

Betreiben von Wärmeübertragungsanlagen mit organischen Wärmeträgern

Sachgebiet Verfahrenstechnik und Druckanlagen

Stand: 16.03.2023

Diese Schrift gibt Hinweise zum Betrieb von Wärmeübertragungsanlagen, in denen organische Wärmeträger auf Temperaturen unterhalb oder oberhalb ihres Siedebeginns erhitzt und im flüssigen oder gasförmigen Zustand in einem geschlossenen Kreislauf den Verbrauchern zugeführt werden.

Die charakteristischen Gefährdungsfaktoren einer Wärmeübertragungsanlage ergeben sich insbesondere aus der Fahrweise bei hohen Temperaturen, den verwendeten Wärmeträgern und Isolationsmaterialien sowie damit verbundenen Brand- und Explosionsgefahren.

Nicht betrachtet werden Kälteanlagen, Wärmepumpen und Kühleinrichtungen, ortsbewegliche Zimmerradiatoren als Einzelheizung sowie Sonnenheizanlagen, sofern die Beheizung in dem betreffenden Kreislauf nur durch Sonnenkollektoren erfolgt.

Inhaltsverzeichnis

1	Aufbau von Wärmeübertragungsanlagen und Anforderungen an Anlagenteile	2
1.1	Erhitzer	3
1.2	Ausdehnungsbehälter	4
1.3	Sammelbehälter	4
1.4	Elektrische Einrichtungen	4
1.5	Druckabsicherung und Druckentlastungseinrichtungen	5
1.6	Wärmeisolation	5
2	Betrieb von Wärmeübertragungsanlagen	6
2.1	Allgemeines	6
2.2	Füllen und Anheizen der Anlage	7
2.3	Instandhaltungsarbeiten	8
2.4	Leckagen	8
3	Gefährdungen und Maßnahmen	9
3.1	Gefährdung durch Arbeitsplatzgestaltung	10
3.2	Gefährdung durch Stoffe	10
3.3	Gefährdung durch Brände und Explosionen	13
3.4	Gefahren durch heiße Medien / heiße Oberflächen	14
4	Prüfungen	15
4.1	Prüfungen der Wärmeübertragungsanlage	15
4.2	Prüfungen des Wärmeträgers	17
	Glossar	18
	Literaturverzeichnis	19

1 Aufbau von Wärmeübertragungsanlagen und Anforderungen an Anlagenteile

In Wärmeübertragungsanlagen (WÜA) werden organische Wärmeträger (WT) auf Temperaturen unterhalb oder oberhalb ihres Siedebeginns bei Atmosphärendruck erhitzt und im flüssigen oder gasförmigen Zustand in einem geschlossenen Kreislauf zu den Wärmeverbrauchern und zur erneuten Erwärmung zurück zum Erhitzer geführt. Der WT kann dabei durch thermische Konvektion („Naturumlauf“) oder mittels Umwälzpumpe („Zwangslauf“) bewegt werden.

Abbildung 1 zeigt in schematischer Darstellung eine Ausführungsart von Wärmeübertragungsanlagen.

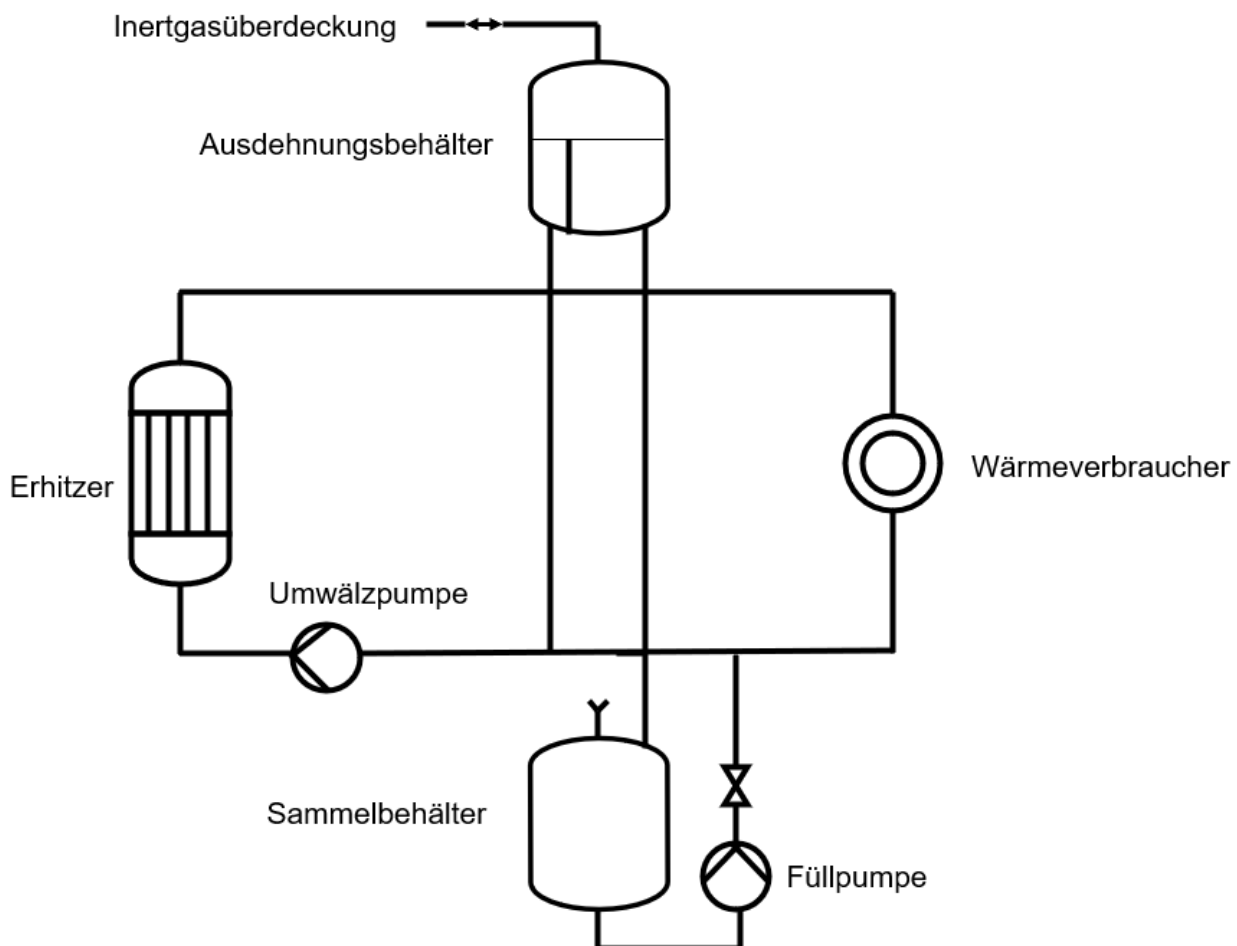


Abbildung 1 – vereinfachte schematische Darstellung einer Wärmeübertragungsanlage

Für den Betrieb von WÜA sind insbesondere zu beachten die Richtlinie VDI 3033 [22], die DIN 4754-1 [26], die DIN 51522 [31] sowie die DIN 51528 [32] und die DIN 51529 [33] (siehe Literaturverzeichnis). Zu Stoffwerten der WT siehe VDI-Wärmeatlas [24] bzw. Herstellerangaben.

1.1 Erhitzer

Der Erhitzer dient der Erwärmung des WT und ist je nach Bauart feuer-, abgas- oder elektrisch beheizt.

Erhitzer sind so aufzustellen, dass Personen nicht gefährdet werden können. Dies geschieht vorzugsweise durch Aufstellen im Freien oder in Heizräumen. Eine Aufstellung in, unter oder über Wohnräumen ist nicht zulässig. Müssen Erhitzer in Arbeitsräumen aufgestellt werden, sind wie bei der Aufstellung im Freien und in Heizräumen die Anforderungen der DIN 4754-1 [26] zu erfüllen.

Austretender Wärmeträger muss gefahrlos aufgefangen und abgeführt werden können.

Feuerbeheizte Erhitzer mit einem Füllvolumen von mehr als 500 Liter sind bei der Aufstellung im Freien mit einem Schutzabstand gegenüber Gebäuden, deren Wände nicht feuerbeständig ausgeführt sind, sowie gegenüber anderen Anlagen aufzustellen. Dieser Schutzabstand ist in der Gefährdungsbeurteilung zu ermitteln, wobei unter anderem die jeweiligen Landesbauordnungen zu beachten sind. Der Schutzabstand muss aber mindestens 10 Meter betragen. Der Schutzabstand kann durch bauliche Maßnahmen (beispielsweise Errichtung einer Brandwand oder einer feuerbeständigen Trennwand) reduziert werden. Innerhalb dieses Schutzabstands ist der Bereich von brennbaren Gegenständen freizuhalten.

Erhitzer, Rohrleitungen und Rohrleitungsteile sowie Wärmeverbrauchseinrichtungen müssen nach DIN 4754-1 [26] so eingebaut oder wärmegeklärt werden, dass bei der zulässigen Betriebstemperatur die Oberflächentemperatur von angrenzenden Bauteilen mit brennbaren Baustoffen 85°C nicht überschreitet. Kann sich die Oberfläche von Wänden, Stützen, Decken oder anderen tragenden Bauteilen auf mehr als 50°C erwärmen, so ist durch geeignete konstruktive Maßnahmen, durch besondere Wärmedämmung oder durch einen ausreichenden Abstand sicherzustellen, dass keine Schäden eintreten, die die Standsicherheit der Bauteile beeinträchtigen.

Die zulässige Filmtemperatur (siehe Glossar) des WT darf nicht überschritten werden. Dieses wird beispielsweise durch die Installation zuverlässiger Regel- und Begrenzungseinrichtungen nach DIN EN 14597 „Temperaturregeleinrichtungen und Temperaturbegrenzer für wärmeerzeugende Anlagen“ [30] erreicht. Die Anlagen müssen mit einer schnell regelbaren und abschaltbaren Beheizung ausgerüstet sein, damit sie auch ohne ständige Beaufsichtigung sicher betrieben werden können. Aus Sicherheitsgründen sollte die zulässige Filmtemperatur des WT möglichst weit über der zulässigen Betriebstemperatur liegen.

Erhitzer müssen mit einem zuverlässigen Sicherheitstemperaturbegrenzer ausgerüstet sein, der die Beheizung bei Überschreiten der zulässigen Vorlauftemperatur unterbricht und verriegelt. Bei WÜA, die in der Dampfphase betrieben werden, ist anstelle des Sicherheitstemperaturbegrenzers ein Sicherheitsdruckbegrenzer einsetzbar.

Um konstruktiv einer Überheizung im Erhitzer zu begegnen, wurden beispielsweise Ringspaltkonstruktionen für Erhitzer entwickelt. Bei diesen Konstruktionen dient das Innenrohr als Hüllrohr für das Heizelement (wahlweise kann anstelle des Heizelements auch eine Kühlleitung in das Hüllrohr eingefügt werden, so dass Heiz-/Kühlsysteme kombinierbar sind). Das Hüllrohr des Heizelements bildet mit dem Außenrohr einen Ringspalt, in dem ungehinderte Konvektion stattfinden kann. Reparaturen am Heizelement können ohne erhebliche Störungen des Betriebsablaufes durchgeführt werden, da das flüssigkeitsführende System nicht geöffnet zu werden braucht.

Feuerungen an feuerbeheizten Erhitzern müssen so eingerichtet sein, dass sie ohne Explosionen, Flammenrückschläge oder gefährliche Druckwellen gezündet und betrieben werden können. Bei feuerbeheizten Erhitzern muss darüber hinaus eine geeignete Sicherheitseinrichtung im Rauchgasstrom vorhanden sein, die eine unzulässig hohe Rauchgastemperatur verhindert.

In WÜA mit Zwangslauferhitzern, bei denen durch verminderte Strömung eine unzulässige Temperatur auftreten kann, muss eine zuverlässige Strömungssicherung eingebaut sein, die bei Unterschreiten des Mindestdurchflusses durch den Erhitzer die Beheizung abschaltet, verriegelt sowie zusätzlich ein optisches oder akustisches Warnsignal auslöst.

1.2 Ausdehnungsbehälter

Der Ausdehnungsbehälter (Ausdehnungsgefäß) dient zur Aufnahme flüssiger WT bei Überdruck und muss das Volumen des heißen WT aufnehmen können. Dabei muss mindestens die 1,3-fache Volumenzunahme des Füllvolumens zwischen der Fülltemperatur und der zulässigen Betriebstemperatur oberhalb des Mindestfüllstandes berücksichtigt werden (siehe DIN 4754-1 [26]).

Da WT in der Regel oxidationsempfindlich sind, sollte der Ausdehnungsbehälter mit einem Inertgas, vorzugsweise Stickstoff, überlagert sein. Die Aufrechterhaltung eines geringen Stickstoffüberdrucks im Ausdehnungsbehälter verhindert am wirksamsten das Eindringen von Luft und damit das Einbringen von Sauerstoff und Luftfeuchtigkeit in die WÜA.

1.3 Sammelbehälter

Der Sammelbehälter (Auffangbehälter, Entleerungsbehälter) dient zur gefahrlosen Entleerung der Anlage. Er muss mindestens das Volumen des größten absperrbaren Anlagenteils aufnehmen können.

WÜA mit einem zulässigen Füllvolumen von mehr als 1000 Liter sowie Anlagen, in denen der WT oberhalb seines Siedebeginns bei Atmosphärendruck erhitzt wird, müssen mit einem Sammelbehälter ausgestattet sein.

Der Sammelbehälter soll möglichst an der tiefsten Stelle der Anlage liegen und muss mit einer Füllstandsanzeige oder Füllstandsprüfmöglichkeit sowie mit Ablass- und Entlüftungseinrichtungen versehen sein. Liegt der Sammelbehälter nicht an der tiefsten Stelle der WÜA, sind andere geeignete Einrichtungen zur Entleerung der tiefer gelegenen Anlagenteile vorzusehen (siehe DIN 4754-1 [26]).

1.4 Elektrische Einrichtungen

Elektrische Einrichtungen von Betriebsstätten, in denen Erhitzer, Sammelbehälter, Pumpen oder andere Maschinen und Apparate mit WT aufgestellt sind, müssen der DIN VDE 0100 „Errichten von Niederspannungsanlagen“ [34] entsprechen. Elektrische Einrichtungen sind so auszulegen, einzubauen und zu verlegen, dass durch sie keine Entzündung des WT zu erwarten ist und sie gegen äußere Einwirkung geschützt sind (beispielsweise durch entsprechende Abdeckungen, Verlegung unter Putz).

Für alle nicht sicherheitstechnisch relevanten elektrischen Betriebseinrichtungen ist an einer auch im Brandfall sicher zu erreichenden Stelle eine (Not-) Abschaltvorrichtung zu installieren. Funktion und Schaltzustand müssen deutlich erkennbar sein. Die aus Sicherheitsgründen im Betrieb bleibenden elektrischen Einrichtungen sind explosionsgeschützt auszuführen. Elektrische Einrichtungen, die aus Sicherheitsgründen im Betrieb bleiben müssen, sind insbesondere Signal-, Warn- und

Sicherheitsanlagen, Beleuchtungen der Fluchtwege. Die elektrischen Begleitheizungen von Rohrleitungen sind so auszurüsten, dass bei Erreichen der zulässigen Betriebstemperatur selbsttätig und sicherheitsgerichtet abgeschaltet wird.

1.5 Druckabsicherung und Druckentlastungseinrichtungen

WÜA müssen mit Einrichtungen zum Schutz gegen eine Überschreitung des maximal zulässigen Drucks ausgerüstet sein, damit es nicht zum Bersten bzw. zum Versagen von Anlagenteilen kommen kann.

Der Druckanstieg in geschlossenen WÜA ist insbesondere temperaturabhängig. Versagt beispielsweise der Heizregler oder Temperaturbegrenzer, kann dies zu unkontrolliertem Temperaturanstieg und damit Druckanstieg führen. Auch defekte Messwertaufnehmer für Temperatur oder Druck können die Ursache für einen Druckanstieg in der Anlage sein. Schließlich können auch der Eintrag von Fremdstoffen oder die Zersetzung des WT zu einem Druckanstieg führen.

Sowohl der Druck- als auch Temperaturanstieg ist durch geeignete und gegebenenfalls redundant ausgeführte Messeinrichtungen zu erfassen. Durch die Auswertung der aufgezeichneten Daten der Messwerte bzw. des Prozessleitsystems ist es möglich, den Druck- und den Temperaturverlauf auch rückwirkend zu verfolgen.

WÜA dürfen nur betrieben werden, wenn die sicherheitstechnisch erforderlichen Ausrüstungsteile wirksam sind. Die sicherheitstechnisch erforderlichen Ausrüstungsteile müssen den Anforderungen auch bei Betriebsstörungen genügen.

Als Schutz gegenüber einem Behälterversagen dienen insbesondere entsprechend ausgelegte Sicherheitsventile (siehe beispielsweise AD 2000 Merkblatt A 2 „Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung – Sicherheitsventile –“ [21]).

Die aus den Druckentlastungseinrichtungen austretenden Medien müssen gefahrlos abgeleitet werden. Dies wird beispielsweise erreicht, wenn

- der WT durch eine Abblaseleitung so geführt wird, dass Personen nicht gefährdet werden können,
- beim Austritt des WT in Räumen nur so geringe Mengen frei werden, dass nur ungefährliche Konzentrationen auftreten können,
- austretender dampfförmiger WT so schnell verdünnt wird, dass keine gefährliche Konzentration in Bodennähe auftreten kann, beispielsweise durch Aufstellung der WÜA im Freien oder eine technische Lüftung in Räumen,
- austretender WT aufgefangen, gefahrlos verbrannt oder anderweitig sicher entsorgt wird.

1.6 Wärmeisolation

WÜA werden in der Regel durch Isolationsmaterial vor übermäßigen Wärmeverlusten geschützt. Neben geschlossporigem Schaumglas wurden dabei in der Vergangenheit häufig künstliche Mineralfasern wie Steinwolle, Schlackenwolle oder Glaswolle verwendet.

Zur Wärmeisolation dürfen nur nichtbrennbare Isoliermaterialien verwendet werden, beispielsweise künstliche Mineralfasern oder geschlossporiges Schaumglas. Aus Leckagen oder undichten Verbindungsstellen (beispielsweise an einem Flansch) austretender WT durchdringt offene porige

Isoliermaterialien und kann sich unter Umständen wegen der erheblichen Oberflächenvergrößerung bei den vorliegenden hohen Betriebstemperaturen sowie Anwesenheit von Luftsauerstoff selbst entzünden, auch wenn die WÜA unterhalb der Zündtemperatur des WT betrieben wird.

Der Oxidationsprozess von organischen WT wird durch Katalysatoren, hohe Temperaturen und große Oberflächen begünstigt. In isolierten Rohrleitungen von WÜA können neben hohen Temperaturen, großen Oberflächen durch offenporige Isoliermaterialien auch Katalysatoren in Form von Metallen oder Metalloxiden (Rohrleitungen) vorliegen. Durch Verteilung des ausgeflossenen Wärmeträgers im offenporigen Isolationsmaterial erhält der Luftsauerstoff eine größere Reaktionsfläche. Die freiwerdende Reaktionswärme bei der Oxidation kann bedingt durch die Isolierung nur unzureichend abgeführt werden, es kommt zu einer Temperaturerhöhung, die wiederum den Oxidationsprozess begünstigt und somit einen exponentiellen Verlauf nehmen kann.

Im Bereich von Flanschverbindungen, Armaturen und Pumpen können bevorzugt Leckagen auftreten. Hier empfiehlt sich die Verwendung von geschlossenenporigem Isolationsmaterial, um den WT zur Reaktion nur eine geringe Oberfläche zur Verfügung zu stellen.

Das Isolationsmaterial unterliegt bei älteren Anlagen einer jahrzehntelangen Dauerwärmelast. Der Zustand des Isolationsmaterials kann sich im Laufe von Jahren durch Zersetzungsprozesse verändern mit einer Oberflächenvergrößerung oder auch Herabsetzung der Wärmeleitfähigkeit als Folge. Es empfiehlt sich daher an besonders temperaturbelasteten Stellen im Abstand von einigen Jahren die Beschaffenheit des Isolationsmaterials zu kontrollieren und zersetztes Isolationsmaterial durch neues, nach Möglichkeit geschlossenenporiges Isolationsmaterial zu ersetzen. Mit WT getränktes Isolationsmaterial darf auf keinen Fall wiederverwendet werden und sollte nach Möglichkeit durch geschlossenenporiges Material ersetzt werden.

2 Betrieb von Wärmeübertragungsanlagen

2.1 Allgemeines

WÜA dürfen nur von Beschäftigten betrieben und instandgehalten werden, die hierzu von der Unternehmerin oder dem Unternehmer besonders beauftragt sind. Dabei ist zu berücksichtigen:

- Bei Beauftragung von betriebseigenen Beschäftigten sind diese zu unterweisen.
- Bei Beauftragung von Fremdunternehmen müssen die Verantwortlichkeiten schriftlich geklärt sein. Es muss sichergestellt sein, dass die Beschäftigten arbeitsplatz- und tätigkeitsbezogen, unterwiesen sind und zusätzlich vor Ort eingewiesen werden.
- Instandhaltungsmaßnahmen dürfen nur von fachkundigen, beauftragten und unterwiesenen Beschäftigten oder von sonstigen für die Durchführung der Instandhaltungsarbeiten geeigneten Auftragnehmern mit vergleichbarer Qualifikation durchgeführt werden.
- Gemäß AwSV „Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ [4] dürfen WÜA mit bestimmten wassergefährdenden Stoffen sowie unterirdische WÜA entsprechend § 45 AwSV nur von Fachbetrieben nach § 62 AwSV errichtet, von innen gereinigt, instandgesetzt und stillgelegt werden.

Im Bereich von WÜA dürfen sich Unbefugte nicht aufhalten. Auf dieses Verbot ist durch das Verbotsschild D-P006 „Zutritt für Unbefugte verboten“ der ASR A1.3 [14] hinzuweisen.

Die Unternehmerin oder der Unternehmer hat eine Betriebsanweisung in einer für die Beschäftigten verständlichen Form und Sprache aufzustellen. Sie ist an geeigneter Stelle, möglichst in Arbeitsplatznähe, zugänglich zu machen. Die Betriebsanweisung ist unter Berücksichtigung der Betriebsanleitung der Herstell- bzw. Lieferfirma der WÜA zu erstellen. Hinweise zur Erstellung einer Betriebsanweisung finden sich in der TRGS 555 „Betriebsanweisung und Information der Beschäftigten“ [10].

Die Unternehmerin oder der Unternehmer hat die Beschäftigten vor der erstmaligen Aufnahme ihrer Tätigkeit und danach in angemessenen Zeitabständen, mindestens jedoch einmal jährlich, arbeitsplatz- und tätigkeitsbezogen mündlich zu unterweisen über

- die Gefahren beim Betrieb von WÜA,
- erforderliche Schutzmaßnahmen und Verhaltensregelungen,
- Maßnahmen bei Unfällen und Störungen und zur Ersten Hilfe bei Unfällen und
- den Inhalt der Betriebsanweisung.

Die Unterweisung muss in für die Beschäftigten verständlicher Form und Sprache erfolgen. Inhalt und Zeitpunkt der Unterweisung sind schriftlich festzuhalten und von den Unterwiesenen durch Unterschrift zu bestätigen.

Um den Beschäftigten die Zusammenhänge beim Aufbau der WÜA zu erläutern, sind Schulungen sinnvoll. Dabei sollte auch das Erkennen von Veränderungen in und an der WÜA sowie den verwendeten WT angesprochen werden und wie diese Veränderungen zu interpretieren sind.

Bei Betrieben mit großen oder mehreren WÜA empfiehlt es sich, eine Beauftragte oder einen Beauftragten für WÜA zu bestellen. Ihre/Seine Aufgabe besteht unter anderem darin, Tätigkeiten an der WÜA in enger Zusammenarbeit mit dem oder der Brandschutzbeauftragten und der Fachkraft für Arbeitssicherheit zu koordinieren und zu kontrollieren. Die oder der Beauftragte muss mit der technischen Funktionsweise, den sicherheitstechnischen Anforderungen und den charakteristischen Gefahren einer WÜA vertraut sein.

2.2 Füllen und Anheizen der Anlage

Beim Füllen der WÜA ist darauf zu achten, dass das Erstarren des WT vermieden wird.

Beim Wechsel oder bei einer Ergänzung des WT kann es durch Eintrag verunreinigter, nicht spezifikationsgemäßer WT oder anderer Stoffe mit niedrigem Siedepunkt in die heiße WÜA zu einem Siedeverzug mit spontanem Verdampfen und Druckaufbau kommen, der die WÜA zerstören kann. Auch ist ein übermäßiger Druckaufbau während des Aufheizens möglich. Es ist daher notwendig, die WT vor einem Einsatz hinsichtlich Identifikation und Spezifikation zu kontrollieren und freizugeben.

Das Anheizen einer WÜA ist ein kritischer Vorgang. Erfolgt es zu schnell, kann es zu starken Temperaturdifferenzen kommen, verbunden mit der Bildung von Spannungen der Werkstoffe. Bei Elektroerhitzern mit Rohrbündeln und bei feuerverheizten Erhitzern kann es durch ungünstige Strömungsverhältnisse zu Strömungs- und Hitzestaus kommen, mit der Gefahr lokaler Überhitzungen des WT.

Eine Betriebsanweisung für das Anfahren des Erhitzers ist erforderlich. Das erstmalige Anheizen ist nach den Angaben der Herstellfirma durchzuführen, in Gegenwart einer zur Prüfung befähigten Person (bP) oder einer zugelassenen Überwachungsstelle (ZÜS).

Das Erhitzen des WT muss gleichmäßig erfolgen. Dies ist möglich beispielsweise durch Einsatz typgeprüfter, programmierbarer Regler (Regler und Sicherheitstemperaturbegrenzer nach DIN EN 14597 [30] gelten als zuverlässig). Für das Aufheizen mit Handregelung darf nur erfahrenes, unterwiesenes Personal eingesetzt werden.

Beim Anheizen darf die Strömungssicherung überbrückt werden, bis der WT eine Viskosität erreicht hat, die der Einstellung der Strömungssicherung entspricht. Hierbei darf die zulässige Filmtemperatur des WT nicht überschritten werden. Eine Überbrückung darf nur mittels eines zusätzlichen, zuverlässigen Temperaturbegrenzers oder eines Stellteiles mit selbsttätiger Rückstellung geschehen.

Hinweise zum schonenden Anheizen sind in der VDI 3033 [22] und DIN 4754-1 [26] zu finden.

2.3 Instandhaltungsarbeiten

Instandhaltungsarbeiten an heißen Anlagenteilen müssen mittels Freigabeverfahren durchgeführt werden oder es müssen Betriebsanweisungen erstellt werden, in denen unter anderen festgelegt werden muss, welche geeignete persönliche Schutzausrüstung (PSA) zu benutzen ist.

Feuer- oder Heißarbeiten an WÜA sollten nur mit schriftlicher Erlaubnis mittels eines Arbeitsfreigabesystems ausgeführt werden, in dem alle notwendigen Arbeitsschutzmaßnahmen genau festgelegt, vor Ort überprüft und kontrolliert werden. Siehe hierzu auch DGUV Information 205-001 „Betrieblicher Brandschutz in der Praxis“ [16].

Bei Instandhaltungsarbeiten, bei denen es zu Kontakt mit WT kommen kann, ist in Abhängigkeit von den Bedingungen (beispielsweise Temperatur, Druck, Art des WT) Persönliche Schutzausrüstung zu tragen. Vorgaben der Herstell- bzw. Lieferfirma im Sicherheitsdatenblatt sind zu beachten. Weitere Informationen, siehe auch Merkblatt A 008 „Persönliche Schutzausrüstungen“ [19] der BG RCI.

Zum Thema Exposition gegenüber Künstlichen Mineralfasern siehe Abschnitt 3.2.3.

Vor Beginn von Instandhaltungsarbeiten an wärmeträgerführenden Teilen ist der WT so weit zu entfernen, wie dies für die gefahrlose Durchführung der Arbeiten notwendig ist, gegebenenfalls sind die instand zu setzenden Anlagenteile vollständig zu entleeren. Der WT muss beim Ablassen in geeigneten Sammelgefäßen aufgefangen werden. Wärmeträgerreste sind sorgfältig aus dem System zu entfernen (Spülung). Die Wärmeträgerfreiheit bzw. Freiheit von brennbaren Stoffen, die zu einer Explosion führen können, ist festzustellen. Erforderlichenfalls ist nur an mit Inertgas gefüllten Systemen zu schweißen.

2.4 Leckagen

WÜA sind so zu betreiben, dass betriebsbedingte Austritte des WT möglichst geringgehalten werden. Leckagen können oftmals durch Beobachtung und unter Umständen Geruch erkannt werden. Durch Sichtkontrollen sind feuchte Stellen, Tropfen, Dämpfe oder Nebel und gegebenenfalls Pfützen feststellbar. Erkannte Leckagen müssen sofort gemeldet und beseitigt werden. Über die Beseitigung von Leckagen ist eine Betriebsanweisung zu erstellen. Die Beschäftigten sind entsprechend zu unterweisen.

Ein erhöhter Verbrauch von WT ist ein Anzeichen für Wärmeträgerverluste und eine Leckage. Zur Erkennung kann ein Durchflussmesser mit Alarm- und Aufzeichnungsfunktion in der Nachspeiseleitung dienen.

Zur Vermeidung von Leckagen an Pumpen sind möglichst leakagefreie Pumpen (beispielsweise Spaltrohr-Motorpumpen) einzusetzen. Eingesetzte Pumpen müssen einen geeigneten Trockenlaufschutz besitzen. Die Pumpen sind mit Spritzschutzvorrichtungen auszurüsten.

Liegt eine undichte Verbindungsstelle (z. B. an einem Flansch) unterhalb der Isolationsverkleidung, so ist dieses Leck häufig nicht sofort erkennbar. An solchen leakageexponierten Stellen sind geeignete Maßnahmen zur Leakageerkennung zu treffen, beispielsweise sind Möglichkeiten der einfachen De- und Remontage der Isolierung vorzusehen. Es können auch Bohrungen in Isolierblechen an Flanschen oder Armaturen erforderlich sein, um Leckagen in diesem Bereich festzustellen. Regelmäßige Kontrollen des Isoliermaterials und der Rohrleitungen sind durchzuführen. Mit WT getränktes Isoliermaterial deutet auf Leckagen hin. Zusätzlich zur Behebung der Leckage ist in diesem Fall das Isoliermaterial auszutauschen.

Eine Möglichkeit der Bildung von Leckagen besteht in der Korrosion unter Isolierungen (engl. CUI, Corrosion Under Insulation), die vor allem im Temperaturbereich von -4°C bis $+175^{\circ}\text{C}$ möglich ist. Feuchtigkeit kann eingetragen werden unter anderem durch Beschädigungen der Blechverkleidung, Löcher/Öffnungen in der Blechverkleidung, alte/beschädigte oder fehlende Abdichtungen am Blechmantel, Durchbruchstellen der Isolation (Rohrhalterungen, Stützen, Pratten, Verstärkungen, Messgeräteanschlüsse), Unterbrechung/Ende der Isolierung an Flanschen/Armaturen insbesondere bei außenliegenden senkrecht verlaufenden Leitungen, in Bereichen von Dampfbegleitheizungen, Totleitungen – die unzureichend gewartet werden, Ansammeln von Kondenswasser an tiefen Stellen, Einbau feuchter Isolierungen. Als Maßnahmen gegen eine CUI sollten in Betracht gezogen werden:

- Prüfen, ob Verzicht auf Isolierung möglich ist (ist die Wärmeisolierung oder der Temperaturschutz erforderlich? Ist ein Berührungsschutz mit anderen Mitteln zu realisieren? beispielsweise durch Schutzgitter)
- Wasserdampfdurchlässige Isolierungen unter Berücksichtigung von CUI verwenden.
- Dichte bzw. nicht wasserdurchlässige Gestaltung der Verkleidungen (Überlappungen in Ziegeldachtechnik, Wasser läuft ab und dringt nicht ein).
- Abdichtungen der Dichtstellen spezifizieren.
- Offene Stellen der Verkleidung vermeiden, insbesondere bei senkrechten außenliegenden Leitungen.
- Vermeidung von Rohraufhängungen bzw. oben liegenden Durchbruchstellen an der Isolation.
- Trockenes Isolationsmaterial verwenden, bei der Montage offene Enden abdecken.
- Verwendete Bauteile mit hitze- und korrosionsbeständiger Außenbeschichtung versehen.
- Regelmäßige Sichtkontrolle. An besonders gefährdeten oder auffälligen Stellen (beispielsweise bei Braunfärbungen) die Isolierung zur Kontrolle entfernen, wobei die anschließende Instandsetzung fachmännisch durchgeführt werden muss.

3 Gefährdungen und Maßnahmen

Für Tätigkeiten im Zusammenhang mit WÜA ist eine Gefährdungsbeurteilung zu erstellen. Dabei empfiehlt es sich, systematisch vorzugehen. Nachfolgend sind insbesondere Gefährdungen dargestellt, die für Tätigkeiten an WÜA spezifisch sind.

3.1 Gefährdung durch Arbeitsplatzgestaltung

WT haben die Eigenschaft, die Haftreibung zwischen sich bewegenden Teilen herabzusetzen (Schmiereffekt). Läuft WT aus oder dringt WT durch Leckagen aus den Anlagen und tropft auf den Fußboden, besteht für die dort Beschäftigten die Gefahr des Ausgleitens und Stürzens.

Wird ausgelaufener oder aus Leckagen austretender WT von den Beschäftigten entdeckt, ist dies der verantwortlichen Person sofort zu melden. Auch sollten in festgelegten Zeitabständen Betriebsrundgänge mit Sichtkontrollen der Anlagenteile durchgeführt werden. Ausgelaufener WT ist sofort sachgemäß zu beseitigen. Je nach der Größe der Austrittsmenge sollte er mit einem absorbierenden Material aufgenommen werden und in gekennzeichnete, verschließbare Behälter gefüllt werden. Der Fußboden ist anschließend gut zu reinigen.

3.2 Gefährdung durch Stoffe

3.2.1 Exposition gegenüber Wärmeträger

WT können durch Hautkontakt sowie durch die Aufnahme von Dämpfen und Aerosolen über die Atemwege Gesundheitsschäden verursachen. Die spezifischen Eigenschaften der jeweiligen WT müssen bei der Gefährdungsbeurteilung berücksichtigt werden. Sicherheitsdatenblätter und Produktinformationsblätter der Herstell- bzw. Lieferfirma enthalten dafür wichtige Informationen. Grundsätzlich gilt das Substitutionsgebot, also die Verwendung von WT, die keine Gesundheitsschäden verursachen.

Zur Verringerung der Expositionszeiten sollen sich Beschäftigte nur im Bereich von WÜA aufhalten, wenn dies notwendig ist.

3.2.2 Gefahren durch Sauerstoffmangel

Zur Vermeidung der Oxidation des WT wird der Ausdehnungsbehälter mit Inertgas überlagert. Auch Instandhaltungsarbeiten werden oftmals an Rohrleitungen zur Vermeidung der Explosionsgefahr unter Inertgas durchgeführt.

Schutzmaßnahmen gegen Sauerstoffmangel sind

- Sorge tragen, dass Atemluft für die Beschäftigten in ausreichender Menge vorhanden ist, beispielsweise durch natürliche oder technische Lüftung,
- für gefahrloses Entweichen oder Ableiten des Inertgases sorgen,
- Sauerstoffgehalt messen,
- gegebenenfalls ein umgebungsluftunabhängiges Atemschutzgerät verwenden.

3.2.3 Exposition gegenüber Künstliche Mineralfasern (KMF)

Für Instandhaltungsarbeiten müssen die Anlagenteile von der Isolation befreit und nach Abschluss der Arbeiten wieder isoliert werden. Die gesundheitlichen Beeinträchtigungen bei der Verarbeitung durch KMF werden in der DGUV Information 213-031 „Tätigkeiten mit Mineralwolle-Dämmstoffen (Glaswolle, Steinwolle)“ [17] beschrieben. Bei Staubbelastungen durch KMF können beispielsweise Hautreizungen mit Juckreiz sowie Hautentzündungen auftreten. Allergien auf verwendete Bindemittel von Dämmstoffmatten wurden beobachtet. Beim Entfernen von Isolierverkleidungen mit hohen Staubbelastungen können Reizungen der Augen und der Atemwege mit vorübergehenden

Entzündungen des Rachenraums und der Nasenschleimhaut auftreten, auch Nachbararbeitsplätze können betroffen sein. Künstliche Mineralfasern können krebserzeugende Wirkung haben.

„alte“ und „neue“ KMF, krebserzeugende Wirkung

Seit dem 01.06.2000 gilt in Deutschland ein Verbot des Herstellens, des Inverkehrbringens und des Verwendens von Mineralwolle-Dämmstoffen, die nicht die Freizeichnungskriterien des Anhang II Nr. 5 der Gefahrstoffverordnung [3] erfüllen.

Dieser Sachverhalt macht es notwendig, in der Praxis grundsätzlich von zwei Typen von Mineralwolle-Dämmstoffen zu sprechen, nämlich von sogenannten „neuen“ und sogenannten „alten“ Produkten.

Unter „alten“ Mineralwolle-Dämmstoffen im Sinne der DGUV Information 213-031 [17] werden Produkte zusammengefasst, die nicht die Kriterien des Anhangs II Nr. 5 Abs. 2 der Gefahrstoffverordnung erfüllen. Nach der TRGS 905 „Verzeichnis krebserzeugender, keimzellmutagener oder reproduktionstoxischer Stoffe“ [13] sind die aus „alter“ Mineralwolle freigesetzten Faserstäube als krebserzeugend zu bewerten.

„neue“ Mineralwolle-Dämmstoffe erfüllen hingegen die Kriterien des Anhang II Nr. 5 Abs. 2 Gefahrstoffverordnung und gelten grundsätzlich als nicht krebserzeugend (genaue Voraussetzungen siehe DGUV Information 213-031 [17]). Die Herstellerin oder der Hersteller weist die Freizeichnung nach Anhang II der Gefahrstoffverordnung und die Bewertung als nicht krebserzeugend im Abschnitt 2 (Mögliche Gefahren) des Sicherheitsdatenblattes gemäß § 5 Gefahrstoffverordnung [3] nach.

Der Umgang mit „alten“ Mineralwolle-Dämmstoffen ist nur im Zuge von Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten möglich bzw. zulässig. Für solche Arbeiten gilt die TRGS 521 „Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten mit alter Mineralwolle“ [9].

Bei Mineralwolleprodukten, die vor 1996 verwendet worden sind, muss von einem Verdacht auf krebserzeugende Wirkung ausgegangen werden. Dieser Verdacht kann nur durch einen Einzelnachweis widerlegt werden.

Bei Produkten, die nach 1996 eingebaut wurden, kann auch noch der Verdacht einer krebserzeugenden Wirkung bestehen, und ist gegebenenfalls durch einen Einzelnachweis zu widerlegen. Erst seit dem 1. Juni 2000 dürfen in Deutschland nur noch „neue“ Produkte verarbeitet werden, die nach Anhang II Nr. 5 der Gefahrstoffverordnung [3] als unbedenklich gelten.

Maßnahmen zur Reduzierung der Gesundheitsgefährdung durch „neue“ KMF

Für den Umgang mit „neuen“, d.h. seit Juni 2000 eingebauten Glas- und Steinwollesfasern, die als unbedenklich gelten, müssen die Mindestschutzmaßnahmen zum Schutz der Beschäftigten vor Stäuben entsprechend TRGS 500 „Schutzmaßnahmen“ [8] Nr. 4 und 5 ergriffen werden. In der DGUV Information 213-031 [17] sind unter anderem folgende Mindestschutzmaßnahmen aufgeführt:

- Vorkonfektionierte Mineralwolle-Dämmstoffe bevorzugen. Diese können entweder von der Herstell- bzw. Lieferfirma geliefert oder zentral auf der Baustelle zugeschnitten werden.
- Verpackte Dämmstoffe erst am Arbeitsplatz auspacken.
- Material nicht werfen.
- Keine schnelllaufenden, motorgetriebenen Sägen ohne Absaugung verwenden.

- Auf fester Unterlage mit Messer oder Schere schneiden, nicht reißen.
- Für gute Durchlüftung am Arbeitsplatz sorgen. Das Aufwirbeln von Staub vermeiden.
- Anfallende Stäube und Staubablagerungen nicht mit Druckluft abblasen oder trocken kehren, sondern mit Industriestaubsauger (Kategorie M) aufnehmen bzw. feucht reinigen.
- Arbeitsplatz sauber halten und regelmäßig reinigen. Verschnitte und Abfälle sofort in geeigneten Behältnissen, beispielsweise Tonnen oder Plastiksäcken, sammeln. Behältnisse bei Nichtgebrauch geschlossen halten.
- Locker sitzende, geschlossene Arbeitskleidung und Schutzhandschuhe, beispielsweise aus Leder oder nitrilbeschichtete Baumwollhandschuhe tragen.
- Nach Beendigung der Arbeit Baustaub mit Wasser abspülen.

Maßnahmen zur Reduzierung der Gesundheitsgefährdung durch „alte“ KMF

Eine Hilfestellung zur Auswahl und Festlegung der Schutzmaßnahmen bei eingebauten „alten“ Mineralwolle-Produkten, bei denen von einem Verdacht auf krebserzeugende Wirkung auszugehen ist, liefert die TRGS 521 [9]. Sie enthält unter anderem für den Bereich „Technische Isolierung“ eine Tätigkeitsauflistung, der verschiedene Expositionskategorien zugeordnet sind.

Die Einteilung erfolgt in drei Expositionskategorien, die sich an der Höhe möglicher Staubbelastungen der Beschäftigten bei deren Arbeit mit dem Isolationsmaterial orientiert:

- **Expositionsgruppe 1**
Schutzmaßnahmen der Expositionskategorie 1 gelten für Tätigkeiten, die unter Berücksichtigung der beschriebenen Schutzmaßnahmen erfahrungsgemäß zu keiner oder nur sehr geringer Faserexposition führen, d. h. bei denen die Faserstaubkonzentration „alter“ Mineralwollprodukte unter 50.000 Fasern/m³ liegt.
- **Expositionsgruppe 2**
Schutzmaßnahmen der Expositionsgruppe 2 gelten für Tätigkeiten, die unter Berücksichtigung der beschriebenen Schutzmaßnahmen und Art der Tätigkeit eine geringe bis mittlere Faserexposition hervorrufen, d.h. bei denen die Faserstaubkonzentration „alter“ Mineralwollprodukte zwischen 50.000 Fasern/m³ und 250.000 Fasern/m³ liegt.
- **Expositionsgruppe 3**
Schutzmaßnahmen der Expositionsgruppe 3 gelten für alle Tätigkeiten, die nach dem Stand der Technik eine höhere Faserstaubexposition „alter“ Mineralwollprodukte als 250.000 Fasern/m³ hervorrufen.

Zu den Kategorien werden in der TRGS 521 [9] jeweils Schutzmaßnahmen genannt. Mit steigender Kategorie sind weitere Maßnahmen vorzunehmen.

Liegen keine Informationen über die Beurteilung der Fasern vor – dies wird in der Praxis bei Arbeiten an/mit bereits vorhandener, alter Isolation öfter der Fall sein –, ist bei der Beurteilung zunächst von „alten“ Mineralwolle-Dämmstoffen, d.h. von einer Krebsgefahr, auszugehen. Diese Beurteilung der eingebauten Produkte beinhaltet kein Gebot des Entfernens. Bei den Arbeiten ist aber – falls keine Ermittlungen zur Höhe der Faserbelastung vorliegt – der gesamte Maßnahmenkatalog der Expositionskategorie 3 der TRGS 521 [9] heranzuziehen.

3.3 Gefährdung durch Brände und Explosionen

Um die erforderlichen hohen Temperaturen bei den Verbrauchern zu erreichen, werden die WT in der Regel auf Temperaturen oberhalb des Flammpunkts erhitzt, was insbesondere eine Gefährdung durch Brände und Explosionen bedingt.

Bei der Erstellung der Gefährdungsbeurteilung sind insbesondere die ASR A 2.2 „Maßnahmen gegen Brände“ [15], die Schutzmaßnahmen für eine hohe Brandgefährdung entsprechend der TRGS 800 „Brandschutzmaßnahmen“ [12] und die Schutzmaßnahmen für Explosionsgefährdungen entsprechend TRGS 722 „Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Gemische“ [11] zu beachten.

Aufgrund der hohen Temperaturdifferenzen müssen auch physikalische Explosionen betrachtet werden.

3.3.1 Brandgefährdung

In der Nähe von Erhitzern sind Feuerlöscher nach DIN EN 3-7 „Tragbare Feuerlöscher – Teil 7: Eigenschaften, Leistungsanforderungen und Prüfungen“ [25] der Brandklasse B, in ausreichender Zahl bereitzuhalten. Aufgrund der oftmals hohen Brandgefahr, insbesondere im Heizraum, ist ein Brand oftmals manuell nicht zu bekämpfen, auch aufgrund möglicher Eigengefährdungen. Die verwendeten Löschmittel müssen an die Brandklasse (bei WT in der Regel Brandklasse B) angepasst sein. Geeignete Löschmittel sind beispielsweise Schwerschäum, CO₂ und Pulverlöschmittel.

Im Bereich von Erhitzern, Behältern, Pumpen und Wärmeverbrauchern dürfen entsprechend DIN 4754-1 [26] selbsttätige mit Wasser betriebene Feuerlöscheinrichtungen (beispielsweise Feuerlöscheinrichtungen mit über die Fläche verteilten Sprühdüsen) nur so angebracht sein, dass brennender WT nicht von Löschwasser getroffen wird. Im Bereich der WÜA müssen dauerhafte, leicht sichtbare Schilder mit der Aufschrift „**Achtung!** Brennenden Wärmeträger nicht mit Wasser löschen!“ angebracht sein.

3.3.2 Gefahren durch explosionsfähige Gemische

Wärmeträgerbeaufschlagte Anlagenteile sowie ihre Ausrüstungsteile müssen so ausgeführt sein, dass bei den auf Grund der vorgesehenen Betriebsweise zu erwartenden mechanischen, chemischen und thermischen Beanspruchungen keine Brand- und Explosionsgefahren entstehen. Hierzu müssen die wärmeträgerbeaufschlagten Anlagenteile sowie ihre Ausrüstungsteile auf Dauer technisch dicht sein. Dies gilt nicht für betriebsbedingte Austrittstellen, beispielsweise Probenahmestellen.

Anlagenteile gelten als auf Dauer technisch dicht, wenn sie so ausgeführt sind, dass sie aufgrund ihrer Konstruktion technisch dicht bleiben oder ihre technische Dichtheit durch Wartung und Überwachung ständig gewährleistet wird. Zu den Anforderungen an auf Dauer technisch dichte Anlagenteile, siehe TRGS 722 „Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Gemische“ [11]. Sinnvoll ist es, die Zahl der Flanschverbindungen auf die erforderliche Anzahl zu reduzieren. Schweißverbindungen sind Flanschverbindungen vorzuziehen.

Wenn Austritte von WT unumgänglich sind, so das explosionsfähige Gemische entstehen können, sind weitere Maßnahmen, beispielsweise Lüftungsmaßnahmen oder Überwachung der Konzentration in Verbindung mit automatisch auslösenden Schaltfunktionen oder automatischer Auslösung von Notfunktionen zur Verhinderung der Bildung von gefahrdrohenden explosionsfähigen Gemischen in der Umgebung von Anlagen oder Anlagenteilen an der WÜA vorzusehen, siehe auch TRGS 722 [11].

Lüftungsmaßnahmen oder Maßnahmen zur Überwachung der Konzentration in der Umgebung von Anlagen oder Anlagenteilen mit automatisch auslösenden Schaltfunktionen oder automatischer Auslösung von Notfunktionen zur Verhinderung der Bildung von gefahrdrohenden explosionsfähigen Gemischen können auch als redundante Maßnahmen zur dauerhaften technischen Dichtheit eingerichtet werden.

WT können sich bei höheren Temperaturen in niedermolekulare Bestandteile zersetzen, beispielsweise Toluol. Die Zersetzungsprodukte können einen geringeren Flammpunkt als der WT selbst haben, infolgedessen wird die Brand- und Explosionsgefahr erhöht. Wird die WÜA im Bereich der zulässigen Filmtemperatur des WT betrieben, kommt es verstärkt zur Zersetzung. Die Zersetzungsgeschwindigkeit wächst exponentiell mit der Temperatur. Die thermische Belastung des WT sollte darum so gering wie möglich gehalten werden.

Die Prüfung des WT (siehe Kapitel 4.2 Prüfungen des Wärmeträgers) kann Hinweise auf Zersetzungsreaktionen geben.

3.3.3 Physikalische Explosionen und Siedeverzüge

Die Dichtheit von WT führenden Elementen oder Einbauten in Bereichen (beispielsweise Behälter) mit kälteren Flüssigkeiten ist zu gewährleisten, beispielsweise durch regelmäßige Prüfungen und Kontrollen auf Korrosion und Undichtheiten.

Wasser kann in den Wärmekreislauf gelangen, wenn es aus Anlagenteilen, die aus verfahrenstechnischen Gründen mit Wasser gekühlt werden, störungsbedingt in die Wärmeträgerseite eintritt. Kommt es beispielsweise durch Korrosion zum Eindringen von Wasser, steigt durch Verdampfen der Druck spontan an. An den Stellen, an denen Wasser zum Einsatz kommt, sind korrosionsbeständige Materialien zu verwenden. Die WÜA ist regelmäßig auf Korrosion und Undichtheiten zu kontrollieren. Der WT ist regelmäßig (z. B. jährlich) auf seinen Wassergehalt zu prüfen (siehe auch Kapitel 4.2 Prüfungen des Wärmeträgers), dadurch kann unbemerkter Wassereintritt ins WT-System bemerkt werden.

Plötzliches Abplatzen von Ablagerungen wie Ölkoksbildungen kann aufgrund der erhöhten Wandtemperatur zu einer lokalen Übererhitzung des WT führen. Die Heizelemente sind daher regelmäßig auf Ölkoksabscheidungen und Verkrustungen zu kontrollieren.

3.3.4 Gefahren durch WÜA in explosionsgefährdeten Bereichen

WÜA können insbesondere durch Ihre hohen Oberflächentemperaturen selbst zur Zündquelle werden, wenn Sie in explosionsgefährdeten Bereichen aufgestellt werden. Ist eine Aufstellung von WÜA in explosionsgefährdeten Bereichen erforderlich, muss ein Explosionsschutzkonzept unter Einbeziehung der WÜA entwickelt werden und geeignete Schutzmaßnahmen getroffen werden.

3.4 Gefahren durch heiße Medien, heiße Oberflächen

In allen Betriebsbereichen, durch die Leitungen mit WT geführt werden, sind heiße Anlagenteile vorhanden, die bei den Beschäftigten durch Berühren zu Verbrennungen führen können. Insbesondere bei Reparaturarbeiten, für die die Erhitzer nicht außer Betrieb genommen werden, kann es, da die Isolationen entfernt werden müssen, zur Berührung heißer Teile kommen.

Heiße Anlagenteile im Arbeits- und Verkehrsbereich müssen isoliert oder auf andere Weise so geschützt sein, dass sich niemand verbrennen kann. Die Temperaturschwelle für Verbrennungen bei

unbeabsichtigter Berührung und sehr kurzer Berührungszeit liegt an metallischen Oberflächen bei ca. 65 °C. Bei längeren Kontaktdauern können Verbrennungen schon bei geringeren Oberflächentemperaturen auftreten (siehe DIN EN ISO 13732-1 [29]).

Anlagenteile mit einer höheren Oberflächentemperatur als 110 °C müssen einen Berührungsschutz aus nicht brennbaren Baustoffen haben, wenn die Gefahr einer unbeabsichtigten Berührung besteht. Der Berührungsschutz muss unverrückbar befestigt und so ausgebildet sein, dass Gegenstände auf ihm nicht abgelegt werden können.

Heiße Oberflächen, die im Arbeits- und Verkehrsbereich liegen, sind zu kennzeichnen (beispielsweise durch das Warnzeichen W017 nach ASR A1.3 [14]). Anlagenteile, bei denen die Gefahr durch heiße Oberflächen erkennbar sind, benötigen keine gesonderte Kennzeichnung der hohen Oberflächentemperaturen.

4 Prüfungen

4.1 Prüfungen der Wärmeübertragungsanlage

WÜA sind in der Regel als überwachungsbedürftige Druckanlagen einzustufen, da sie zumindest ein Druckgerät enthalten, das überwachungsbedürftig im Sinne der Betriebssicherheitsverordnung ist. Sie enthalten in der Regel mindestens einen Druckbehälter, der als Druckgerät nach Druckgeräteverordnung (2014/68/EU) [1] in die Kategorie I oder höher einzustufen ist.

4.1.1 Prüfzuständigkeiten

Die Prüfzuständigkeiten für die überwachungsbedürftigen Druckanlagen und Anlagenteile mit organischen Wärmeträgern werden nach den §§ 15 und 16 in Verbindung mit Anhang 2 Abschnitt 4 Nr. 7.19 der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) [2] für die Prüfungen vor Inbetriebnahme und vor Wiederinbetriebnahme nach prüfpflichtigen Änderungen sowie wiederkehrende Prüfungen bestimmt. An Anlagen, die zumindest ein überwachungsbedürftiges Druckgerät (Druckbehälter) enthalten, müssen durch eine zugelassene Überwachungsstelle (ZÜS) folgende Prüfungen durchgeführt werden:

- Eine Prüfung vor Inbetriebnahme und vor Wiederinbetriebnahme nach prüfpflichtigen Änderungen, wenn das Produkt aus dem maximal zulässigen Druck PS und dem maßgeblichen Volumen (des Druckbehälters in der WÜA) mehr als 100 Bar x Liter beträgt.
- Wiederkehrende Prüfungen, wenn das Produkt aus dem maximal zulässigen Druck PS und dem maßgeblichen Volumen (des Druckbehälters in der WÜA) mehr als 500 Bar x Liter beträgt.

Anstelle des von der Herstellerin oder dem Hersteller angegebenen maximal zulässigen Drucks PS kann entsprechend BetrSichV [2] auch der von der Unternehmerin oder dem Unternehmer festgelegte zulässige Betriebsdruck P_B zugrunde gelegt werden. Der zulässige Betriebsdruck ist in der Gefährdungsbeurteilung zu dokumentieren und in die Prüfbescheinigung oder die Aufzeichnung über die Prüfung vor der erstmaligen Inbetriebnahme oder über die Prüfung nach einer prüfpflichtigen Änderung aufzunehmen.

Werden die vorgenannten Grenzen der Druckinhaltsprodukte der enthaltenen Druckgeräte (Druckbehälter) nicht überschritten, so können die oben genannten Prüfungen durch eine geeignete von der Unternehmerin oder dem Unternehmer zu bestimmende zur Prüfung befähigte Person (bP) entsprechend Anhang 2 Abschnitt 4 Nr. 3 BetrSichV [2] durchgeführt werden. Weitere Informationen

über zur Prüfung befähigte Personen (bP) sind in der TRBS 1203 „Zur Prüfung befähigte Personen“ [6] nachzulesen.

4.1.2 Prüffristen

Die Fristen für die wiederkehrenden Prüfungen von Druckanlagen (die WÜA ist eine Druckanlage, wenn der zulässige Betriebsdruck $P_B > 0,5$ Bar beträgt, dies ist in der Regel der Fall) und Anlagenteilen sind von der Unternehmerin oder dem Unternehmer im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung unter Beachtung der Höchstfristen der BetrSichV zu ermitteln.

Bei überwachungsbedürftigen Druckanlagen und Anlagenteilen, die wiederkehrend durch eine zugelassene Überwachungsstelle (ZÜS) zu prüfen sind, dürfen die Höchstfristen nach Anhang 2 Abschnitt 4 Nr. 7.19 der BetrSichV [2] nicht überschritten werden (2 Jahre für die äußere Prüfung, 5 Jahre für die innere Prüfung und 10 Jahre für die Festigkeitsprüfung sowie für die Druckanlagenprüfung).

Bei überwachungsbedürftigen Druckanlagen und Anlagenteilen, die wiederkehrend durch eine zur Prüfung befähigte Person (bP) geprüft werden können, darf die Höchstfrist von 10 Jahren nach Anhang 2 Abschnitt 4 Nr. 7.19 für die äußere Prüfung, innere Prüfung und Festigkeitsprüfung sowie Druckanlagenprüfung nicht überschritten werden.

Sind die Druckbehälter nicht feuer-, abgas- oder elektrisch beheizt, können die äußeren Prüfungen entfallen. Dies ist bei den Druckbehältern in WÜA seltener der Fall, da diese in der Regel feuer-, abgas- oder elektrisch beheizt werden.

4.1.3 Prüfungen vor Inbetriebnahme und vor Wiederinbetriebnahme nach prüfpflichtigen Änderungen

Die Prüfung vor Inbetriebnahme beinhaltet die Prüfung des ordnungsgemäßen Zustandes der WÜA und deren Komponenten hinsichtlich der Montage, der Installation, der Aufstellungsbedingungen und der sicheren Funktion (auch der Regel- und Sicherheitseinrichtungen sowie anderen sicherheitsrelevanten Ausrüstungsteilen) unter Berücksichtigung der vorgesehenen Betriebsweise.

Die Prüfung vor Wiederinbetriebnahme nach prüfpflichtigen Änderungen (dies können auch Instandsetzungsarbeiten sein) kann sich darauf beschränken zu prüfen, ob die WÜA vorschriftsmäßig geändert wurde und sicher funktioniert (inklusive Dichtheitsprüfung).

WÜA dürfen erstmalig sowie nach einer Instandsetzung oder einer prüfpflichtigen Änderung erst in Betrieb genommen werden, wenn eine zur Prüfung befähigte Person (bP) eine Dichtheitsprüfung durchgeführt hat. Die Dichtheitsprüfung muss mit flüssigem, nicht heißem WT, einem Inertgas oder Luft durchgeführt werden, wobei der zulässige Betriebsdruck der Anlage nicht überschritten werden darf.

Wasser sollte zur Dichtheitsprüfung oder zur Festigkeitsprüfung nur dann verwendet werden, wenn zwingende Gründe dafür vorliegen. Nach einer solchen Prüfung ist das Wasser restlos zu entfernen und das System zu trocknen, da Restfeuchte bei Inbetriebnahme und später im Betrieb zu Problemen führt.

Weitere Informationen zur sicheren Durchführung von Dichtheits- und Festigkeitsprüfungen (auch mit Gasen) sind in der DGUV Information 213-062 „Druckprüfungen von Druckbehältern und Rohrleitungen“ [18] nachzulesen.

4.1.4 Wiederkehrende Prüfungen

Die wiederkehrenden Prüfungen der WÜA bestehen aus

- der Prüfung der Druckanlage (Ordnungsprüfung und technische Prüfung) und
- der Prüfung der Anlagenteile (Äußere Prüfung, Innere Prüfung und Festigkeitsprüfung).

4.1.5 Nicht überwachungsbedürftige Wärmeübertragungsanlagen

Für WÜA, die nicht überwachungsbedürftig sind, hat die Unternehmerin oder der Unternehmer nach § 3 Abs. 6 der BetrSichV [2] Art, Umfang und Fristen erforderlicher Prüfungen zu ermitteln. Sie sind danach wiederkehrend durch eine zur Prüfung befähigte Person (bP) auf den betriebssicheren Zustand prüfen zu lassen. Dies beinhaltet eine Dichtheitsprüfung und eine Prüfung der sicherheitsrelevanten Ausrüstungsteile.

4.1.6 Prüfeempfehlungen

Über die nach BetrSichV [2] vorgeschriebenen Prüfungen für WÜA und Anlagenteile hinaus ist es empfehlenswert entsprechend DIN 4754-1 [26], die WÜA einmal im Jahr unter Betriebsbedingungen durch eine zur Prüfung befähigte Person (bP) prüfen zu lassen. Diese Prüfung muss sich über die gesamte Anlage erstrecken. Auch die Regel- und Sicherheitseinrichtungen und anderen sicherheitsrelevanten Ausrüstungsteile sollten mindestens in Jahresabständen auf Wirksamkeit und Funktion geprüft werden.

4.1.7 Dokumentation

Die Unternehmerin oder der Unternehmer hat für jede WÜA eine Dokumentation zu führen. Für überwachungsbedürftige Anlagen ist die Dokumentation entsprechend § 17 BetrSichV [2] vorzunehmen. Für nicht überwachungsbedürftige Anlagen ist die Dokumentation entsprechend § 14 Abs. 7 BetrSichV [2] durchzuführen. Auch für nicht überwachungsbedürftige WÜA ist es sinnvoll, wie bei überwachungsbedürftigen WÜA die Dokumentation über die gesamte Betriebsdauer der WÜA aufzubewahren.

Für jede WÜA empfiehlt es sich ein Prüfbuch („Kontrollbuch“) zu führen. In dem Prüfbuch können die Ergebnisse der Prüfungen (beispielsweise Überprüfungen des WT oder Dichtheitsprüfungen) und Kontrollen (beispielsweise der regelmäßigen Kontrollgänge) eingetragen werden. Informationen zur Dokumentation von Prüfungen, Wartungen und Kontrollen finden sich beispielsweise in der VDI 3033 [22] und VDI 03033 [23].

4.2 Prüfungen des Wärmeträgers

WÜA dürfen nur betrieben werden, wenn der WT durch eine zur Prüfung befähigte Person (bP) nach Bedarf, mindestens jedoch einmal jährlich, auf seine weitere Verwendbarkeit geprüft worden ist. Die Prüfungen des WT sind zu dokumentieren und sind Teil der Dokumentation der WÜA (siehe Kapitel 4.1.7 Dokumentation). Bedarfsfälle für diese Prüfung liegen beispielsweise vor

- bei Beendigung des Anfahrbetriebs,
- drei Monate nach der erstmaligen Inbetriebnahme,
- drei Monate nach Umstellung auf einen anderen Wärmeträger,
- bei Überhitzung des Wärmeträgers,
- bei Änderung der Betriebsweise.

Kriterien für eine solche Prüfung liefert neben Angaben der Herstellfirma die DIN 51522 [31].

Glossar

Maximal zulässiger Druck/Zulässiger Betriebsdruck

Der **maximal zulässige Druck** PS ist der von der Herstellerin oder dem Hersteller angegebene höchste Druck, für den das betreffende Druckgerät ausgelegt ist und der für eine von der Herstellerin oder dem Hersteller vorgegebene Stelle festgelegt ist, wobei es sich entweder um die Anschlussstelle der Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion oder um den höchsten Punkt des Druckgerätes oder, falls nicht geeignet, um eine andere angegebene Stelle handelt.

Der **zulässige Betriebsdruck** PB ist der von der Unternehmerin oder dem Unternehmer aus Sicherheitsgründen festgelegte höchste Wert des Drucks, für den das Druckgerät gegebenenfalls durch ein Ausrüstungsteil mit Sicherheitsfunktion abgesichert ist (in Anlehnung an TRBS 1201 Teil 2 „Prüfungen und Kontrollen bei Gefährdungen durch Dampf und Druck“ [5]).

Zulässige maximale Temperatur/Zulässige Betriebstemperatur

Die **zulässige maximale Temperatur** TS ist die von der Herstellerin oder dem Hersteller angegebene maximale Temperatur, für die das Druckgerät ausgelegt ist.

Die **zulässige Betriebstemperatur** T_B ist der vom Unternehmer oder der Unternehmerin aus Sicherheitsgründen festgelegte höchste Wert der Temperatur, auf den das Druckgerät ggf. durch ein Ausrüstungsteil mit Sicherheitsfunktion abgesichert ist (in Anlehnung an TRBS 2141 „Gefährdungen durch Dampf und Druck“ [7]).

Vorlauftemperatur/Filmtemperatur/Zulässige Filmtemperatur

Die **Vorlauftemperatur** ist die Wärmeträgertemperatur unmittelbar am Erhitzeraustritt.

Die **Filmtemperatur** ist die Wandtemperatur auf der Wärmeträgerseite.

Die **zulässige Filmtemperatur** ist eine Stoffgröße des Wärmeträgers. Sie darf an den Heizflächen nicht überschritten werden, da der WT ansonsten zu stark thermisch abbaut.

Volumen

Als Volumen gilt das innere Volumen eines Druckraums einschließlich des Volumens von den Stutzen bis zur ersten Verbindung, abzüglich des Volumens fest eingebauter innen liegender Teile.

Mindestvolumenstrom

Der Mindestvolumenstrom ist der Volumenstrom im Zwangslauferhitzer der WÜA, der mindestens vorliegen muss, um eine unzulässige Überhitzung des WT zu vermeiden.

Ölkoksabscheidungen

Ölkoksabscheidungen sind Abscheidungen von Zersetzungsprodukten des WT innerhalb der WÜA. Sie können insbesondere beispielsweise auf Heizbündeln von Elektroerhitzern oder in den Röhren von befeuerten Erhitzern auftreten, wenn die zulässige Filmtemperatur überschritten wird. Der Vergleich zwischen zulässiger Betriebstemperatur und der zulässigen Filmtemperatur kann Hinweise geben, ob aufgrund der Betriebsweise mit starker Alterung, Zersetzung und dementsprechend mit Verkrustungen innerhalb der Anlage zu rechnen ist.

Literaturverzeichnis

- [1] Druckgeräterichtlinie (DGRL), RICHTLINIE 2014/68/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Mai 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bereitstellung von Druckgeräten auf dem Markt (DGRL)
- [2] Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV), Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln vom 3. Februar 2015 (BGBl. I S. 49), geändert 27. Juli 2021 (BGBl. I S. 3146)
- [3] Gefahrstoffverordnung (GefStoffV), Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen vom 26. November 2010 (BGBl. I S. 1643), geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 21. Juli 2021 (BGBl. I S. 3115)
- [4] Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV), vom 18. April 2017 (BGBl. I S. 905), die durch Artikel 256 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist
- [5] TRBS 1201 Teil 2, Prüfungen und Kontrollen bei Gefährdungen durch Dampf und Druck, Ausgabe: Juli 2018, Änderung: GMBI 2020 S. 322 [Nr. 17]
- [6] TRBS 1203, Zur Prüfung befähigte Personen, Ausgabe: März 2019, GMBI 2019 S. 262 [Nr. 13–16] (v. 23.05.2019), Änderung: GMBI 2021 S. 1002 [Nr. 46] (v. 23.08.2021), Berichtigung: GMBI 2022 S. 16 [Nr. 1] (v. 14.01.2022)
- [7] TRBS 2141, Gefährdungen durch Dampf und Druck, Ausgabe: März 2019, GMBI 2019 S. 270 [Nr. 13–16]
- [8] TRGS 500, Schutzmaßnahmen, Ausgabe September 2019, GMBI 2019 S. 1330-1366 [Nr. 66/67] (v. 13.12.2019), berichtigt: GMBI 2020 S. 88 [Nr.4] (v.31.01.2020)
- [9] TRGS 521, Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten mit alter Mineralwolle, Ausgabe 2008
- [10] TRGS 555, Betriebsanweisung und Information der Beschäftigten, Ausgabe Februar 2017, GMBI 2017, S. 275-281, v. 20.04.2017 [Nr. 15]
- [11] TRGS 722, Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Gemische, Ausgabe Februar 2021, GMBI 2021 S. 399-415 [Nr. 17-19] (v. 16.3.2021), Änderung: GMBI 2022 S. 196 [Nr. 8] (14.03.2022)
- [12] TRGS 800, Brandschutzmaßnahmen, Ausgabe Dezember 2010, GMBI 2011 Nr. 2 S. 33-42 (v. 31.1.2011)
- [13] TRGS 905, Verzeichnis krebserzeugender, keimzellmutagener oder reproduktionstoxischer Stoffe, Ausgabe März 2016 GMBI 2016 S. 378-390 [Nr. 19] v. 3.5.2016, Änderung: GMBI 2021, S. 899 [Nr. 41] v. 13.07.2021
- [14] ASR A1.3, Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung, Ausgabe: Februar 2013, zuletzt geändert GMBI 2022, S. 242
- [15] ASR A2.2, Maßnahmen gegen Brände, Ausgabe: Mai 2018, zuletzt geändert GMBI 2022, S. 247
- [16] DGUV Information 205-001, Betrieblicher Brandschutz in der Praxis, Dezember 2020

- [17] DGUV Information 213-031, Tätigkeiten mit Mineralwolle-Dämmstoffen (Glaswolle, Steinwolle), Juli 2019
- [18] DGUV Information 213-062, Druckprüfungen von Druckbehältern und Rohrleitungen
Flüssigkeitsdruckprüfungen, Gasdruckprüfungen (Merkblatt T 039 der Reihe „Sichere Technik“), April 2012
- [19] Merkblatt A 008 der BG RCI, Persönliche Schutzausrüstungen, Februar 2012
- [20] Merkblatt A 017 der BG RCI, Gefährdungsbeurteilung – Gefährdungskatalog, Oktober 2021
- [21] AD 2000 Merkblatt A 2, Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung – Sicherheitsventile –, April 2015
- [22] VDI 3033, Wärmeübertragungsanlagen mit organischen Wärmeträgern – Betreiben, Warten und Instandsetzen, Juli 1995
- [23] VDI 03033, Wärmeübertragungsanlagen – Musterformulare für ordnungsgemäßes Betreiben bzw. Dokumentieren, September 1995
- [24] VDI-Wärmeatlas, 12. Auflage 2019, Springer-Vieweg Verlag, Heidelberg
- [25] DIN EN 3-7, Tragbare Feuerlöscher – Teil 7: Eigenschaften, Leistungsanforderungen und Prüfungen; Deutsche Fassung EN 3-7:2004+A1:2007, Beuth Verlag, Berlin
- [26] DIN 4754-1, Wärmeübertragungsanlagen mit organischen Wärmeträgern – Teil 1: Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfung, März 2015, Beuth Verlag, Berlin
- [27] DIN 4754-2, Wärmeübertragungsanlagen mit organischen Wärmeträgern – Teil 2: Strömungssicherungen, März 2015, Beuth Verlag, Berlin
- [28] DIN 4754-3, Wärmeübertragungsanlagen mit organischen Wärmeträgern – Teil 3: Füllstandsicherungen, März 2015, Beuth Verlag, Berlin
- [29] DIN EN ISO 13732-1, Ergonomie der thermischen Umgebung – Bewertungsverfahren für menschliche Reaktionen bei Kontakt mit Oberflächen – Teil 1: Heiße Oberflächen (ISO 13732-1:2006); Deutsche Fassung EN ISO 13732-1:2008, Beuth Verlag, Berlin
- [30] DIN EN 14597, Temperaturregeleinrichtungen und Temperaturbegrenzer für wärmeerzeugende Anlagen; Deutsche Fassung EN 14597:2012, Beuth Verlag, Berlin
- [31] DIN 51522, Wärmeträgermedien Q Anforderungen, Prüfung; November 1998, Beuth Verlag, Berlin
- [32] DIN 51528, Prüfung von Mineralölen und verwandten Erzeugnissen – Bestimmung der Thermostabilität von ungebrauchten Wärmeträgermedien, Juli 1998, Beuth Verlag, Berlin
- [33] DIN 51529, Prüfung von Mineralölen und verwandten Erzeugnissen - Prüfung und Beurteilung gebrauchter Wärmeträgermedien, November 2000, Beuth Verlag, Berlin
- [34] DIN VDE 0100 „Errichten von Niederspannungsanlagen“, Normenreihe, Beuth Verlag, Berlin
- [35] HEAT TRANSFER TECHNIQUE WITH ORGANIC FLUIDS, Wagner Walther, 3rd Edition 2019, Vogel Verlag, Würzburg
- [36] Wärmeträgerölanlagen, E+S Rückversicherung AG, Juni 2013
- [37] Marlotherm – News Letter No. 7, Selbstentzündung von organischen Wärmeträgerflüssigkeiten an Isoliermaterialien, SASOL Germany GmbH, Juni 2001

Bildnachweis

Die in dieser Fachbereich AKTUELL gezeigten Bilder wurden freundlicherweise zur Verfügung gestellt von:

Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI)
Kurfürsten-Anlage 62
69115 Heidelberg

Herausgeber

Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40

10117 Berlin

Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)

Fax: 030 13001-9876

E-Mail: info@dguv.de

Internet: www.dguv.de

Sachgebiet Verfahrenstechnik und Druckanlagen
im Fachbereich Rohstoffe und chemische Industrie
der DGUV www.dguv.de Webcode: d138203

Die Fachbereiche der DGUV werden von den Unfallkassen, den branchenbezogenen Berufsgenossenschaften sowie dem Spitzenverband DGUV selbst getragen. Für den Fachbereich Rohstoffe und chemische Industrie ist die Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie der federführende Unfallversicherungsträger und damit auf Bundesebene erster Ansprechpartner in Sachen Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit für Fragen zu diesem Gebiet.