Teil des Raumes, die mit Pyrolysegasen und brennbaren Produkten unvollständiger Verbrennung, z. B. Kohlenmonoxid, angereichert wird <p>3. Rauchdurchzündung (Flashover)</p> <ul style="list-style-type: none">– Sobald genügend brennbare Gase im Rauch sind, können sich zwischen Luft- und Rauchgrenze oder bei Austritt aus dem Raum innerhalb der Rauchschiicht Flammenzungen bilden, wodurch sich die Wärmestrahlung weiter erhöht– Bei Erreichen der unteren Explosionsgrenze (UEG) und ausreichend Sauerstoff zündet die Rauchschiicht durch	<p>An die Tafel schreiben: <i>Rauchdurchzündung und Rauchexplosion</i></p> <p>Folie AT 3.3.3 - 1 auflegen und erläutern</p> <p>Pyrolyse ist die Zersetzung von festen, flüssigen oder gasförmigen Stoffen, meist bei hohen Temperaturen. Dabei entstehen aus den ursprünglichen Stoffen kleinere Moleküle, die meist brennbar sind</p> <p>Hinweis auf Grundausbildung Atemschutzgeräteträger: Kohlenmonoxid ist ein brennbares, giftiges Gas</p>



Ausbilderleitfaden für die Feuerwehren Bayerns *Atemschutzgeräteträger*

AT 3.3.3
Seite 4

Zeit	Lerninhalt/Lernschritte	Hinweise (Lernhilfen, Methoden u. ä.)
	<ul style="list-style-type: none">– Ein dabei häufig auftretendes Erscheinungsbild ist eine Stichflamme– Wenn bei unzureichender Sauerstoffzufuhr die Explosionsgrenze oberhalb der UEG liegt und durch Öffnen von Fenstern oder Türen plötzlich Sauerstoff zugeführt wird, kommt es zur Durchzündung– Dieser Vorgang der plötzlichen Durchzündung der brennbaren Gase, die sich meistens in einer Rauchsicht ansammeln, wird als Rauchdurchzündung (Feuerübersprung, Flashover) bezeichnet <h4>4. Rauchexplosion (Backdraft)</h4> <p>Ein weiteres Phänomen, das bei Bränden auftreten kann, ist die Rauchexplosion (Backdraft)</p> <p>Damit eine Rauchexplosion stattfinden kann, muss sich im Raum zunächst ein größeres Feuer entwickelt haben und der Raum muss verschlossen sein</p> <ul style="list-style-type: none">– Die beim Brand freigesetzte Wärme staut sich im Raum und verstärkt die Bildung von Pyrolysegasen– Da der Raum geschlossen ist, ist zum einen der Abzug der Pyrolysegase behindert, zum anderen gelangt kein Sauerstoff in den Brandraum– Bleibt der Raum geschlossen, wird der Brand wegen des Sauerstoffmangels verlöschen– Wird jedoch eine Raumöffnung geschaffen, strömt Sauerstoff in den Raum ein, was durch die Druckverhältnisse im Brandraum unterstützt wird– Die brennbaren Pyrolyseprodukte vermischen sich schlagartig mit der nachströmenden Luft und bilden ein explosionsfähiges Gas-Luft-Gemisch– Dieses Gemisch wird durch die im Raum vorhandenen Zündquellen gezündet, was mit einer Flammenfront, einer rasanten Temperaturerhöhung und einer Druckwelle einhergeht	<p>Auf die verschiedenen Arten der Rauchdurchzündung wird hier nicht näher eingegangen</p> <p>„Feuer holt Luft“</p>



Ausbilderleitfaden für die Feuerwehren Bayerns Atemschutzgeräteträger

AT 3.3.3
Seite 5

Zeit	Lerninhalt/Lernschritte	Hinweise (Lernhilfen, Methoden u. ä.)
	<p>Es ist auch möglich, dass die Zündung des Gas-Luft-Gemisches erst nach dem Freilegen von Glutnestern oder durch externe Zündquellen erfolgt</p> <p>Der vorübergehende Sauerstoffmangel im Brandraum ermöglicht es, dass sich eine hohe Konzentration brennbarer Gase bilden kann</p> <p>Zu beachten ist, dass eine Rauchexplosion sowohl in der Entwicklungsphase als auch in der fortgeschrittenen Phase eines Brandes auftreten kann</p> <h3>5. Druckverhältnisse im Brandraum</h3> <p>Entwickelt sich ein Brand innerhalb eines Raumes, kommt es zur Ausbildung von zwei getrennten Schichten</p> <p>Die Kenntnis dieser Schichtung ist für den Atemschutztrupp wichtig, weil eine Veränderung der Schichtung ein Anzeichen für eine Rauchdurchzündung sein kann</p> <ul style="list-style-type: none">– Die obere Schicht enthält Brandgase, die untere Schicht enthält die verbleibende Luft im Raum Diese beiden Schichten werden durch die „Neutrale Zone“ getrennt– Während sich der Brand entwickelt, steigt der Druck in der oberen Schicht aufgrund des Temperaturanstiegs und der Entstehung von Gasen durch die Verbrennung und Pyrolyse– In der unteren Schicht wird der Druck sinken, weil die verbleibende Raumluft aufgebraucht und zum Brandherd hin gezogen wird– Es bilden sich zwei Strömungen aus, und zwar im oberen Bereich ein Rauchgasstrom aus dem Brandraum heraus und im unteren Bereich ein Frischluftstrom in den Brandraum hinein– Dabei entsteht ein Gleichgewicht zwischen diesen Bereichen, das sog. „Thermische Gleichgewicht“, es bildet sich eine „Neutrale Zone“ aus	<p>Auf die unterschiedlichen Arten der Rauchexplosion wird nicht näher eingegangen</p> <p>Da die Rauchgase bei einer Rauchexplosion meist in der Nähe der oberen Explosionsgrenze zünden, ist eine Rauchexplosion wesentlich gefährlicher als eine Rauchdurchzündung, bei der die Zündung meist bei Erreichen der unteren Explosionsgrenze erfolgt</p> <p>Folie AT 3.3.3 - 2 auflegen und erläutern</p>



Ausbilderleitfaden für die Feuerwehren Bayerns Atemschutzgeräteträger

AT 3.3.3
Seite 6

Zeit	Lerninhalt/Lernschritte	Hinweise (Lernhilfen, Methoden u. ä.)
	<p>6. Anzeichen der Rauchdurchzündung (Flashover)</p> <ul style="list-style-type: none">– Beobachten der Anzeichen wichtig für Den vorgehenden Atemschutztrupp Den Einsatzleiter und Den Sicherheitstrupp <p>Anzeichen sind</p> <ul style="list-style-type: none">– Starke Rauchentwicklung Massiver, geballter Brandrauch, der einen Brandraum unter hohem Druck verlässt– Temperaturanstieg Starker durch die Brandschutzkleidung spürbarer Temperaturanstieg– Rauch pulsiert – Dampflokeffekt – Rauchsichtabsenkung Absinken der neutralen Zone Die Grenze zwischen Rauchsicht und Luft- schicht senkt sich <i>schnell</i> bis auf den Boden– Flammzungen in der Rauchsicht Werden an der Grenze zwischen Luft- und Rauchsicht Flammzungen beobachtet, die sich durch den Rauch „schlängeln“, deutet dies auf brennbare Gase in der Rauchsicht hin <p>7. Anzeichen der Rauchexplosion (Backdraft)</p> <p>Vier Anzeichen können auf eine bevorstehende Rauchexplosion hindeuten, müssen jedoch nicht in jedem Fall gleichzeitig vorkommen</p> <ul style="list-style-type: none">– Branddauer Über lange Zeit unentdecktes Brandgeschehen– Temperatur Heiße Türklinken bzw. -blätter und heiße Fens- terscheiben	<p>Folie AT 3.3.3 - 3 auflegen, linke Seite aufdecken und erläutern</p> <p>Dampflokeffekt: Durch Undichtigkeiten können geringe Mengen an Frischluft in den Raum ein- dringen. Diese Sauerstoffzufuhr führt zu kleineren Durchzündungen mit Druckan- stieg. Die Druckschwankungen lassen Rauchgase pulsierend austreten</p> <p>Folie AT 3.3.3 - 3 auflegen, rechte Seite aufdecken und erläutern</p>



Ausbilderleitfaden für die Feuerwehren Bayerns Atemschutzgeräteträger

AT 3.3.3
Seite 7

Zeit	Lerninhalt/Lernschritte	Hinweise (Lernhilfen, Methoden u. ä.)
	<ul style="list-style-type: none">- Brandrauch Durch Brandrauch beschlagene, geschwärzte Fensterscheiben (ohne Feuerschein) Brandrauch quillt stoßweise aus Tür- und Fensterspalten- Luftzug Luft wird nach dem Öffnen einer Tür in den Raum gesaugt <p>Die Gefahr kann erst dann ausgeschlossen werden, wenn der Brand vollständig gelöscht und alle Räume belüftet worden sind</p> <h3>8. Grundlagen des taktischen Vorgehens</h3> <ul style="list-style-type: none">- Bei Anzeichen von Rauchdurchzündung oder Rauchexplosion muss der Atemschutztrupp frühzeitig Gegenmaßnahmen einleiten Rauch- und Wärmeabzug schaffen Der Aufbau eines Wärmestaus innerhalb der Rauchschiicht muss verhindert werden Offensiver Löschangriff mit Rauchgaskühlung Eine entstandene zündfähige Rauchschiicht muss gekühlt und durch Wasserdampf „entschärft“ werden Hierzu wird das Rauch-Impuls-Löschverfahren angewandt Das heißt in der Praxis, dass zur Kühlung der unter der Decke des Raumes befindlichen Rauchschiicht immer wieder nur weniger als eine Sekunde andauernde Löschwasserimpulse abgegeben werden- Die Tröpfchengröße des Sprühstrahls soll möglichst bei ca. 0,3 mm liegen und die Sprühwasserstöße sollen sehr kurz sein Dies setzt den Einsatz von Hohlstrahlrohren voraus Größere Tröpfchen fliegen aufgrund ihrer Masse zu schnell durch die Rauchschiicht und können aufgrund des ungünstigen Verhältnisses „Oberfläche zur Masse“ kaum Kühlwirkung erzeugen	<p>Die Löschwasserimpulse sind so kurz wie möglich zu halten, meist genügen 0,1 bis 0,5 Sekunden pro Impuls (mit dem CM-Strahlrohr nicht möglich)</p> <p>Folie AT 3.3.3 - 4 auflegen und erläutern</p>



Ausbilderleitfaden für die Feuerwehren Bayerns Atemschutzgeräteträger

AT 3.3.3

Seite 8

Zeit	Lerninhalt/Lernschritte	Hinweise (Lernhilfen, Methoden u. ä.)
	<p>Sehr kleine Tröpfchen (z. B. Hochdruck-Löschverfahren) verdampfen, bevor sie in die Rauchschiicht eindringen können</p> <p>Deswegen haben sie keine Kühlwirkung in der Rauchschiicht</p> <p>– Winkel und Breite des einzustellenden Sprühstrahls werden wesentlich von der Raumgröße und Raumtiefe bestimmt</p> <p>Bei bekannten Raumgrößen wird wie folgt vorgegangen</p> <ul style="list-style-type: none">In großen, langen Räumen werden schmale Sprühwasserstöße im flachen Winkel eingesetztIn kleinen, kurzen Räumen werden breite Sprühwasserstöße im steilen Winkel eingesetzt <p>Bei unbekanntem Raumgrößen werden Sprühwasserstöße in einem Winkel von ca. 45° an die Decke abgegeben</p> <p>Wasserdampfbildung und Volumenabnahme des gekühlten Brandgases halten sich so die Waage und es wird verhindert, dass der vorgehende Atemschutztrupp durch Wasserdampf verbrüht wird</p> <h2>9. Vorgehensweise des Atemschutztrupps</h2> <p>Die richtige Vorgehensweise beim Rauch-Impuls-Löschverfahren und die Handhabung des Hohlstrahlrohrs muss der Atemschutztrupp gewissermaßen „im Schlaf“, d.h. drillmäßig beherrschen</p> <ol style="list-style-type: none">1. Richtiges Vorgehen beim Eindringen in den Brandraum2. Temperaturkontrolle der Brandgase3. Abkühlen der Brandgase <p>Dabei ständige Kontrolle der Rauchgasverhältnisse im Brandraum</p> <ol style="list-style-type: none">4. Brandbekämpfung	<p>Sprühwinkel ca. 30°</p> <p>Sprühwinkel ca. 60°</p> <p>Folie AT 3.3.3 - 5 auflegen und erläutern</p>



Ausbilderleitfaden für die Feuerwehren Bayerns Atemschutzgeräteträger

AT 3.3.3
Seite 9

Zeit	Lerninhalt/Lernschritte	Hinweise (Lernhilfen, Methoden u. ä.)
	<p>9.1 Richtiges Vorgehen beim Eindringen in den Brandraum</p> <p>Das Vorgehen beim Eindringen in den Brandraum ist aus der Grundausbildung zum Atemschutzgeräteträger bekannt</p> <p>Wichtig ist, dass der Brandraum erst dann betreten wird, wenn die Gefahr der Rauchdurchzündung durch geeignete Maßnahmen reduziert wurde</p> <p>9.2 Temperaturkontrolle</p> <p>Vor dem weiteren Eindringen in einen Raum und danach wird in regelmäßigen Abständen eine Temperaturkontrolle durchgeführt</p> <ul style="list-style-type: none">– Kurzer Löschimpuls direkt in Richtung der Raumdecke Wenn Wassertröpfchen wieder herunter kommen, sind die Gase ausreichend gekühlt, um in dieser Position zu bleiben Fühlt man keine Wassertröpfchen, sind weitere Löschimpulse mit dem Strahlrohr erforderlich, bis Tröpfchen auftreten– Strahlbild ca. 30°– Richtung Senkrecht über Kopf an die Decke– Dauer So kurz wie möglich <p>9.3 Abkühlen der Brandgase</p> <p>Der Wassersprühstrahl wird direkt in die Brandgase gerichtet, wodurch die Brandgase wirkungsvoll gekühlt werden</p> <ul style="list-style-type: none">– Strahlbild 45° bis 60°– Richtung Diagonal in die Rauchsicht	<p>Das taktisch richtige Vorgehen beim Öffnen von Brandräumen wurde bereits in AT 1.5, Nr. 3.2 gelehrt Hier evtl. nur kurze Wiederholung zusammen mit den Teilnehmern</p> <p>In gasbefeugten Brandübungsanlagen nicht anwendbar Folie AT 3.3.3 - 6 auflegen und erläutern</p> <p>Folie AT 3.3.3 - 7 auflegen und erläutern</p>



Ausbilderleitfaden für die Feuerwehren Bayerns Atemschutzgeräteträger

AT 3.3.3
Seite 10

Zeit	Lerninhalt/Lernschritte	Hinweise (Lernhilfen, Methoden u. ä.)
	<ul style="list-style-type: none">- Dauer Je nach Raumgröße mehrere Impulse, bis die Anzeichen der Rauchexplosion / Rauchdurchzündung nachlassen <h3>9.4 Brandbekämpfung</h3> <p>Bei der Brandbekämpfung ist die effektive Nutzung des Löschwassers wichtig</p> <p>Bei Bedarf werden die benachbarten aufgeheizten Gegenstände abgekühlt, um die weitere Entstehung von Pyrolyseprodukten zu unterbinden</p> <p>Ziel ist ein ausgewogenes Verhältnis zwischen wirksamer Löschwassermenge und erzeugter Wasserdampfmenge</p> <ul style="list-style-type: none">- Strahlbild ca. 60°, falls situationsbedingt nötig (z. B. zum Aufreißen von Glutnestern), kurzzeitig Vollstrahl- Richtung Brandherd- Dauer So lange wie nötig <h3>10. Zusammenfassung, Wiederholung, Lernkontrolle</h3> <p>Bei einer Rauchdurchzündung (Flashover) steht dem Brand genügend Sauerstoff zur Verfügung</p> <p>Die brennbaren Stoffe sind thermisch aufbereitet und stehen kurz vor der Durchzündung</p> <p>Um die Durchzündung zu vermeiden, muss die im Raum befindliche Wärme rasch abgeführt werden</p> <p>Dies kann erfolgen durch</p> <ul style="list-style-type: none">- Schaffen ausreichender Abluftöffnungen- Rasches Abführen der Rauchgase durch den Einsatz von Überdrucklüftern- Kühlung der Rauchgase und des Brandraums durch das Rauch-Impuls-Löschverfahren	<p>Folie AT 3.3.3 - 8 auflegen und erläutern</p> <p>Folie AT 3.3.3 - 9 auflegen und erläutern</p>



Ausbilderleitfaden für die Feuerwehren Bayerns Atemschutzgeräteträger

AT 3.3.3
Seite 11

Zeit	Lerninhalt/Lernschritte	Hinweise (Lernhilfen, Methoden u. ä.)
	<p>Bei einer Rauchexplosion (Backdraft) steht dem Brand nicht genügend Sauerstoff zur Verfügung</p> <p>Deshalb kann im Brandraum ein zu fettes Gemisch von Pyrolysegasen und Kohlenmonoxid vorliegen</p> <p>Wird Luft zugeführt, kann es zu einer Explosion der Brandgase kommen, bei der eine Stichflamme aus der Belüftungsöffnung herausschlägt, oft in Verbindung mit einer Druckwelle</p> <p>Um die Rauchexplosion zu vermeiden oder deren Auswirkungen zumindest zu reduzieren, muss die Raumtemperatur abgesenkt werden, ohne dabei Luft in den Brandraum einströmen zu lassen</p> <p>Dies kann erfolgen durch</p> <ul style="list-style-type: none">– Abgabe von 2 bis 3 Löschwasserimpulsen in die vorhandene Rauchsicht sofort beim Öffnen der Tür– Verbleiben in Deckung von ca. 10 Sekunden Dauer vor dem Betreten des Brandraumes <p>Um bei Auftreten von Anzeichen für Rauchdurchzündung und / oder Rauchexplosion Gegenmaßnahmen einleiten zu können bzw. Rauchdurchzündung und Rauchexplosion möglichst zu vermeiden, empfiehlt es sich, für den Atemschutztrupp nach dem beschriebenen 4-Punkte-Schema vorzugehen:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Richtiges Öffnen der Brandraumtür2. Temperaturkontrolle der Brandgase3. Abkühlen der Brandgase4. Brandbekämpfung <ul style="list-style-type: none">– Teilnehmerunterlage	<p>Einige der Fragen aus den Teilnehmerunterlagen AT 5.3 an die Teilnehmer stellen, die Antworten besprechen und ggf. berichtigen</p>