

Persönliche ABC Schutzausrüstung



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS
LABOR SPIEZ
Federal Office for Civil Protection FOCP
SPIEZ LABORATORY

Projektteam

2. Edition:

Dr. Christian Gloor, Labor Spiez
Daniel Schuler, BBS Ingenieure AG
Dr. Gilles Richner, Labor Spiez
Dr. César Metzger, Labor Spiez

1. Edition:

Dr. Patrick Wick, Labor Spiez
Daniel Schuler, BBS Ingenieure AG
Peter Hunziker, Labor Spiez

Zitervorschlag

Labor Spiez (2023) Persönliche ABC-Schutzausrüstung

Herausgeber

LABOR SPIEZ
Das eidgenössische Institut für ABC-Schutz
CH-3700 Spiez
Telefon +41 (0)58 468 14 00
laborspiez@babs.admin.ch
www.spiezlab.admin.ch

Vorwort

Das Labor Spiez ist das Eidgenössische Institut für ABC-Schutz. Es erarbeitet und sichert die wissenschaftlichen und technischen Grundlagen des ABC-Schutzes. Dabei befasst es sich sowohl mit den ABC-Gefährdungen als auch mit den technischen und organisatorischen ABC-Schutzmassnahmen. Der Fachbereich CBRNe Schutzsysteme ist für die Sicherstellung des Schutzes von Menschen, Bauten und Fahrzeugen zuständig. Im Rahmen dieser Aufgabe werden unter anderem Schutzmaterialien und Schutzsysteme geprüft. Mit seinen akkreditierten Laboratorien verfügt das Labor Spiez über die Kompetenzen zur Prüfung von Rohmaterialien, einzelnen Produkten sowie kompletten Schutzsystemen.

Das mit dem ABC-Schutz verbundene Wissen beruht auf komplexen physikalischen, chemischen und physiologischen Zusammenhängen. Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass insbesondere in Bezug auf die persönliche ABC-Schutzausrüstung bei einem breiten Adressatenkreis ein Bedürfnis nach verständlichen und praxisnahen Informationen besteht. Um diesem Bedürfnis Rechnung zu tragen, wurde 2012 die erste Version des Handbuchs «Persönliche ABC-Schutzausrüstung» publiziert.

Die vorliegende zweite Ausgabe des Handbuchs liefert den Benutzern und Benutzerinnen von persönlichen ABC-Schutzausrüstungen namentlich Angehörigen von Einsatzorganisationen des Bevölkerungsschutzes, einen umfassenden und systematischen Überblick über alle relevanten Aspekte, welche die persönliche ABC-Schutzausrüstung betreffen. Neben den spezifischen Gefährdungen durch ABC-Stoffe werden insbesondere auch die diversen Bestandteile und Varianten des persönlichen ABC-Schutzmaterials beschrieben. Im Weiteren enthält das Handbuch praktische Tipps zur Beschaffung, Anwendung und Lagerung des Schutzmaterials. Weiterentwicklungen bei den persönlichen Schutzausrüstungen, aber auch Änderungen von Normen machten eine Aktualisierung des Handbuchs erforderlich.

Der Fachbereich CBRNe Schutzsysteme des Labor Spiez ist überzeugt, mit dem vorliegenden Handbuch einen Beitrag zur Verbesserung des ABC-Schutzes in der Schweiz leisten zu können. Gerne steht das Labor Spiez den Akteuren im Bereich ABC-Schutz mit seiner Expertise beratend zur Seite.

Dr. César Metzger

LABOR SPIEZ

Chef Fachbereich CBRNe Schutzsysteme

Inhaltsverzeichnis

1	Aufbau des Handbuchs	5
2	Gefährdung durch ABC-Stoffe	7
2.1	Formen von ABC-Stoffen	7
2.2	Aufnahme von ABC-Stoffen durch den Menschen	9
2.2.1	Übersicht	9
2.2.2	Partikelgrösse und Aufnahmen von Aerosolen	10
2.3	Wirkungen auf den Menschen und Schutz	11
2.3.1	Radioaktive Stoffe	11
2.3.2	Biologische Stoffe	13
2.3.3	Chemische Stoffe	15
3	ABC-Schutzmaterial	20
3.1	Grundlagen	20
3.1.1	Atemschutz und Hautschutz	20
3.1.2	Durchgang von ABC-Stoffen durch Materialien	21
3.1.3	Dichtheit von ABC-Schutzmaterial	23
3.2	Atemschutzmaterial	24
3.2.1	Bestandteile des Atemschutzsystems	24
3.2.2	Atemluftanschluss	24
3.2.2.1	Übersicht	24
3.2.2.2	Leistungsmerkmale	25
3.2.2.3	Masken	26
3.2.2.4	Hauben und Helme	29
3.2.3	Atemluftversorgung	29
3.2.3.1	Übersicht	29
3.2.3.2	Atemluftqualität	30
3.2.3.3	Filtergeräte	30
3.2.3.4	Isoliergeräte	35
3.2.3.5	Atemschutzgeräte für die Selbstrettung	36

Inhaltsverzeichnis

3.3	Schutzbekleidung	37
3.3.1	Übersicht	37
3.3.2	Schutzanzüge	38
3.3.2.1	Leistungsmerkmale	38
3.3.2.2	Chemikalienschutzanzüge	39
3.3.2.3	Schutzanzüge gegen Gefährdungen durch Mikroorganismen	43
3.3.2.4	Schutzanzüge gegen radioaktive Kontamination durch Partikel	43
3.3.2.5	Permeable Schutzanzüge	45
3.3.3	Teilkörperschutz und Zubehör	47
3.3.3.1	Bekleidung für den Teilkörperschutz	47
3.3.3.2	Handschuhe	48
3.3.3.3	Schuhe und Stiefel	49
3.3.3.4	Augen- und Gesichtsschutz	51
4	Hinweise zur Evaluation, Ausbildung, Bewirtschaftung und zum Einsatz	52
4.1	Evaluation und Beschaffung	52
4.1.1	Einsatzszenarien	52
4.1.1.1	Wahl des Atemschutzes	53
4.1.1.2	Wahl des Hautschutzes	54
4.1.2	Weitere Faktoren zur Evaluation	54
4.2	Hinweise zur Ausbildung	55
4.2.1	Theoretische und praktische Ausbildung	55
4.2.2	Ausbildung im Bereich Atemschutz	56
4.2.2.1	Dichtheit von Atemanschlüssen	56
4.2.2.2	Anpassung und Überprüfung von Schutzmasken	57
4.2.2.3	Haltezeit von Filtern	58
4.2.3	Elemente der Ausbildung im Bereich Hautschutz	60
4.2.3.1	Dichtheit der Schutzkleidung	60
4.2.3.2	Pump-Effekt	60

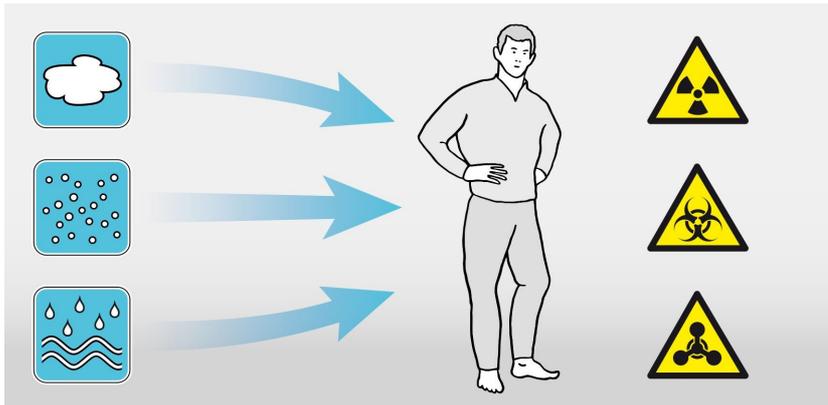
Inhaltsverzeichnis

4.3	Hinweise zum Einsatz	61
4.3.1	Schutzmaterial	61
4.3.2	Überprüfung der Funktionstüchtigkeit und Dichtheit	62
4.3.3	Verhalten während dem Einsatz	63
4.3.4	Vorgehen nach dem Einsatz	64
4.3.4.1	Grundsätze	64
4.3.4.2	Dekontamination der PSA	64
4.3.4.3	Ausziehen der PSA	65
4.3.4.4	Sammeln und Deponieren der PSA	66
4.4	Hinweise zur Bewirtschaftung	67
4.4.1	Übersicht	67
4.4.2	Instandsetzung	67
4.4.3	Lagerung und Instandhaltung	70
4.4.3.1	Atemschutzgeräte	70
4.4.3.2	Schutzkleidung	70
5	Anhang	71
5.1	Begriffe	71
5.2	Abkürzungen	72
5.2.1	Deutsche Abkürzungen	72
5.2.2	Englische Abkürzungen	72
5.3	Europäische Normen EN	73
5.3.1	Atemschutz	73
5.3.2	Schutzkleidung	74

1 Aufbau des Handbuchs

Im Kapitel 2, Gefährdung durch ABC-Stoffe¹, werden die **Formen**, in welchen radioaktive, biologische und chemische Stoffe vorkommen, dargestellt. Die **Aufnahme** gas- und aerosolförmiger sowie flüssiger ABC-Stoffe durch den Menschen sowie deren physiologische **Wirkungen** sind für den persönlichen ABC-Schutz von entscheidender Bedeutung. Die dabei massgebenden Mechanismen werden illustrativ dargestellt.

Gefährdung durch
ABC-Stoffe



Das Kapitel 3, ABC-Schutzmaterial, gibt eine umfassende Übersicht über die Anforderungen und Leistungsmerkmale der Bestandteile der persönlichen Schutzausrüstung. Unterschieden wird dabei der Atemschutz und das dazu erforderliche **Atemschutzmaterial** sowie die für den Hautschutz eingesetzte **Schutzkleidung**. Die in Bezug auf die Einsatzbereiche der Schutzausrüstung massgebenden Leistungsklassen und ihre Definitionen werden praxisnah erläutert.

ABC-Schutzmaterial



¹ Neben der Bezeichnung ABC ist auch die englische Bezeichnung NBC (nuclear, biological and chemical) oder die Abkürzung CBRN (chemisch, biologisch, radiologisch und nuklear) verbreitet. Die Unterscheidung zwischen radiologischer und nuklearer (oder atomarer) Bedrohung beschreibt die unterschiedlichen Ausbringungsarten einer radioaktiven Kontamination: Nuklear (oder atomar) bezeichnet dabei den Bereich von Kernwaffenexplosionen und deren Folgewirkungen. Radiologisch bezeichnet die weiteren Ausbringungsarten, vorrangig in Form einer radioaktiven Dispersionsvorrichtung („Schmutzige Bombe“).

Aufbau des Handbuchs

Hinweise zur Evaluation, Ausbildung, Bewirtschaftung und zum Einsatz

Das Kapitel 4 enthält Hinweise zur Evaluation, Ausbildung, Bewirtschaftung und zum Einsatz der persönlichen Schutzausrüstung. Es handelt sich dabei um Hinweise wie beispielsweise zur korrekten Handhabung oder zur Überprüfung der Funktionstauglichkeit der Schutzausrüstung. Mit der generellen Zielsetzung eines optimalen Einsatzes der Schutzausrüstung werden im Kapitel 4 zudem auch praktisch verwertbare Informationen zu den Schutzleistungen und -grenzen des Schutzmaterials vermittelt.



Verständigung und Normenverzeichnis

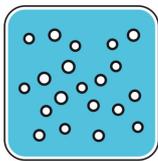
Zur Verständigung werden im Anhang, Kapitel 5, die speziellen Fachbegriffe erklärt. Im Weiteren sind die gebräuchlichen Abkürzungen beschrieben. Die Europäischen Normen, auf welche im Handbuch Bezug genommen wird, sind ebenfalls im Anhang aufgeführt.

2 Gefährdung durch ABC-Stoffe

2.1 Formen von ABC-Stoffen

ABC-Stoffe treten in unterschiedlichen Formen auf. Die Form ist dabei von den chemischen und physikalischen Eigenschaften des Stoffs - wie beispielsweise dem Dampfdruck - aber auch von der Art der Freisetzung des Stoffs abhängig. So entstehen beispielsweise bei Explosionen oft partikel- oder aerosolförmige Stoffe.

ABC-Schutzmaterialien sind für den Schutz gegen gefährliche Stoffe ausgelegt. Gefährliche Stoffe treten als Feststoffe, Aerosole, Flüssigkeiten oder Gase auf. Für den Schutz vor ABC-Stoffen sind primär **Aerosole**, **Flüssigkeiten** und **Gase** relevant.



Partikel,
Aerosole



Nebel, Tröpfchen,
Spritzer, Flüssigkeiten



Gase,
Dämpfe

Unter einem Aerosol versteht man ein Stoffgemisch, das aus einem gasförmigen Dispersionsmittel und einem dispersen Bestandteil (Schwebstoffe), welches flüssig oder fest (kolloid) ist, besteht. Die Schwebstoffe sind feinste feste oder flüssige Partikel im Mikrometerbereich ($\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m} = 0,000001\text{ m}$), die in einem Gas, in der Regel Luft, verteilt sind. Da flüssige Partikel meistens entweder schnell verdampfen und dabei zu Gas werden oder zu grösseren Flüssigkeitstropfen koagulieren, sind aus flüssigen Partikeln bestehende Aerosole vergleichsweise selten. Einzig bei Stoffen mit einem geringen Dampfdruck können sich beständige Aerosole bilden.

A-Stoffe

Radioaktive Stoffe (Radionuklide) kommen **natürlich** vor oder sie können **künstlich** erzeugt werden. Natürlich vorkommende radioaktive Stoffe stellen mit Ausnahme von in Gebäudekellern angesammeltem Radongas für Menschen kaum eine Gefährdung dar.

Künstliche Radionuklide entstehen bei technisch erzeugten Kernreaktionen. Bei den dabei produzierten Kernspaltprodukten handelt es sich meistens um Metalle und deren Salze sowie um radioaktive Gase. Bei der Lösung der Salze in Wasser werden radioaktive Stoffe auch in flüssiger Form freigesetzt.

Um bei einem Kernkraftwerkereignis mit einer Überhitzung des Reaktorkerns die Sicherheitshülle (Containment) vor einem Bruch zu schützen, müssen zur Druckentlastung unter Umständen radioaktive Gase abgelassen werden (Venting). In einem solchen Fall werden neben dem grossen Anteil an Edelgasen auch grosse Mengen Iod (^{131}I) freigesetzt. Bei diesem Radionuklid handelt es sich um einen leichtflüchtigen Feststoff, welcher über die Schilddrüse in den Körper aufgenommen werden kann.

Die Form der Stoffe ist von deren Eigenschaften sowie der Freisetzung abhängig.

Aerosole bestehen meistens aus festen Partikeln.

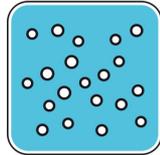


Iod-Tabletten "blockieren" die Schilddrüse und verhindern so die Aufnahme von radioaktivem Iod.

Gefährdung durch ABC-Stoffe

Leichte Feststoffe können mit dem Wind über grosse Gebiete verteilt und abgelagert werden.

Beim persönlichen Schutzmaterial zum Schutz gegen radioaktive Stoffe liegt das Hauptaugenmerk auf A-Stoffen, welche in Form von **Partikeln** und **Aerosolen** freigesetzt werden. Solche leichte Feststoffe können mit dem Wind über grosse Gebiete verteilt und abgelagert werden. Nach dem Absetzen besteht zudem die Gefahr, dass sie wieder aufgewirbelt und weiter verfrachtet oder durch Personen, Material oder Fahrzeuge verschleppt werden.



Partikel,
Aerosole

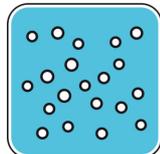


Ein Partikel enthält oft mehrere Viren oder Bakteriensporen.

B-Stoffe

Für Menschen, Tiere oder Pflanzen gefährliche biologische Agenzien wie Viren, Bakterien und Toxine sind grundsätzlich **feste Partikel**. Diese können jedoch in wässriger Lösung vorkommen und so als Aerosol versprüht werden oder an Oberflächen haften.

Einzelne Viren können ausserordentlich klein sein und nur 0,01 µm messen. Wegen ihrer geringen Grösse befinden sich oft mehrere Keime in einem Partikel. Auch Sporen von Bakterien neigen dazu, aneinander zu kleben und dabei grössere Partikel zu bilden.



Partikel,
Aerosole



Nebel, Tröpfchen,
Spritzer, Flüssigkeiten



Gefährdung durch Gase bei Inhalation

C-Stoffe

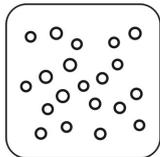
Die Zahl gefährlicher, gesundheitsgefährdender oder schädlicher Chemikalien ist ausserordentlich gross. Die toxischen Chemikalien können in drei Kategorien (Gefährdungsindex) eingeteilt werden (hoch, mittel, niedrig), die ihre relative Bedeutung darstellen und in bei der Einschätzung der Gefährdung unterstützt. Der Gefährdungsindex beschreibt neben der Toxizität auch weitere das Risikopotential des Stoffs bestimmende Grössen (z.B. produzierte Menge, Dampfdruck).

Chemikalien kommen in allen Aggregatzuständen vor. Aufgrund der Ausbreitung und der Aufnahme durch den Menschen über die Atemwege geht eine grosse Gefährdung grundsätzlich von gasförmigen Chemikalien aus. Zudem bilden sich auch bei flüssigen Chemikalien mit einem hohen Dampfdruck Gase über der Flüssigkeit. Spezielle Gefährdungen durch Gase können in geschlossenen Räumen oder infolge der Konzentration schwerer Gase in Senken (z.B. CO₂ in Jauchegruben) von Bedeutung sein.

Gefährdung durch ABC-Stoffe

Eine Gefährdung bei flüssigen Chemikalien besteht nicht nur wenn diese in reiner Form vorliegen, sondern auch wenn diese in Lösung mit einer anderen Flüssigkeit, wie beispielsweise in Dekontaminations- oder Löschwasser, vorliegen. Hierbei spielt die Konzentration der Chemikalie eine entscheidende Rolle bei der Gefährdung.

Beim Schutz vor flüssigen C-Stoffen muss vor allem der Kontakt mit der Haut sowie eine unbeabsichtigte orale Aufnahme vermieden werden. Zudem ist zu beachten, dass Flüssigkeiten durch Personen oder Material aus kontaminierten Zonen verschleppt werden können. Aufgrund des Dampfdruckes muss ausserdem eine inhalative Aufnahme über die gebildeten Gase vermieden werden.



Nebel, Tröpfchen,
Spritzer, Flüssigkeiten



Gase,
Dämpfe

**Gefährdung durch
Flüssigkeiten bei Kontakt
und oraler Aufnahme**

2.2 Aufnahme von ABC-Stoffen durch den Menschen

2.2.1 Übersicht

Der Mensch kann Schadstoffe **oral**, **inhalativ** oder **perkutan** aufnehmen. Die unbeabsichtigte orale Aufnahme ist bei normaler Hygiene wenig wahrscheinlich, weshalb vor allem die Gefährdungen infolge der Aufnahme über die Atemwege (inhalativ) und über die Haut (perkutan) massgebend sind. Schleimhäute (inkl. Bindehaut des Auges) sind ein spezieller Hauttyp, die besonders geschützt werden müssen. Grundsätzlich ist die Aufnahme über die Atemwege aufgrund der Oberfläche und des Gewebes gefährlicher als über die Haut. Daher hat bei den Schutzmassnahmen der Atemschutz gegenüber dem Hautschutz Vorrang.

Gase und Dämpfe können inhaliert und damit über die Atemwege aufgenommen werden. Zudem können diese Stoffe die Schleimhäute und insbesondere die Augen gefährden.

Flüssige Schadstoffe sind in erster Linie eine Gefahr für die Haut. Flüssigkeitsspritzer sind auch eine Gefährdung für die Augen.

Aerosole bilden eine Gefahr für Atemwege und Schleimhäute. Chemische Stoffe, welche als Aerosole eingesetzt werden bilden zusätzlich eine Gefahr für die Haut.

Die gesunde Haut bietet grundsätzlich einen guten Schutz gegenüber **Viren und Bakterien**. Bei hoch infektiösen Organismen (z.B. Ebola bei Blutkontakt) besteht jedoch die Gefahr einer Kontakt- oder Schmierinfektion über kleinste von blossen Auge nicht erkennbare Wunden (Mikroläsionen).

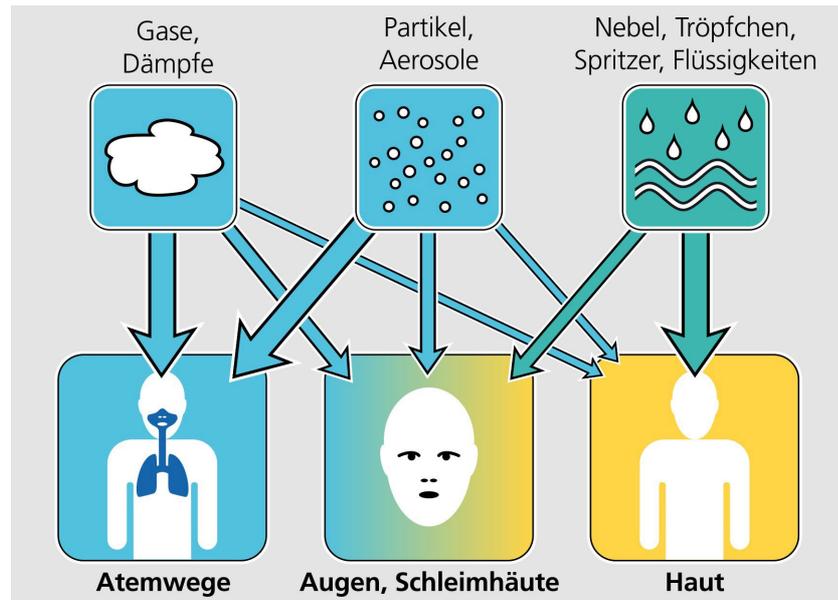
**Aufnahme von Schadstoffen
über die Atmung und die
Haut**

**Gefährdung der Atemwege
durch Gase und Aerosole**

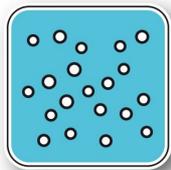
**Flüssigkeiten gefährden die
Haut**

**Infektionsgefahr über die
Haut bei kleinsten nicht
erkennbaren Wunden**

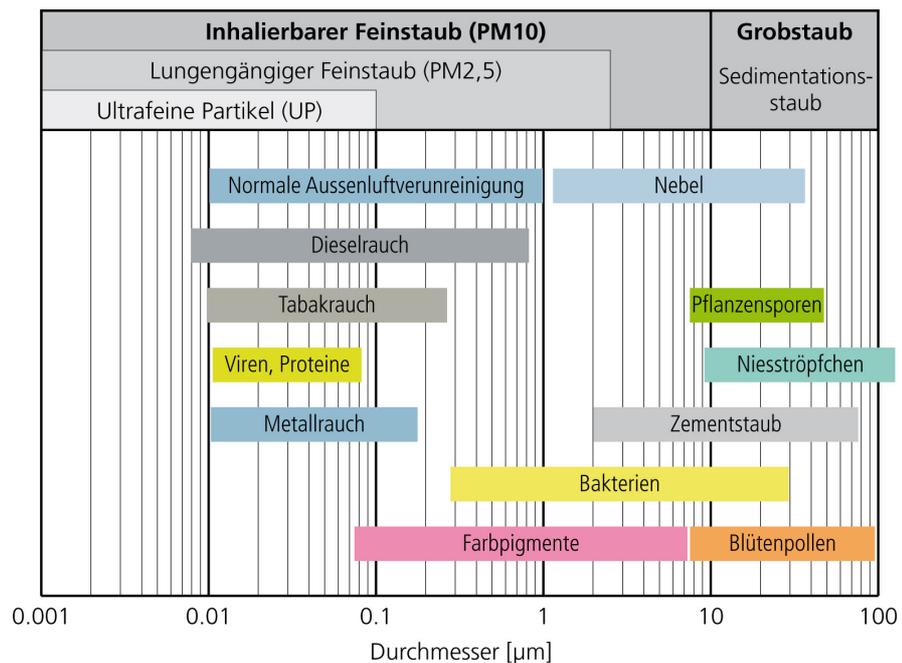
Primäre Wege für die Aufnahme von Schadstoffen



2.2.2 Partikelgröße und Aufnahmen von Aerosolen



Bei einem Aerosol ist die Gefährdung nicht nur vom Stoff selber, sondern auch vom Durchmesser der luftgetragenen Partikel abhängig. **Grobstaub** ($\phi > 10 \mu\text{m}$) setzt sich schnell ab (Sedimentierung) und wird deshalb weniger eingeatmet. **Feinstaub** (PM10, $\phi < 10 \mu\text{m}$) hingegen kann inhaliert werden und dadurch in den Atemtrakt gelangen. Während die vergleichsweise grossen Partikel mit einem Durchmesser von mehr als $2,5 \mu\text{m}$ noch im Rachenbereich und der Luftröhre abgeschieden werden, gelangt der lungengängige Feinstaub (PM2.5, $\phi < 2.5 \mu\text{m}$) bis tief in die Lunge hinein (PM = Particulate Matter).



2.3 Wirkungen auf den Menschen und Schutz

2.3.1 Radioaktive Stoffe

Bei radioaktiven Stoffen (Radionukliden) sind die Atomkerne instabil. Unter Abgabe von Strahlung (ionisierende Strahlung) zerfallen diese Kerne, wobei sie in einen stabileren Zustand übergehen. Die beim Kernzerfall emittierte Strahlung kann in lebendem Gewebe Schädigungen hervorrufen. Diese können gesundheitliche Auswirkungen haben, wenn die Funktion der Zellen, deren Replikation und damit die Funktion der Organe gestört wird. Eine Spätfolge kann Krebs sein.

Die physiologischen Auswirkungen einer Bestrahlung sind zum einen von der Höhe der Strahlenbelastung (Dosis) und zum andern davon abhängig, welche Bereiche des Organismus betroffen sind. Die verschiedenen Körpergewebe weisen eine stark unterschiedliche Strahlenempfindlichkeit auf. Gewebe, in denen durch Zellteilung ständig neue Zellen bereitgestellt werden, weisen die höchste Radiosensibilität auf. Dazu gehören lymphatische Gewebe wie das Knochenmark und die Keimdrüsen. Mässig strahlenempfindlich sind die Zellen der Haut, der Knochen und des Gefässsystems. Strahlenresistente Zellen kommen in den Organen der Lunge und der Leber, im Zentralnervensystem sowie in der Muskulatur vor.

Zerfallsarten

Die wichtigsten Arten, mit denen Radionuklide zerfallen, sind der Alpha- und der Beta-Zerfall. Die bei diesen Zerfallsarten neu entstehenden Atomkerne sind jedoch oft angeregt und emittieren Gamma-Strahlung beim Übergang in einen stabileren oder den Grundzustand.

Bei einem **Alpha-Zerfall** wird ein Alpha-Teilchen (Heliumkern) aus dem zerfallenden Kern emittiert. Die Alpha-Strahlung hat in der Luft eine Reichweite von wenigen Zentimetern und im menschlichen Körper nur Bruchteile eines Millimeters, weshalb sie die Haut kaum durchdringt.

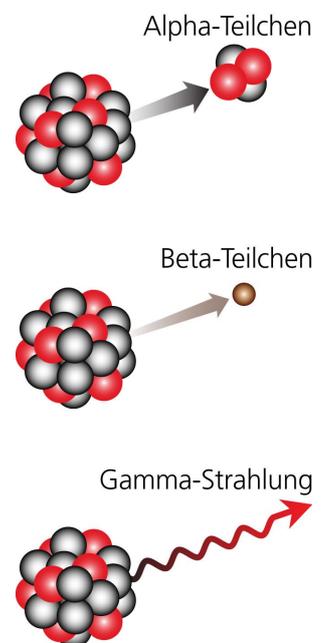
Beim **Beta-Zerfall** findet eine Umwandlung eines Kernteilchens statt. Dabei wird vom Atomkern ein kleineres Teilchen (Beta-Teilchen) als beim Alpha-Zerfall losgelöst. Die Beta-Strahlung ist durchdringender als die Alpha-Strahlung. In der Luft hat sie eine Reichweite von Metern, im menschlichen Körper von Millimetern.

Bei einem Alpha- oder Beta-Zerfall entsteht zusätzlich oft auch **Gamma-Strahlung**. Dabei wird Energie nicht in Form von Teilchen, sondern als elektromagnetische Strahlung abgegeben. Gamma-Strahlung ist durchdringender als Alpha- und Beta-Strahlung und wird durch Materie nur langsam abgeschwächt. In der Luft hat sie eine Reichweite von mehreren hundert Metern, menschliches Gewebe durchdringt sie bis zu einem Meter.



Strahlung radioaktiver Stoffe kann zu biologischen Veränderungen in Geweben führen

Knochenmark und Keimdrüsen haben eine grosse Strahlenempfindlichkeit

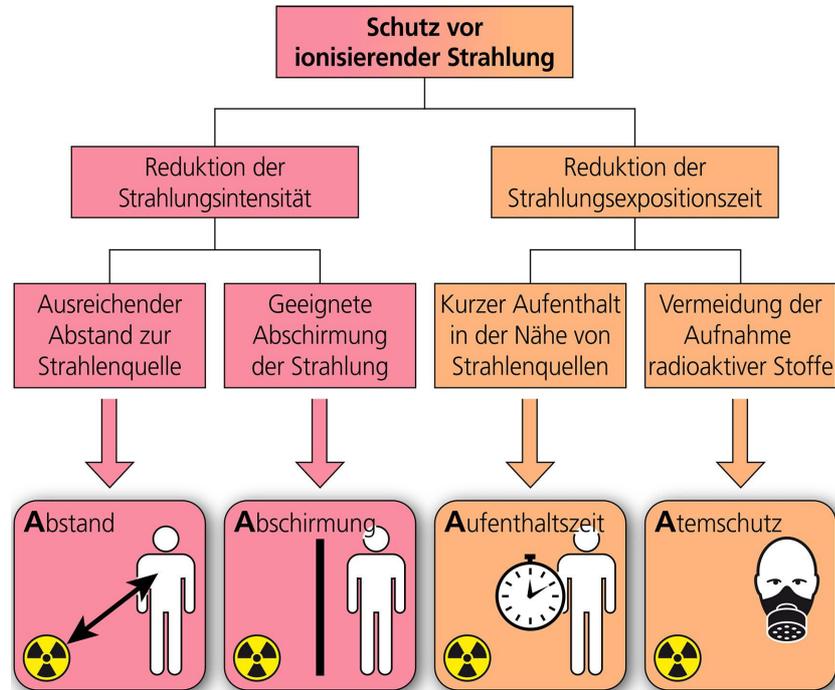


Gefährdung durch ABC-Stoffe

Schutz vor ionisierender Strahlung

Der Schutz gegen ionisierende Strahlung bedingt eine Reduktion der Strahlendosis. Dies kann durch eine Verringerung der Strahlungsintensität und/oder durch eine Reduktion der Expositionszeit erreicht werden.

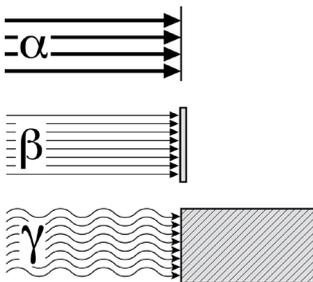
Verringerung von Strahlungsintensität und Expositionszeit



Strahlenschutzregel AAAA

Abstand und Abschirmung

Der Strahlenschutz durch Reduktion der Strahlungsintensität ist grundsätzlich von der Reichweite bzw. der Durchdringungsfähigkeit von Alpha-, Beta- und Gamma-Strahlung abhängig. Auf Grund der vergleichsweise geringen Reichweite von Alpha- und Beta-Strahlung in der Luft ist ein ausreichender Abstand bei solchen Strahlenquellen oftmals möglich.



Atemschutz gegen Inhalation radioaktiver Stoffe

Radioaktive Stoffe stellen vor allem auch dann eine Gefährdung dar, wenn sie in den Körper gelangen. Durch Inhalation aufgenommene Stoffe lagern sich im Körper ein und können oft nur sehr schwer wieder ausgeschieden werden, was eine sehr lange Expositionszeit zur Folge hat. Für den persönlichen Schutz ist deshalb das Vermeiden einer Inkorporation von radioaktiven Stoffen und damit der Atemschutz entscheidend.

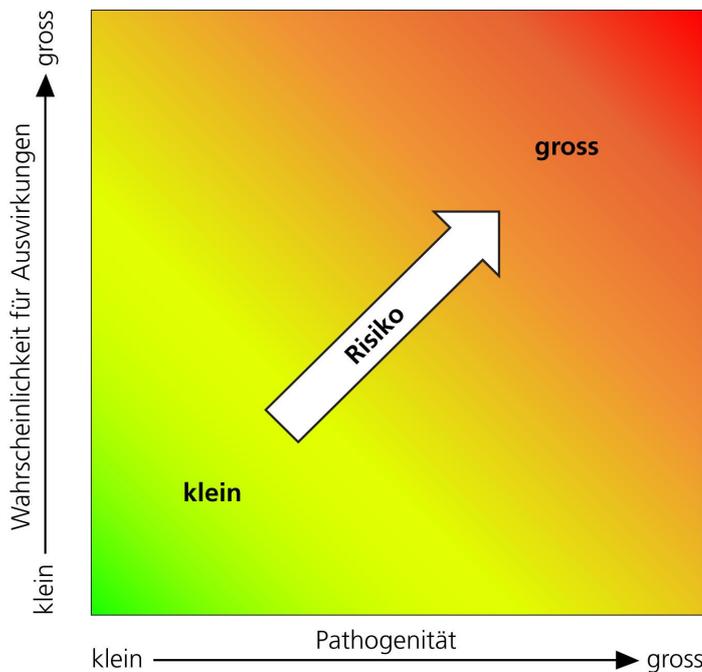
Gefährdung durch ABC-Stoffe

Grenzwerte der Strahlenexposition

Das Strahlenschutzgesetz (StSG) bezweckt Mensch und Umwelt vor Gefährdungen durch ionisierende Strahlen zu schützen [Art. 1 StSG, Zweck]. In der Strahlenschutzverordnung (StSV) sind sowohl die Stoffe, die unter das Gesetz fallen, als auch die Dosisgrenzwerte, denen eine Person ausgesetzt sein darf, festgelegt.

2.3.2 Biologische Stoffe

Bei den biologischen Stoffen unterscheidet man **Bakterien, Viren und Toxine**. Die mit der Freisetzung biologischer Stoffe verbundenen Risiken sind sowohl von den schädigenden Eigenschaften des Stoffs, d.h. der **Pathogenität** für Menschen, Tiere und Pflanzen als auch von der **Wahrscheinlichkeit**, dass diese Eigenschaften Auswirkungen haben, abhängig. Die **Wahrscheinlichkeit für Auswirkungen** wird dabei vor allem durch Unterschiede in Bezug auf die Prophylaxe (Impfung) und die Behandlung nach einer Infektion sowie durch die **Wahrscheinlichkeit einer Verbreitung** in der Bevölkerung bestimmt.



Risiko von biologischen Stoffen

Risikogruppen

In der auf dem Bundesgesetz über die Bekämpfung übertragbarer Krankheiten des Menschen (Epidemiengesetz) basierenden Einschliessungsverordnung (ESV) werden Organismen (Viren, Bakterien) in vier Risikogruppen eingeteilt. Die für diese Einteilung massgebende Grösse der Risiken ergibt sich aus der Virulenz des Organismus, den medizinischen Möglichkeiten einer wirksamen Prophylaxe und Behandlung sowie der Wahrscheinlichkeit einer Verbreitung des Organismus. Die Kriterien für diese Einteilung in Risikogruppen sind in der folgenden Tabelle angegeben.

Einteilung von Organismen in Risikogruppen

Gefährdung durch ABC-Stoffe

	Folgen bei einer Infektion	Prophylaxe und Behandlung
Risikogruppe 1	Krankheit ist unwahrscheinlich	
Risikogruppe 2	Krankheit ist möglich	normalerweise möglich
Risikogruppe 3	schwere Krankheit ist möglich	normalerweise möglich
Risikogruppe 4	schwere Krankheit	normalerweise nicht möglich

Detaillierte Listen mit der aktuellen Einteilung der Organismen in die Risikogruppen werden vom Bundesamt für Umwelt BAFU publiziert.

Gefährlichkeit

Mit Ausnahme der Toxine sind biologische Stoffe Organismen, die sich vermehren können. Je nach Erreger kann daher bereits ein einziger Keim eine Infektion und den Ausbruch einer Krankheit verursachen. Die Gefährlichkeit von biologischen Stoffen ist im Wesentlichen von den folgenden Faktoren abhängig:

- Infektiöse Dosis (Virulenz)
- Inkubationszeit
- Letalität
- Überlebensfähigkeit (Tenazität)

Infektiöse Dosis

Bei hoch infektiösen Organismen können bereits 1-10 Keime für eine Infektion ausreichen. Gesunde Haut schützt in der Regel vor einer Infektion, da die Keime nicht in den Körper gelangen. In einem Aerosolpartikel (z.B. Tröpfchen) befinden sich meist mehrere Keime, da diese dazu neigen zu aggregieren. Ein einzelnes Partikel kann daher eine Infektion verursachen.

Inkubationszeit

Eine Infektion muss nicht zwangsläufig zu Krankheitssymptomen führen. Zwischen der Infektion und dem Ausbruch der Krankheit liegt die Inkubationszeit. Sie kann wenige Stunden bis mehrere Jahre betragen, in den meisten Fällen jedoch einige Tage bis wenige Wochen.

Letalität

Als Letalität wird die Sterblichkeit bei einer Erkrankung bezeichnet. Sie entspricht dem Verhältnis der Todesfälle zur Anzahl der vornehmlich akut Erkrankten. Entscheidend für die Bestimmung der Letalität ist deshalb auch das Stadium, in dem die Erkrankung diagnostiziert wird. Unbehandelt haben einige stark toxische biologische Stoffe (z.B. Rizin) eine Letalität bis zu 100%. Aber auch durch Bakterien (z.B. Pest) oder durch Viren ausgelöste Erkrankungen wie das hämorrhagische Fieber können eine Letalität von über 90% aufweisen.

Gefährdung durch ABC-Stoffe

Die Überlebensfähigkeit oder Tenazität eines Organismus ausserhalb eines Wirtes beeinflusst die Ausbreitung einer Krankheit entscheidend. Während einzelne Viren ausserhalb des Wirtes bereits nach wenigen Minuten absterben (HIV), können andere für Tage infektiös bleiben (Norovirus). Bakterien können sogar Sporen bilden (z.B. Anthrax), welche während Jahren überleben.

Überlebensfähigkeit von Organismen

2.3.3 Chemische Stoffe

Schädliche Stoffe (Gifte) finden sich bei allen bekannten chemischen Substanzklassen. Ihre Giftigkeit ist letztlich eine Frage der Dosis. Eine Einteilung der Stoffe ist nach verschiedenen Kriterien möglich:

- Medizinische Kriterien
- Chemisches Verhalten
- Herkunft und Verwendungszweck
- Toxizität (akut und chronisch)



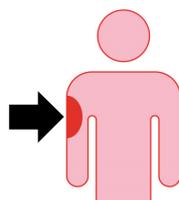
Medizinische Kriterien

Die physiologischen Wirkungen von schädlichen Stoffen sind äusserst vielfältig und können auch unterschiedlich schnell eintreten. Während eine Vergiftung mit Nervengas innert Sekunden zu Symptomen führen kann, treten die gesundheitlichen Folgen einer Vergiftung beispielsweise durch Stickoxid (NO₂) unter Umständen erst nach 24 Stunden auf.

Lokale und resorptive Wirkung von Giften ist massgebend

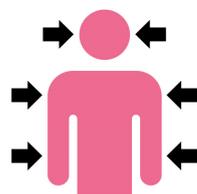
Ein Stoff kann lokal oder resorptiv auf den Menschen wirken. Schadstoffe mit einer **lokalen Wirkung** haben eine direkte Wirkung an den Körperpartien, mit denen sie in Kontakt kommen. Stoffe mit einer lokalen Wirkung sind beispielsweise Säuren, Basen, Phenole, Augenreizstoffe oder Hautgifte.

lokale Wirkung



Die **resorptive Wirkung** ist vom lokalen Ort der Vergiftung unabhängig. Die Gesamtmenge des Schadstoffs, welcher sich in einem Organ anreichert, führt zur Vergiftung.

resorptive Wirkung



Gefährdung durch ABC-Stoffe

Physiologische Wirkung	Ort	Kampfstoffe / Chemikalien
Nervengifte	resorptiv	Tabun, Sarin, Soman, VX, Pestizide, aromatische Kohlenwasserstoffe
Hautgifte	lokal	Yperit, Lewisit
Blut- und Zellgifte	resorptiv	Blausäure, Kohlenmonoxid
Lungengifte	resorptiv	Phosgen, Chlor, Stickoxide
Reizstoffe	lokal	Tränengas wie CS, CN
Psychokampfstoffe	resorptiv	LSD, BZ

Unterteilung in Stoffe mit ähnlichem Verhalten

Chemisches Verhalten

Chemische Stoffe werden oft in Gruppen mit einem ähnlichen chemischen Verhalten eingeteilt. Klassische Einteilungen sind die Zuordnung zu **organischen** und **anorganischen Stoffen** oder die Unterteilung in **Säuren** und **Basen**. Eine weitere Einteilung von Chemikalien kann über deren Flüchtigkeit, welche vom Dampfdruck abhängt, durchgeführt werden. Es wird dabei zwischen **leichtflüchtigen** und **schwerflüchtigen** Stoffen unterschieden.

Zur Darstellung der Gefährdung, welche von den einzelnen Chemikalien ausgeht, existiert das **GHS** (*Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals*) der Vereinten Nationen (UN). Dies ist ein einheitliches System zur Klassifizierung und Kennzeichnung von Gefahren, die von Chemikalien (Stoff/Gemisch) ausgehen. Es ersetzt das bis 2010 gültige System der EU und ist auch in der Schweiz eingeführt.

GHS Kennzeichnung (GHS = Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals)		
<p>GHS01</p>  <p>Explosiv, Explosionsgefährlich</p>	<p>GHS02</p>  <p>Entzündlich/ Hochentzündlich</p>	<p>GHS03</p>  <p>Brandfördernd, Oxidierend</p>
<p>GHS04</p>  <p>Komprimierte Gase</p>	<p>GHS05</p>  <p>Ätzend / Reizend</p>	<p>GHS06</p>  <p>Giftig / sehr giftig</p>
<p>GHS07</p>  <p>Gesundheits- gefährdend* (untere Kategorie)</p>	<p>GHS08</p>  <p>Gesundheits- schädlich* (obere Kategorie)</p>	<p>GHS09</p>  <p>Umwelt- gefährdend</p>
*C-M-R sensibilisierend (CMR = cancerogen, mutagen, reproduktionstoxisch)		

Die für den persönlichen ABC-Schutz relevanten Gefahren gehen hauptsächlich von ätzenden (GHS05), giftigen und sehr giftigen (GHS06) sowie den gesundheitsgefährdenden (GHS07) bzw. gesundheitsschädigenden (GHS08) Chemikalien aus.



Herkunft und Verwendungszweck

Grundsätzlich hat die Herkunft und der Verwendungszweck von toxischen Chemikalien kaum einen Einfluss auf die Wahl der persönlichen Schutzausrüstung. **Toxische Industriechemikalien (TICs)** sind Industriechemikalien, die auf der ganzen Welt hergestellt, gelagert, transportiert und verwendet werden. TICs sind definiert als "eine Industriechemikalie, die einen LC_{50} Wert von weniger als $100'000 \text{ mg} \cdot \text{min}/\text{m}^3$ in einer Säugetierart aufweist und in Mengen von mehr als 30 Tonnen pro Jahr in einer Produktionsanlage hergestellt wird"².

² Guide 102–06, Guide for the Selection of Personal Protective Equipment for Emergency First Responders, 2nd Edition, January 2007, US Department Homeland Security

Gefährdung durch ABC-Stoffe

TICs können in gasförmigem, flüssigem oder festem Zustand vorliegen. Die TIC weisen ein sehr breites Spektrum an Gefährdungen auf. Sie können chemische Gefahren (z.B. krebserregend, fortpflanzungsgefährdend, ätzend oder lungen- und blutschädigend) oder physikalische Gefahren (z. B. entzündlich, brennbar, explosiv oder reaktiv) darstellen. Sie sind in der Regel aber weniger toxisch als speziell entwickelte **chemische Kampfstoffe (CWs)**. Einige TICs werden trotzdem auch als chemische Kampfstoffe von der OPCW klassifiziert.

Stark unterschiedliche Grenzwerte

Kenngrossen und Grenzwerte der Toxizität

Zur Bestimmung der Toxizität von Chemikalien und zu deren Vergleich existieren Werte, welche hauptsächlich aus Tierversuchen gewonnen werden. Diese Werte sind jeweils von der Applikationsart und dem Versuchstier abhängig und sind keine Stoffkonstanten, sondern haben biologisch bedingte Schwankungsbreiten.

Die Dosis LD₅₀ führt bei der Hälfte der Versuchstiere zum Tod.

- **LD₅₀** (Mittlere Letale Dosis)
Die mittlere letale Dosis LD₅₀ ist eine wichtige Kenngrösse zur Beschreibung der Toxizität eines Stoffs. Es handelt sich dabei um die Dosis einer Chemikalie, bei welcher **50% der Versuchstiere sterben**, wenn sie dieser Dosis ausgesetzt sind. Der LD₅₀-Wert wird normalerweise in mg pro kg Körpergewicht angegeben und ist zudem massgeblich davon abhängig ob die Chemikalie oral, perkutan (dermal), subkutan oder intravenös aufgenommen wird.
- **LCt₅₀** (Mittlere Letale Konzentration)
Die mittlere letale Konzentration LCt₅₀ beschreibt die eingeatmete Stoffdosis über eine definierte Zeit, bei welcher die Hälfte der exponierten Versuchstiere bzw. Personen unter standardisierten Versuchsbedingungen zu Tode kommen.

Arbeitsmedizin und Schutz am Arbeitsplatz

Zum Schutz vor gesundheitsgefährdenden Stoffen am Arbeitsplatz werden durch die Arbeitsmedizin Grenzwerte festgelegt. In der Schweiz ist die SUVA für die Festlegung dieser Grenzwerte verantwortlich. Sie erarbeitet diese Grenzwerte auf Basis von experimentellen Untersuchungen, epidemiologischen Vergleichen von vorhandenen Arbeitsplatzkonzentrationen mit der Häufigkeit von entsprechender Gesundheitsschäden, sowie durch Analogieschlüsse und theoretischer Überlegungen.

Am Arbeitsplatz ist die Konzentration MAK über eine lange Zeit zulässig.

- **MAK** (Maximale Arbeitsplatz-Konzentration)³
Der Maximale Arbeitsplatzkonzentrationswert (MAK-Wert) ist die höchstzulässige Durchschnittskonzentration eines gas-, dampf- oder staubförmigen Arbeitsstoffes in der Luft, die nach derzeitiger Kenntnis in der Regel bei Einwirkung während einer Arbeitszeit von 8 Stunden täglich und bis 42 Stunden pro Woche auch über längere Perioden bei der ganz stark überwiegenden Zahl der gesunden, am Arbeitsplatz Beschäftigten die Gesundheit nicht gefährdet.

³ Definition gemäss SUVA

Gefährdung durch ABC-Stoffe

Für die Beurteilung der Auswirkungen und die Planung der Sicherheitsmassnahmen bei Unfällen und Havarien mit gefährlichen chemischen Stoffen wurden spezielle Grenzwerte entwickelt. Diese Grenzwerte berücksichtigen die bei einem Störfall massgebenden Randbedingungen in Bezug auf die Flucht und die Evakuierung sowie die Intervention:

- **IDLH** (*Immediately Dangerous to Life and Health*)

Der IDLH-Wert ist ein Mitte der siebziger Jahre entwickelter Störfallreferenzwert. Es handelt sich dabei um die Maximalkonzentration eines Stoffs, welche bei einer Exposition bis zu **30 Minuten** keine lebensbedrohlichen oder sonstige schwere gesundheitliche Folgen hat. Die Definition des Grenzwerts ist so begründet, dass ohne Schutzausrüstung (Atemschutzgerät) eine Flucht möglich sein sollte. Da diese Definition wenig präzise ist, wird der IDLH- heute durch den AEGL-Wert ersetzt.

IDLH-Werte werden durch AEGL-Werte ersetzt

- **AEGL** (*Acute Exposure Guideline Level*)

Die AEGL-Werte beschreiben die Gesundheitsgefährdung für Personen im Fall einer einmaligen bzw. sehr seltenen Exposition bei der Freisetzung gasförmiger chemischer Stoffe bei einem Störfall. Es handelt sich dabei um toxikologisch begründete Spitzenkonzentrationswerte für **unterschiedliche Expositionszeiten** (10 Minuten, 30 Minuten, 1 Stunde, 4 Stunden, 8 Stunden) und für **3 verschiedene Schweregrade**:

Grenzwert für einmalige zeitlich begrenzte Gefährdung durch gasförmige Chemikalien

- AEGL-1: spürbares Unwohlsein
- AEGL-2: schwerwiegende, lang andauernde oder fluchtbehindernde Wirkungen
- AEGL-3: tödliche Wirkung

Neben den Werten für toxische Industriechemikalien (TIC), enthält die AEGL-Liste auch Werte zu Kampfstoffen (CWA).

Expositionszeit	AEGL-1	AEGL-2	AEGL-3
10 Minuten	1.5	8.1	145
30 Minuten	1.5	8.1	81
60 Minuten	1.5	5.8	58
4 Stunden	1.5	2.9	29
8 Stunden	1.5	2.0	21

Beispiel:
AEGL-Werte für Chlor
[mg/m³]

Expositionszeit	AEGL-1	AEGL-2	AEGL-3
10 Minuten	0.0069	0.087	0.38
30 Minuten	0.0040	0.050	0.19
60 Minuten	0.0028	0.035	0.13
4 Stunden	0.0014	0.017	0.07
8 Stunden	0.0010	0.013	0.05

Beispiel:
AEGL-Werte für Sarin
[mg/m³]

AEGL-Werte nach United States Environmental Protection Agency EPA [www.epa.gov], Januar 2022

3 ABC-Schutzmaterial

3.1 Grundlagen

3.1.1 Atemschutz und Hautschutz

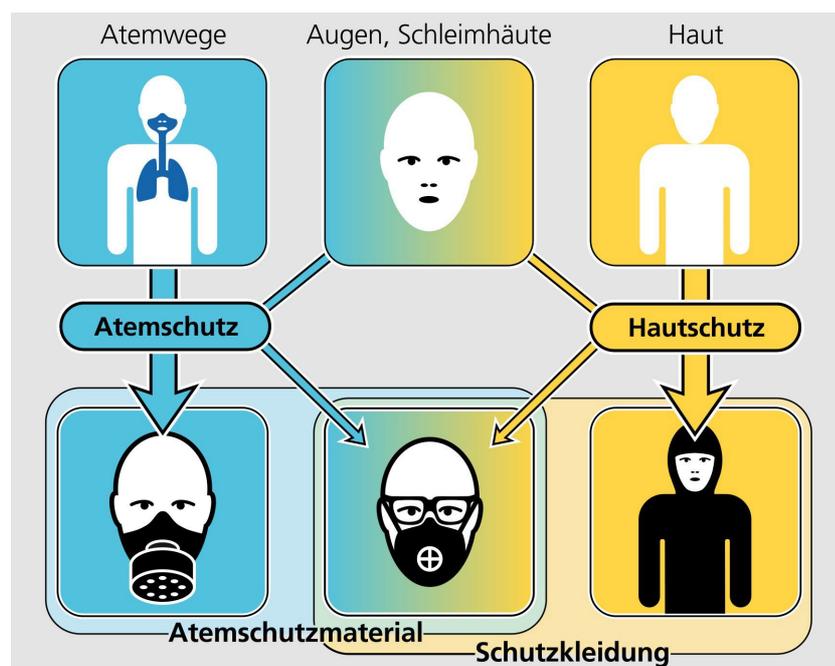
Persönlicher ABC-Schutz mit Atemschutzmaterial und Schutzkleidung

Ausgehend von den Gefährdungen durch ABC-Stoffe, bei denen diese in Form von Gasen, Aerosolen oder Flüssigkeiten über die Atemwege oder über die Haut aufgenommen werden, ist die ABC-Schutzausrüstung darauf ausgerichtet, die Atemwege und die Haut zu schützen:

- Schutz der Atemwege = **Atemschutz** ⇒ Atemschutzmaterial
- Schutz der Haut = **Hautschutz** ⇒ Schutzkleidung

Schutz von Augen und Schleimhäuten durch Atemschutzmaterial und/oder Schutzkleidung

Der Schutz der Augen und der Schleimhäute wird in vielen Fällen durch das Atemschutzmaterial gewährleistet. Durch Masken sind Nase und Mund geschützt – Vollmasken, Hauben oder Helme schützen zudem auch die Augen und die Gesichtshaut. Bei Halb- oder Viertelmasken können die Augen (Bindehaut) und das Gesicht mit Brillen oder Gesichtsschutzschildern geschützt werden (Hautschutz).



Höhere Toxizität bei Aufnahme über Atemwege als bei Hautkontakt

Weil die Toxizität von ABC-Stoffen bei der Aufnahme über die Atemwege generell sehr viel grösser ist als bei Hautkontakt, hat der Atemschutz gegenüber dem Hautschutz immer Vorrang. Physiologisch ist dies durch die etwa 50mal grössere Oberfläche der Lunge gegenüber der Haut sowie die höhere Sensibilität und Durchlässigkeit des Lungengewebes bedingt. Die letale Dosis (LC₅₀) von Sarin beispielsweise beträgt bei einer inhalativen Aufnahme 100 (mg/m³)min. Im Fall der Aufnahme über die Haut (perkutan) ist für eine letale Wirkung mit 15'000 (mg/m³)min eine sehr viel höhere Dosis erforderlich.

Atemschutz vor Hautschutz

3.1.2 Durchgang von ABC-Stoffen durch Materialien

Das persönliche Schutzmaterial kann ABC-Stoffe über zwei unterschiedliche Prozesse vor einer Durchdringung abhalten. Es sind dies die **Filtration** und die **Sorption**.

Filtration

Bei der Filtration handelt es sich um ein mechanisches Verfahren zur Trennung von Stoffen. Dabei werden meistens Feststoffe bzw. Aerosole aus Gasen oder Suspensionen abgetrennt.

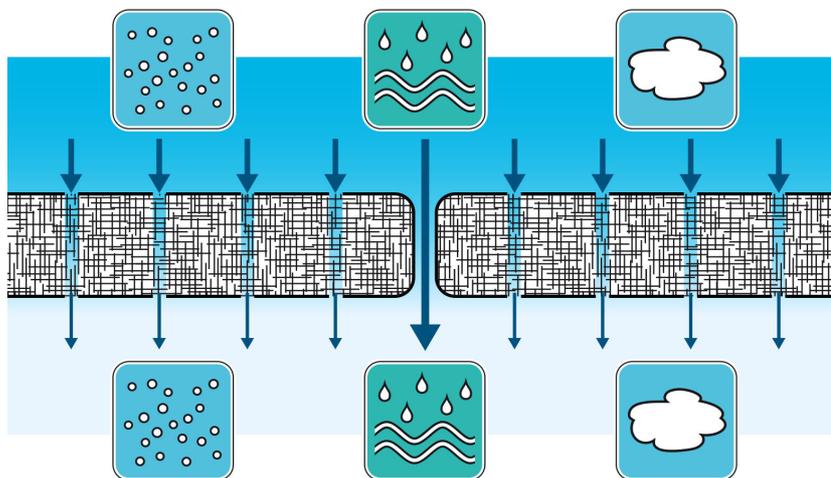
Sorption

Bei der Sorption handelt es sich um die Anlagerung eines Stoffes an der Oberfläche bzw. im Inneren eines anderen. Dies kann über physikalische Wechselwirkungen (Physisorption) oder über chemische Wechselwirkungen (Chemisorption) geschehen. Die Sorption ist dabei ein Gleichgewichtsprozess. Das heißt der Stoff wird aufgenommen, jedoch auch wieder abgegeben (Desorption).

Diesen Prozessen stehen die **Penetration** oder **Permeation** entgegen. Dabei handelt es sich um zwei grundsätzlich unterschiedliche Vorgänge, durch welche ABC-Stoffe Materialien (Festkörper) durchdringen können:

Penetration

Flüssige und gasförmige Stoffe, aber auch partikel- und aerosolförmige Stoffe wie Mikroorganismen, können poröse und atmungsaktive (permeable) Materialien durchdringen. Bei der Penetration dringt ein ABC-Stoff auf nichtmolekularer Ebene durch Poren und Löcher. Auch bei an sich impermeablen Materialien ist eine Penetration, beispielsweise durch Nadellöcher oder bei Nähten, möglich.



Penetration durch permeable Materialien

Penetration durch Poren, Löcher und Nähte

Permeation

Als Permeation wird ein Vorgang bezeichnet, bei dem ein flüssiger oder gasförmiger Stoff (Permeat) einen Festkörper auf der molekularen Ebene durchdringt. Die Permeation verläuft in drei Schritten:

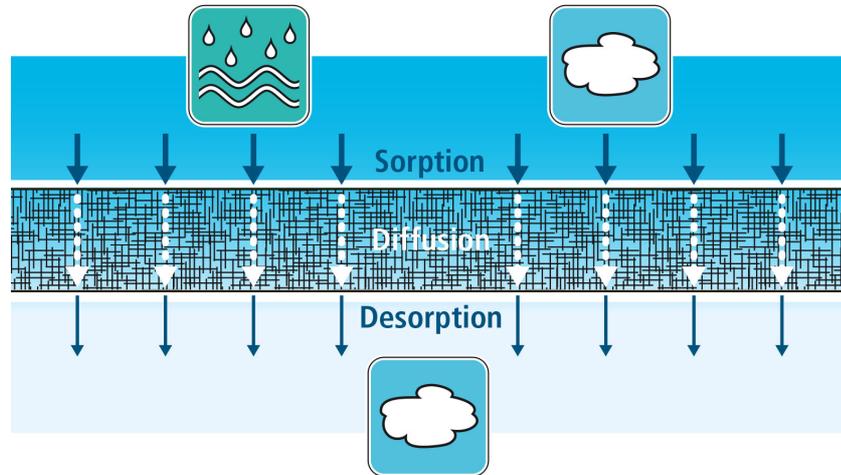
- **Sorption:** Gase, Dämpfe oder flüssige Stoffe werden an der Oberfläche des Materials aufgenommen.
- **Diffusion:** Der Stoff durchdringt (diffundiert) das Material über molekulare Zwischenräume.
- **Desorption:** Der Stoff entweicht an der anderen Seite des Materials als Gas.

Permeation durch impermeable Materialien

ABC-Schutzmaterial

Durch Permeation vermögen Gase und Flüssigkeiten auch impermeable Materialien zu durchdringen. Bei Feststoffen wie radioaktivem Staub oder Mikroorganismen ist dies nicht möglich.

Permeation infolge Sorption, Diffusion und Desorption

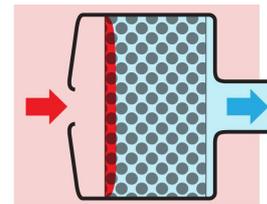


Adsorption der Schadstoffe am Filtermittel

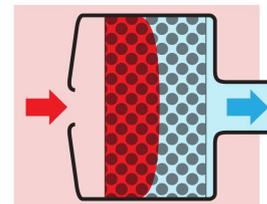
Bei Atemschutzfiltern ist ein ähnlicher Prozess zu beobachten. Das Filtermittel wird in Richtung des Durchflusses durch die adsorbierten Schadstoffe gesättigt und der Filter wird dabei "beladen". Erreicht die Sorptionsfront das Ende der Filterschicht, steigt die Schadstoffkonzentration am Filteraustritt stark an - der Filter "bricht durch". Die Zeitdauer bis zum Durchbruch des Filters wird als Haltezeit bezeichnet, weshalb auch von Durchbruchzeit gesprochen wird. Dabei durchdringt der Gefahrenstoff den Filter, indem das Filtermaterial (z.B. Aktivkohle) so stark beladen wird, dass keine Sorption mehr stattfinden kann.

Beladung des Filters in Strömungsrichtung

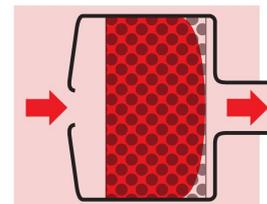
Anlagerung der Schadstoffe am Filtermittel (Beladung des Filters) bei **1/10 der Haltezeit**



Anlagerung der Schadstoffe am Filtermittel (Beladung des Filters) bei **1/2 der Haltezeit**



Anlagerung der Schadstoffe am Filtermittel (Beladung des Filters) beim **Durchbruch**



ABC-Schutzmaterial

3.1.3 Dichtheit von ABC-Schutzmaterial

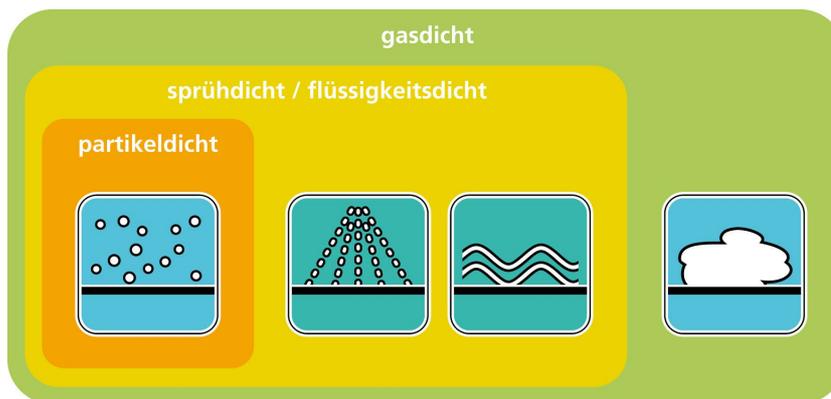
Für die Leistungsbeurteilung von ABC-Schutzmaterial wird oft der Begriff Dichtheit bzw. Leckage verwendet, wobei eine vollständige Dichtheit wegen der Permeation nicht möglich ist.

Die Materialeigenschaften und die Eigenschaften des Gesamtsystems müssen bei der Beurteilung der Dichtheit klar getrennt betrachtet werden. Das Material von Schutzanzügen kann atmungsaktiv (Luft permeabel) oder gasdicht (impermeabel) sein. Ein aus impermeablem Material hergestellter Schutzanzug kann trotz seiner Materialeigenschaften nicht gasdicht sein, wenn ABC-Stoffe beispielsweise durch Nadellöcher oder Nähte penetrieren können.

Gemäss den mit den Prüfnormen festgelegten Dichtigkeitsprüfungen kann die Dichtheit von ABC-Schutzmaterial als partikeldicht, sprühdicht/flüssigkeitsdicht oder gasdicht klassifiziert werden. Ein sprühdichter Anzug weist einen Schutz vor der Exposition gegenüber leichter Chemikalienversprühung, flüssigen Aerosolen oder mit niedrigem Druck auftreffenden Spritzern. Dabei ist keine vollständige Barriere gegen Permeation von Flüssigkeiten gegeben. Ein flüssigkeitsdichter (Barriere gegen Permeation von Flüssigkeiten vorhanden) Schutzanzug ist dabei immer auch partikeldicht. Ein gasdichter Anzug ist sowohl flüssigkeits- als auch partikeldicht.

Keine absolute Dichtheit aufgrund Permeation

Dichtheit des Gesamtsystems ist massgebend



Dichtheit von ABC-Schutzmaterial

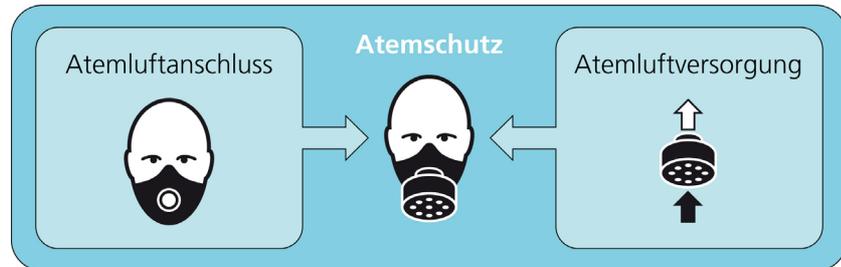
3.2 Atemschutzmaterial

3.2.1 Bestandteile des Atemschutzsystems

Schutz der Atemwege

Mit dem Atemschutz werden die Atemwege gegen das Einatmen von gesundheitsgefährdenden Substanzen geschützt. Um das sichere Atmen zu gewährleisten, muss ein Gerät für den Atemschutz im Weiteren genügend Atemluft in einer ausreichenden Qualität liefern. Ein Atemschutzgerät (ASG) besteht aus dem Atemluftanschluss und der Atemluftversorgung.

Atemluftanschluss und -versorgung bilden das Atemschutzgerät (ASG)



Die wichtigsten Leistungsmerkmale eines Atemschutzgeräts betreffen die Dichtheit bzw. die Leckage des Atemanschlusses sowie die Luftquantität und -qualität der Atemluftversorgung:

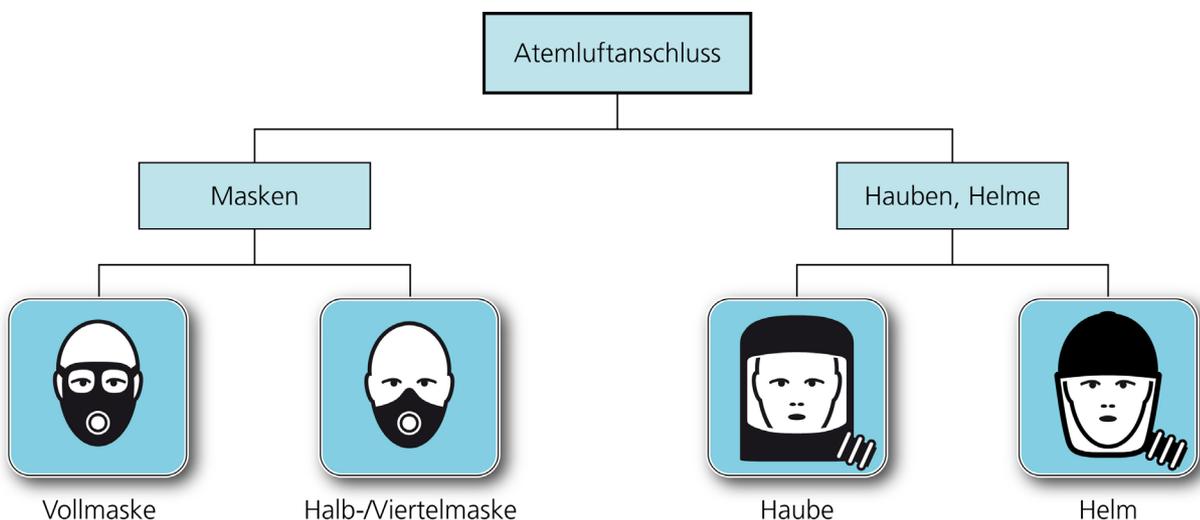
Atemluftanschluss ⇒ Leckage (Fit Faktor)

Atemluftversorgung ⇒ Atemluftquantität und -qualität

3.2.2 Atemluftanschluss

3.2.2.1 Übersicht

Der Atemluftanschluss (Atemanschluss) ist Teil eines ASGs. Er verbindet die Atemwege des Geräteträgers mit den übrigen Teilen des Geräts und bildet einen Abschluss der Atemwege gegenüber der Umgebungsatmosphäre. Atemanschlüsse sind vor allem Masken (Schutzmasken) sowie Hauben und Helme. Mundstückgarnituren, wie sie unter anderem bei Taucherausrüstungen verwendet werden, sind im Bereich ABC-Schutz nicht relevant und werden deshalb hier nicht behandelt. Der Atemluftanschluss kann auch Teil eines ganzen Schutzanzugs sein.



3.2.2.2 Leistungsmerkmale

Dichtheit

Als Mass für die Dichtheit von Atemluftanschlüssen, insbesondere auch von Schutzmasken, wird die **nach innen gerichtete Leckage** angegeben. Sie entspricht dem Verhältnis der Konzentration eines Stoffs innerhalb der Maske zur Aussenkonzentration. Beispielsweise bei einer Vollmaske nach EN 136 darf diese Leckage den Verhältnisswert 0,0005 (=0,5%) nicht überschreiten.

$$\text{Leckage} = \frac{\text{Innenkonz.}}{\text{Aussenkonz.}}$$

Die Dichtheit eines Atemluftanschlusses wird oft auch mit einem **Fit Faktor** oder **Schutzfaktor** beschrieben. Beim Fit Faktor handelt es sich dabei um den Kehrwert der nach innen gerichteten Leckage oder das Verhältnis der Aussenkonzentration zur Innenkonzentration. Dahingegen handelt es sich beim Schutzfaktor um einen Wert, welcher die erwartete Dichtheit eines Atemanschlusses in 95% aller Fälle beschreibt. Daher sind die Werte des Fit Faktors und des Schutzfaktors nicht identisch. In Bezug auf die oben erwähnte Anforderung für Vollmasken nach EN 136 (Leckage < 0,5%) bedeutet dies, dass der Fit Faktor grösser als 2'000 sein muss.

$$\text{Fit Faktor} = \frac{1}{\text{Leckage}}$$

Totvolumen

Atemluftanschlüsse weisen ein gewisses Volumen auf, in dem sich die ausgeatmete Luft mit einem erhöhten Kohlendioxidgehalt ansammelt (4% CO₂). Wird die Luft aus diesem sogenannten **Totvolumen** (Totraum) wieder eingeatmet, weist die Atemluft einen erhöhten CO₂-Gehalt auf. Über eine längere Zeit ist ein CO₂-Gehalt von 3% tolerierbar. Ein höherer Anteil hat eine Kohlendioxidvergiftung zur Folge. Je nach Atemanschluss wird deshalb ein Grenzwert für den CO₂-Gehalt von 1-3% vorgeschrieben.

Erhöhter CO₂-Gehalt im Totvolumen

Gesichtsfeld

Ein weiteres Leistungsmerkmal sowohl von Vollmasken als auch von Hauben und Helmen ist das Gesichtsfeld. Dieses kann bei älteren Vollmasken nur gerade etwas mehr als 50% betragen. Demgegenüber weist die Schutzmaske 90 der Schweizer Armee ein Gesichtsfeld von 72% auf. Heutzutage weisen moderne Masken ein Gesichtsfeld von über 90% auf.

Moderne Masken haben ein grosses Gesichtsfeld.

Sprachverständlichkeit

Das Sprechen bzw. die Sprachverständlichkeit wird durch den Atemluftanschluss stark eingeschränkt. Ist die direkte sprachliche Kommunikation im Einsatz wichtig, sind darum Atemluftanschlüsse mit einer Sprechmembran von Vorteil. Als Alternative zu einer Sprechmembran sind auch Sprachverstärker mittels eines integrierten Mikrofons und eines Lautsprechers erhältlich.

Masken mit Sprechmembran sind günstig.

3.2.2.3 Masken



Hygienemasken bieten keinen Atemschutz.



Kein Schutz gegen Gase und Dämpfe

Hygienemaske / Chirurgische Maske [EN 14683]

Hygienemasken (Chirurgische- oder Operationsmasken) sind gemäss der obigen Definition keine Atemschutzausrüstung. Sie verhindern die Verbreitung von ausgeatmeten Partikeln (Tröpfchen) und schützen beispielsweise Patienten vor einer Infektion bei einer Operation. Im Falle einer Pandemie kann die Verbreitung von Krankheitskeimen mittels Tröpfcheninfektion durch das Tragen von Hygienemasken vermindert werden.

Filtrierende Halbmaske [EN 149 und EN 405]

Filtrierende Halbmasken decken Mund, Nase und das Kinn ab. Der gesamte Atemanschluss (Halbmaske) besteht vollständig aus dem Filtermedium und bildet dadurch ein ASG. Ist der Filter erschöpft, kann er nicht wieder verwendet werden (Einwegmaske). Die Leistungsanforderungen, die entsprechenden Prüfungen und die Kennzeichnung sind in den Normen EN 149 (Partikelfiltrierende Halbmaske) und EN 405 (Filtrierende (gasfiltrierende) Halbmaske) festgelegt.

Die filtrierenden Halbmasken werden generell mit **FF** (*filtering facepiece*) bezeichnet. Sie sind gleichzeitig Atemanschluss und Gerät für die Atemluftversorgung (Filtergeräte mit nicht trennbaren Filtern, siehe auch 3.2.3)

Partikelfiltrierende Halbmasken EN 149 werden mit **FFP** (*filtering facepiece for particles*) bezeichnet. Sie bestehen fast vollständig aus einem Filtervlies. Sie schützen je nach Ausführung vor lungengängigen Stäuben und vor aus wässrigen oder öligen Aerosolen und Partikeln bestehenden Flüssigkeitsnebeln. Auch FFP-Masken mit einer zusätzlichen Einlage aus Aktivkohle bieten keinen Schutz vor Gasen und Dämpfen, da solche Einlagen nur dem Schutz vor unangenehmen Gerüchen dienen. Um einen besseren Tragkomfort zu erhalten, verfügen einige Masken über Ausatemventile. Um den Atemwiderstand beim Einatmen zu reduzieren, werden auch Maskentypen mit Einatemventilen hergestellt.

ABC-Schutzmaterial

Gemäss ihrer Schutzwirkung werden die Masken in die drei Klassen P1, P2 und P3 eingeteilt (z.B. FFP3). Diese Klassifizierung erfolgt aufgrund der nach innen gerichteten Gesamtleckage einer Maske, welche sich aus Undichtigkeitsstellen am Gesicht, der Leckage am Ausatemventil (falls vorhanden) sowie aus dem eigentlichen Filterdurchlass zusammensetzt.

Klasse	Gesamtleckage (Mittelwert)	Einsatzbereiche	Maximale Konzentration
FFP1	22%	nicht-toxische und nicht-fibrogene Stäube	4-fache MAK
FFP2	8%	gesundheitsschädliche Stäube, Nebel und Rauch	10-fache MAK
FFP3	2%	giftige Stoffe, Tröpfchenaerosole, krebserzeugende und radioaktive Stoffe, Enzyme, Mikroorganismen (Viren, Bakterien, Pilze und deren Sporen)	30-fache MAK

Filtrierende (gasfiltrierende) Halbmasken EN 405 schützen gegen Gase (z.B. FFA1) oder gegen Gase und Partikel (z.B. FFA1-P3). Der Atemanschluss besteht vollständig oder überwiegend aus dem Filtermaterial. Entsprechend der Klassifizierung von Gasfiltern (vgl. 3.2.3.3) werden die Typen A, B, E, K sowie AX und SX und die Klassen 1 und 2 unterschieden. Gasfiltrierende Halbmasken der Klasse 3 (grosses Gasaufnahmevermögen) existieren nicht. Eine Bezeichnung der Typen (Einsatzbereiche) mit den Kennfarben, wie sie bei den Gasfiltern festgelegt ist, wird nicht vorgeschrieben, so dass die Farbgebung der Maske keinen Bezug zu ihrem Einsatzbereich hat.

Bei gasfiltrierenden Halbmasken EN 405 darf die nach innen gerichtete Leckage der Maske allein nicht mehr als 2% betragen:

- nach innen gerichtete Leckage $\leq 0,02$ (2%)
(Fit Faktor > 50)

Gasfiltrierende Halbmasken EN 405 müssen über Ein- und ein Ausatemventil verfügen.

Partikelfilterklasse

Filtrierende Halbmasken bestehen aus Filtermaterial

Gleiche Klassifizierung wie bei Gasfiltern, jedoch keine Kennfarben

ABC-Schutzmaterial

Halb-/Viertelmaske [EN 140 und EN 1827]



Halbmasken decken Mund, Nase und das Kinn des Geräteträgers ab. Bei einer Viertelmaske wird das Kinn nicht abgedeckt. Die Leistungsanforderungen, die entsprechenden Prüfungen und die Kennzeichnung sind in den Europäischen Normen EN 140 (Halb-/Viertelmasken) und EN 1827 (Halbmaske ohne Einatemventil) definiert.

Die wichtigsten Leistungsmerkmale sind:

- nach innen gerichtete Leckage $\leq 2\%$ (Fit Faktor ≥ 50)
- CO₂-Gehalt der Einatemluft (Totvolumen) $\leq 1\%$
- Gesichtsfeld muss subjektiv beurteilt ausreichend sein (Da die Augen durch die Maske nicht geschützt werden, ist gegebenenfalls eine Schutzbrille erforderlich.)

Universeller Filteranschluss und separates Ausatemventil

Halb-/Viertelmasken EN 140 verfügen über ein Einatemventil und einen Filteranschluss, welche es ermöglichen, unterschiedliche Schutzfilter einzusetzen (z.B. SF90 mit Gewindeanschluss). Das Ausatmen erfolgt über ein separates Ausatemventil, wodurch der Filter nicht durch die feuchte Ausatemungsluft belastet wird.

Maske und Filter bilden ein zusammengehörendes System

Bei **Halbmasken ohne Einatemventil EN 1827** bilden die Maske und der Filter ein System. Der Filter kann zwar gewechselt werden, die Verbindung zwischen Atemanschluss und Filter ist jedoch so gestaltet, dass nur der zur Maske passende Filter eingesetzt werden kann. Ein Ausatemventil ist nur optional vorhanden. Bei Halbmasken ohne Ausatemventil kann die Filterleistung durch die Feuchtigkeit der ausgeatmeten Luft massgeblich reduziert werden.

Vollmaske [EN 136]



Eine Vollmaske deckt Mund, Nase, Augen und das Kinn des Geräteträgers ab. Die Leistungsanforderungen, die entsprechenden Prüfungen und die Kennzeichnung sind in der Europäischen Norm EN 136 festgelegt.

Die wichtigsten Leistungsmerkmale einer Vollmaske EN 136 sind:

- nach innen gerichtete Leckage $\leq 0,05\%$ (Fit Faktor $\geq 2'000$)
- CO₂-Gehalt der Einatemluft (Totvolumen) $\leq 1\%$
- Gesichtsfeld $\geq 70\%$ (Panoramafenster oder zwei Augenfenster)

Nach EN 136 werden Vollmasken abhängig vom Anwendungsbereich bzw. von der mechanischen Festigkeit und der Widerstandsfähigkeit gegen Brand und Wärmestrahlung in drei Klassen eingeteilt:

- Klasse 1: Anwendungen mit geringer Beanspruchung
- Klasse 2: Normale Anwendungsbereiche
- Klasse 3: Spezielle Einsätze

Vollmasken der Klasse 2 oder 3 für professionelle Anwendungen

Für professionelle Anwendungen sind Vollmasken der Klassen 2 und 3 notwendig. Der Unterschied zwischen den beiden Klassen liegt bei der unterschiedlichen thermischen Widerstandsfähigkeit. Insbesondere die Sichtscheiben von Vollmasken der Klasse 2 weisen eine geringere Hitzebeständigkeit auf, weshalb für Feuerwehreinsätze Vollmasken der Klasse 3 erforderlich sind.

3.2.2.4 Hauben und Helme

Eine Haube ist ein locker sitzender Atemanschluss, der mindestens das Gesicht und gegebenenfalls den ganzen Kopf bedeckt. Helme bieten zusätzlich einen mechanischen Kopfschutz.

Je nach Atemluftversorgung (siehe 3.2.3) sowie den unterschiedlichen Anforderungen werden drei Arten von Hauben unterschieden.

- Filtergerät mit Haube zur Selbstrettung bei Bränden [EN 403]
- Gebläsefiltergerät mit Helm oder Haube [EN 12941]
- Behältergerät mit Druckluft mit Haube für Selbstrettung [EN 1146]

Hauben für die Selbstrettung (siehe auch 3.2.3.5) sind ausschliesslich für die Flucht aus einer gefährlichen Atmosphäre (z.B. bei einer Verrauchung in einem Brandfall). Für das Arbeiten in einer gefährlichen Atmosphäre sind sie nicht geeignet.

Die grossen Vorteile von Hauben bestehen im guten Tragkomfort und im einfachen Anziehen des Geräts. Unabhängig von der Gesichtsform, der Gesichtsgröße oder der Gesichtsbehaarung kann ein hohes Dichtvermögen sichergestellt werden. Insbesondere auch bei Kindern weisen Fluchthauben die nötige Trageakzeptanz auf.

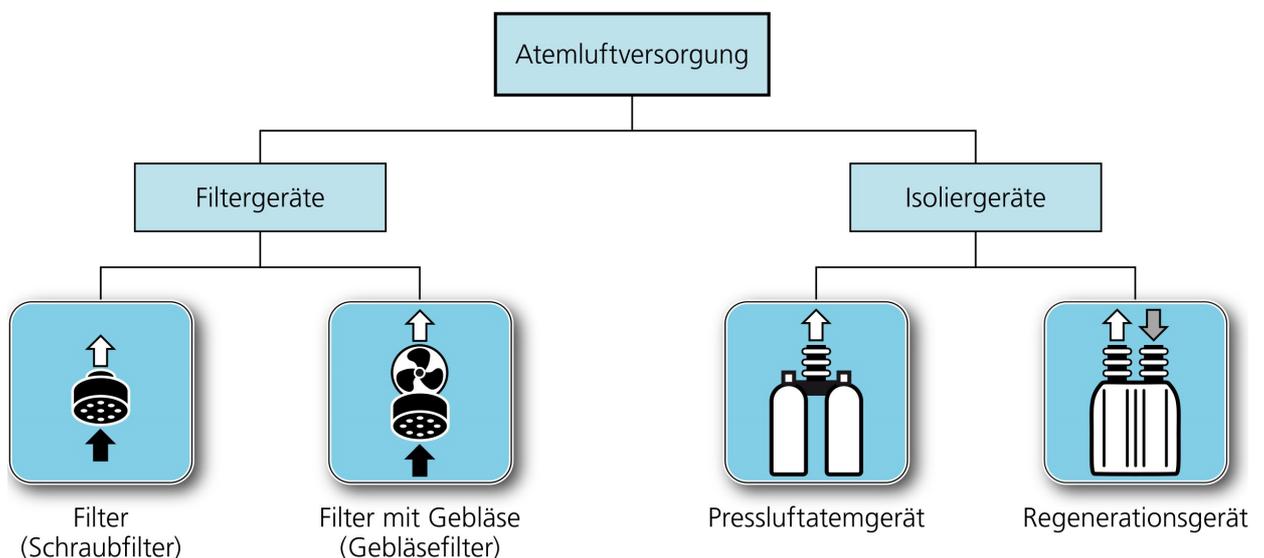


Hauben bieten Tragkomfort und einfache Handhabung

3.2.3 Atemluftversorgung

3.2.3.1 Übersicht

Die Geräte für die Atemluftversorgung lassen sich grundsätzlich in Filtergeräte und in Isoliergeräte unterteilen:



Filtergeräte versorgen den Träger des Atemschutzgeräts mit Atemluft aus der Umgebungsatmosphäre, wobei die in der Umgebung vorhandenen Schadstoffe mit einem Gas-, Partikel- oder Kombinationsfilter abgeschieden werden. Da die Filter, abhängig vom Typ und der Klasse, nur bestimmte Schadstoffe abscheiden können, und weil die Filter ein begrenztes Aufnahmevermögen besitzen, ist die Atemluftversorgung mit Filtergeräten grundsätzlich **von der Umgebungsatmosphäre abhängig**. Zudem basiert die Atemluftversorgung auf

Einsatz von Filtergeräten bei bekannten Schadstoffen und genügend Sauerstoff

ABC-Schutzmaterial

Einsatz von Isoliergeräten bei nicht bekannten Schadstoffen und/oder Sauerstoffmangel

dem in der Umgebungsluft vorhandenen Sauerstoff, weshalb Filtergeräte bei Sauerstoffmangel nicht eingesetzt werden können.

Isoliergeräte versorgen den Träger des Atemschutzgeräts **unabhängig von der Umgebungsluft** mit Atemluft. Sie können deshalb auch eingesetzt werden, wenn die Zusammensetzung und die Konzentration der in der Umgebungsluft vorhandenen Schadstoffe nicht bekannt sind. Zudem wird die Atemluftversorgung auch bei Sauerstoffmangel in der Umgebungsluft sichergestellt.

3.2.3.2 Atemluftqualität

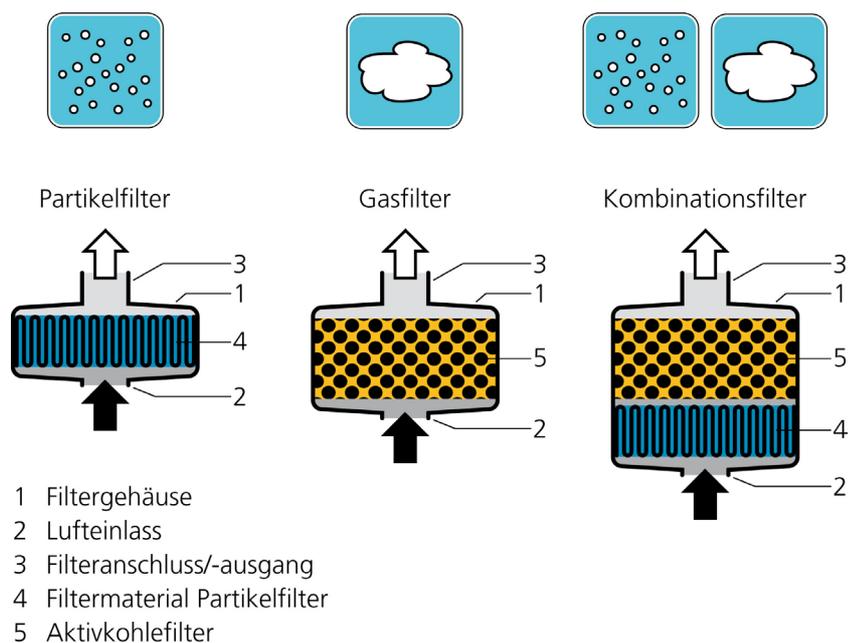
Der Sauerstoffanteil in der Luft beträgt 21 Vol.-%. Für das Atmen benötigt der Mensch einen Sauerstoffgehalt von mindestens 17 Vol.-%. In der Atemluft dürfen zudem keine Schadstoffe in gesundheitsgefährdenden Konzentrationen vorhanden sein. Generell sollten dabei die maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK-Werte) nicht überschritten werden. Gemäss EN 12021 ist die Qualität von Druckluft wie folgt definiert:

- Sauerstoff : $O_2 = 21 \pm 1\%$
- Kohlendioxid : $CO_2 < 0,05\%$ (500 ppm)
- Kohlenmonoxid : $CO < 0,0015\%$ (15 ppm)

3.2.3.3 Filtergeräte

Ist ein Schutz gegen Partikel/Aerosole erforderlich, muss ein Partikelfilter eingesetzt werden. Für den Schutz gegen Gase und Dämpfe, wird ein Gasfilter eingesetzt. Bei einer Gefährdung durch Partikel und Gase sind Kombinationsfilter notwendig.

Die Filter werden gemäss ihrem Partikeldurchlassgrad und ihrem Gasaufnahmevermögen in drei Klassen (1, 2, 3) eingeteilt.



Partikelfilter schützen nicht gegen Gase.

Gasfilter schützen nicht gegen Partikel.

ABC-Schutzmaterial

Die Verbindung zwischen Filter und Atemanschluss muss robust und dicht sein. Dabei existieren Filtergeräte mit festen, nicht trennbaren Verbindungen, aber auch solche mit speziellen Filteranschlüssen oder Gewindeanschlüssen (z.B. nach EN 148-1).

Da Filtergeräte von der Umgebungsatmosphäre abhängig sind und keinen Sauerstoff liefern oder produzieren können, muss der Sauerstoffgehalt der Umgebungsatmosphäre für deren Einsatz mindestens 17 Vol.-% betragen. Bei Filtern gegen Kohlenmonoxid (CO-Filter) ist ein Sauerstoffgehalt von mindestens 19 Vol.-% erforderlich.

Sauerstoffgehalt der Umgebungsatmosphäre mindestens 17 Vol.-%

Partikelfilter

Partikelfilter werden zum Schutz gegen feste und flüssige Aerosole (z.B. Staub, Rauch, Nebel) sowie gegen luftgetragene radioaktive und biologische Stoffe eingesetzt.

Bei Partikelfiltern führt die Ablagerung von Staub, vor allem aber die Aufnahmen von Feuchtigkeit durch die Atmung oder das Schwitzen dazu, dass sich der Atemwiderstand des Filters mit der Zeit vergrößert. Neben einer erhöhten physiologischen Belastung kann die Erhöhung des Filterwiderstands auch eine grössere Leckage beim Atemanschluss zur Folge haben. Wird ein Partikelfilter nass, kann er sich vollständig verschliessen. Der Atemwiderstand wird dann so gross, dass das Atmen durch den Filter nicht mehr möglich ist.

Der Atemwiderstand wird durch Staub und Feuchtigkeit erhöht.

Der Durchlass eines Filters gegenüber Partikeln ist grundsätzlich von der Partikelgrösse abhängig, wobei jedes Filtermedium bei einer bestimmten Partikelgrösse (MPPS = Most Penetrating Particle Size) den minimalen Abscheidegrad aufweist. Die MPPS beträgt üblicherweise ca. 0,2 μm (0,0002 mm).

Maximaler Filterdurchlass bei einer Partikelgrösse MPPS \approx 0,2 μm

Partikelfilter für den ABC-Schutz, welche Bestandteile von Atemschutzgeräten ohne Gebläse sind, werden in der EN 143 beschrieben. Sie werden deshalb als **Partikelfilter EN 143** bezeichnet und sind mit der Kennfarbe "weiss" gekennzeichnet. Sie werden entsprechend

Klassen für Partikelfilter

ihrem Filterdurchlass in die Partikelfilterklassen P1, P2 und P3 eingeteilt:

- P1 : Durchlass < 20% (grosser Filterdurchlass)
- P2 : Durchlass < 6% (mittlerer Filterdurchlass)
- P3 : Durchlass < 0,05% (kleiner Filterdurchlass)

Bei Filtern der Klasse P3 (Partikelfilter EN 143 P3) handelt es sich um HEPA-Filter (vgl. Box unten).

Partikelfilter, welche Bestandteil eines Atemschutzgeräts mit Gebläse sind, müssen mindestens die hinsichtlich der Leckage des Gebläses gestellten Anforderungen erfüllen (EN 12941, EN 12942). Bei Partikelfiltern der Klasse P3 ist dies immer der Fall.

Klassifizierung und Maximaler Durchlass von Filtern in der Raum- und Prozesslufttechnik nach EN 1822:

EPA-Filter (Hochleistungs-Partikelfilter)	15%
HEPA-Filter (Schwebstofffilter)	0,05%
ULPA-Filter (Hochleistungs- Schwebstofffilter)	0,0005%



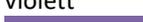
Klassifizierung nach Filtertypen aufgrund der Sorptionseigenschaften

Gasfilter

Gasfilter werden zum Schutz gegen Gase und Dämpfe eingesetzt. Dazu werden die Schadstoffe in der Atemluft im Filter auf einem Substrat (meist Aktivkohle) adsorbiert. Bei Stoffen, welche mittels einer chemischen Reaktion im Filter gebunden werden, kann der Filter bei einer zu hohen Schadstoffkonzentration überlastet werden.

Da chemisch ähnliche Stoffe auch ähnliche Sorptionseigenschaften aufweisen, lassen sich Gasfilter in grundlegende **Filtertypen** einteilen. Die Einordnung erfolgt dabei in die vier Grundtypen A, B, E und K. Zusätzlich werden noch die Spezialfilter AX, SX, NOP3, HgP3 und CO unterschieden. Entsprechend dieser Einordnung nach dem Einsatzbereich bzw. den Gasen, gegen welche die Gasfilter Schutz bieten, sind die Filtertypen gemäss EN 14387 mit Kennfarben gekennzeichnet.

Die Grundtypen A, B, E und K werden zusätzlich in Filterklassen unterteilt.

Typ	Einsatzbereich	Klasse	Kennfarbe
A	Organische Gase und Dämpfe mit einem Siedepunkt > 65°C	1	braun
		2	
		3	
B	Anorganische Gase (z.B. Chlor, Schwefelwasserstoff, Blausäure); Nicht gegen Kohlenstoffmonoxid	1	grau
		2	
		3	
E	Schwefeldioxid, Chlorwasserstoff und andere saure Gase	1	gelb
		2	
		3	
K	Ammoniak und organische Ammoniakderivate	1	grün
		2	
		3	
AX	Organische Gase und Dämpfe mit einem niedrigen Siedepunkt (≤ 65°C)		braun 
SX	Bestimmte, auf dem Filter bezeichnete Gase und Dämpfe		violett 
NOP3	Nitrose Gase (Stickstoffoxide)		blau-weiss 
HgP3	Quecksilber		rot-weiss 
CO	Kohlenmonoxid		schwarz 

Gasfiltertypen und ihre Kennfarben

Mit der **Filterklasse** wird das Gasaufnahmevermögen bzw. die Kapazität eines Gasfilters bezeichnet. Filter einer höheren Klasse bieten grundsätzlich keinen besseren Schutz. Sie können bei der gleichen Gaskonzentration aber länger eingesetzt werden. Gegenüber Filter der Klasse 1 weisen Klasse 2 Filter etwa die 5-fache, Klasse 3 Filter ungefähr eine 15-mal grössere Kapazität auf.

- Klasse 1: geringe Kapazität
- Klasse 2: mittlere Kapazität (5-fach gegenüber Klasse 1)
- Klasse 3: grosse Kapazität (15-fach gegenüber Klasse 1)

Gasfilter bietet so lange Schutz, bis ihre Kapazität erschöpft ist. Die Dauer, während der ein Filter eingesetzt werden kann - die sogenannte Haltezeit - ist massgeblich von der Schadstoffkonzentration, den atmosphärischen Bedingungen (Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit) sowie den Einsatzbedingungen (Schwere der Arbeit) abhängig. Die "Beladung" eines Filters ist im Kapitel 3.1.2 illustrativ dargestellt.

Filterklasse gemäss dem Gasaufnahmevermögen (Kapazität)

Haltezeit hängt von Schadstoffkonzentration, Umgebungs- und Einsatzbedingungen ab

Spezialfilter werden nicht in Klassen eingeteilt

Die Gasfiltertypen AX und SX sowie die Filter für Stickstoffoxide (NO_x), Quecksilber (Hg) und Kohlenmonoxid (CO) sind Spezialfilter. Sie werden nicht in Klassen eingeteilt. Die Spezialfilter für Stickstoffoxide und Quecksilber sind nur als Kombinationsfilter mit einem Partikelfilter der Klasse P3 erhältlich. Daher werden diese Typen automatisch als NOP3 bzw. HgP3 bezeichnet und ihre Farbkennzeichnung ist dementsprechend eine Kombination mit der Kennfarbe "weiss". Diese beiden Spezialfiltertypen können in Kombination mit allen anderen oben genannten Typen vorkommen, ausser mit dem Typ SX.



NBC-Filter sind optimal gegen chemische Kampfstoffe

Kombinationsfilter

Die aus einem Partikelfilter und einem Gasfilter bestehende Kombinationsfilter bieten Schutz sowohl gegen Partikel und Aerosole als auch gegen Gase und Dämpfe. Zur Kennzeichnung wird die Bezeichnung des Gasfiltertyps (z.B. ABEK) durch die Partikelfilterklasse (P1, P2, P3) ergänzt. Gängige Kombinationsfilter mit einem Partikelfilter mit hohem Abscheidevermögen bzw. geringem Filterdurchlass sind A2B2E2K2-P3.

Die sogenannten NBC-Filter bieten einen zusätzlichen Schutz gegen chemische Kampfstoffe (CWA) und weisen eine lange Halte- bzw. Einsatzzeit auf.



Schraubfilter

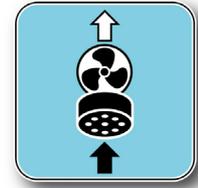
Das klassische Atemschutzgerät besteht aus einer Vollmaske und einem Schraubfilter. Falls die Maske und der Schraubfilter über einen Rundgewindeanschluss nach EN 148-1 verfügen, können die Masken und die Filter frei kombiniert werden. Die Handhabung ist einfach und die Wartung problemlos. Die Filter können in der Regel bis 10 Jahre gelagert werden.

- + lange Einsatzdauer
- + geringes Gewicht
- abhängig von der Atmosphäre (umweltabhängig)
- Atemwiderstand

ABC-Schutzmaterial

Filter mit Gebläse (Gebläsefiltergerät)

Filter, welche zusammen mit Gebläsen eingesetzt werden, sind zwar nach einer anderen Norm (EN 12941 / 12942) klassiert, trotzdem aber mit Schraubfiltern vergleichbar. Gebläsefiltergeräte bestehen aus einem oder mehreren Filtern sowie einem Gebläse, welches den Widerstand der Filter überwindet. Das Gebläse wird mit Batterien betrieben, welche eine Betriebszeit von mehreren Stunden gewährleisten können. Der Volumenstrom des Gebläses kann regulierbar sein. Die Überwindung des Atemwiderstands durch das Gebläse erleichtert das Tragen und damit die Arbeit unter Atemschutz massgeblich.



- + kein Atemwiderstand
- + lange Einsatzdauer (Batterieabhängig)
- + vergleichsweise geringes Gewicht
- abhängig von der Atmosphäre (umweltabhängig)
- Batteriebetrieb
- Geräuschpegel

3.2.3.4 Isoliergeräte

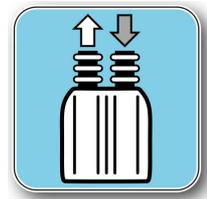
Isoliergeräte sind technisch weitaus komplexer als Filtergeräte. Sie sind deshalb auch teurer in der Anschaffung und aufwändiger im Unterhalt. In Bezug auf den Einsatz sind das grössere Gewicht sowie die allgemein begrenzte Einsatzdauer von Bedeutung.

Die Geräteträger müssen umfassende Kenntnisse der Atemschutzausrüstung haben und in der Lage sein, diese sicher und korrekt zu handhaben. Eine fundierte Ausbildung der Geräteträger ist deshalb erforderlich. Da die physischen Beanspruchungen (Gewicht des Gerätes, körperliche Arbeitsleistung usw.) sowie die psychischen Belastungen (schädliche Umwelt, Hitze, Rauch, Dunkelheit usw.) das Verhalten der Geräteträger beeinflussen, werden zur Abklärung der Einsatztauglichkeit oft auch ärztliche Untersuchungen durchgeführt.

Geräteträger müssen umfassend ausgebildet sein

Regenerationsgerät

Bei Regenerationsgeräten [EN 145] wird die Atemluft in Pendel- oder Kreislaufatmung von Kohlendioxid befreit. Zusätzlich wird Sauerstoff nachdosiert. Die überschüssige Atemluft entweicht durch ein Überdruckventil.

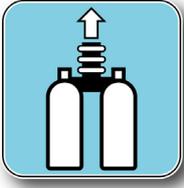


- + lange Einsatzdauer (1, 2 oder 4 h)
- + Einsatz in Tunneln und im Bergbau möglich
- Atemwiderstand bei Unterdruckgeräten
- sehr Wartungsintensiv
- warme, feuchte Atemluft

ABC-Schutzmaterial

Pressluftatemgerät

Bei Pressluftatemgeräten [EN 137] wird Atemluft in einem Druckluftbehälter mitgeführt.



- + unabhängig von der Atmosphäre (umweltunabhängig)
- + konstante Qualität der Atemluft
- kurze Einsatzzeit (<1 Stunde)
- grosses Gewicht

3.2.3.5 Atemschutzgeräte für die Selbstrettung

Atemschutzgeräte für die Selbstrettung werden auch als Flucht- und Rettungsgeräte oder als Selbstretter bezeichnet. In Bezug auf ihre Bauweise kann es sich um Filter- oder um Isoliergeräte handeln. Atemschutzgeräte für die Selbstrettung liefern während einer begrenzten Zeit Atemluft. In einem Brandfall beispielsweise, ermöglichen sie damit die Flucht oder werden für die Rettung von Personen eingesetzt.

Die auch als Haltezeit bezeichnete Zeitdauer, während der ein ASG für die Selbstrettung verwendet werden kann, ist ein wichtiges Kriterium für deren Klassifizierung. Brandfluchthauben nach EN 403 weisen eine Haltezeit von mindestens 15 Minuten auf. Alle anderen Selbstretter sind mit ihrer nominellen Haltezeit gekennzeichnet, wobei diese mindestens 5 Minuten beträgt. Filterselbstretter zum Schutz gegen Kohlenmonoxid (EN 404) weisen eine Haltezeit von mindestens 60 Minuten auf.

Atemschutzgeräte für die Selbstrettung sind ein Schutz für flüchtende oder zu rettende Personen. Für Ereignisdienste (Feuerwehr) sind sie **nicht geeignet**.

Filtergeräte

- Filtergerät mit Haube zur Selbstrettung bei Bränden (EN 403)
- Filterselbstretter mit Mundstückgarnitur zum Schutz gegen Kohlenmonoxid (EN 404)

Isoliergeräte

- Lungenautomatische Behältergeräte mit Druckluft (Pressluftatmer) mit Vollmaske oder Mundstückgarnitur für Selbstrettung (EN 402)
- Behältergeräte mit Druckluft mit Haube für Selbstrettung (EN 1146)
- Isoliergeräte für Selbstrettung (EN 13794)
- Behältergeräte mit Druckluft (Pressluftatmer) mit Halbmaske in der Ausführung mit einem Überdrucklungenautomaten nur für Fluchtzwecke (EN 14529).



Atemschutz für flüchtende oder zu rettende Personen

Kein Atemschutz für Einsatzkräfte

3.3 Schutzbekleidung

3.3.1 Übersicht

Zum Schutz des Körpers und einzelner Körperteile vor verschiedenen äusseren Einwirkungen existieren Schutzkleider mit unterschiedlichen Materialeigenschaften. So bestehen Schutzkleider gegen Hitze und Feuer aus schwer entflammaren Materialien. Schutzkleidung, welche aus stark belastbaren Materialien besteht, schützt gegen mechanische Einwirkungen wie z.B. der Einwirkung einer Motorsäge.

Für den persönlichen ABC-Schutz ist der Schutz gegen Chemikalien, gegen radioaktive Kontamination durch Partikel und gegen Gefährdungen durch Mikroorganismen relevant. Die im Folgenden beschriebenen Schutzkleidungen schützen den Träger, so dass er in der Lage ist, in einer chemisch, biologisch oder mit radioaktiven Partikeln kontaminierten Umgebung zu arbeiten.



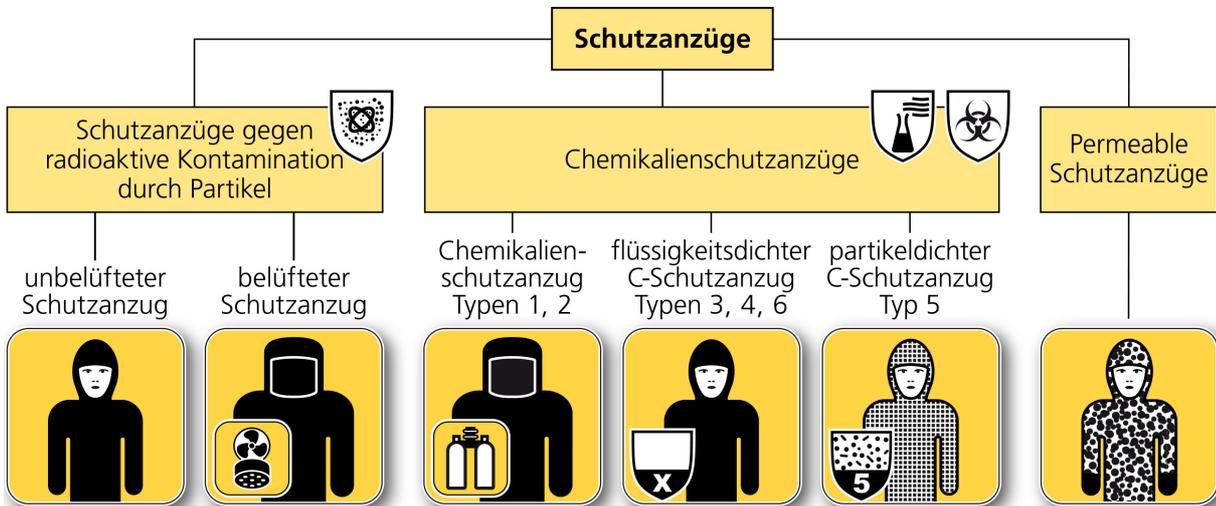
Schutz gegen Chemikalien,
radioaktive Partikel und
Mikroorganismen

Spezielle Schutzbekleidungs- und Zubehörteile wie Handschuhe, Schuhe, Schürzen oder Gesichtsschutzschilde bieten einen spezifischen Teilkörperschutz. Sowohl Handschuhe als auch Schuhe und Stiefel sind wesentliche Teile der persönlichen Schutzausrüstung. Sie werden oft mit Schutzanzügen kombiniert oder sind integrierende Bestandteile von Schutzanzügen.

Handschuhe und Stiefel sind
wesentliche Teile der PSA

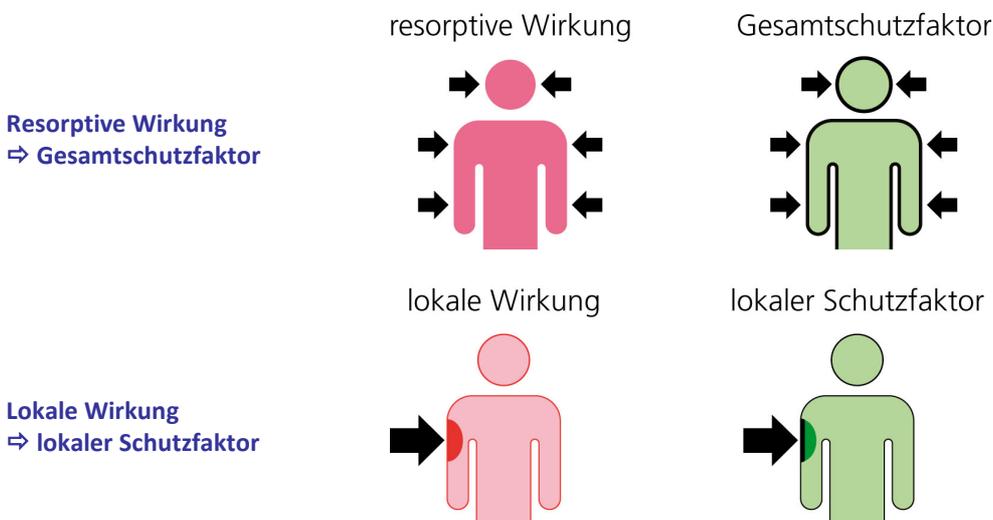
3.3.2 Schutzanzüge

Je nach Bedrohung und Einsatzgebiet existieren Schutzanzüge, welche den Träger aufgrund ihrer Materialeigenschaft vor unterschiedlichen Gefahren schützen. Diese Eigenschaften haben zusätzlich eine Auswirkung auf den physiologischen Stress, welcher durch das Tragen der Schutzausrüstung beim Träger entsteht.



3.3.2.1 Leistungsmerkmale

Das wichtigste Leistungsmerkmal der Schutzanzüge ist die über den gesamten Anzug "nach innen gerichtete Leckage" bzw. der Schutzfaktor des Anzuges. Der Schutzfaktor eines Anzuges ist hierbei gleich wie beim Fit Faktor bei Atemluftanschlüssen (vgl. 3.2.2.2) das Verhältnis der Aussenkonzentration zur Innenkonzentration. Beim Schutzfaktor eines Anzuges wird zwischen dem lokalen Schutzfaktor und dem Gesamtschutzfaktor unterschieden, wobei dafür die Wirkungsart der Gefährdung ausschlaggebend ist (vgl. 2.3.3).



3.3.2.2 Chemikalienschutzanzüge

Chemikalienschutzanzüge sind mit dem Piktogramm "Schutz gegen Chemikalien" gekennzeichnet. Je nachdem ob sie gasdicht, flüssigkeitsdicht oder partikeldicht sind, weisen sie einen unterschiedlichen Schutz und damit auch unterschiedliche Einsatzbereiche auf. Schutzanzüge der Typen 1 und 2 schützen gegen Gase und bieten damit den besten Schutz, da sie den Träger auch gegen Flüssigkeiten und gegen Partikel schützen. Es werden die folgenden sechs Typen von Chemikalienschutzanzügen unterschieden:

- **Typ 1 und 2** [EN 943]: Schutzanzug gegen flüssige und gasförmige Chemikalien, einschliesslich Flüssigaerosole und feste Partikel
- **Typ 3** [EN 14605]: Schutzkleidung gegen flüssige Chemikalien (flüssigkeitsdicht)
- **Typ 4** [EN 14605]: Schutzkleidung gegen flüssige Chemikalien (spraydicht)
- **Typ 5** [EN 13982]: Schutzkleidung gegen feste Partikel (partikeldicht)
- **Typ 6** [EN 13034]: Schutzkleidung gegen flüssige Chemikalien (sprühnebdicht, begrenzt sprühdicht)

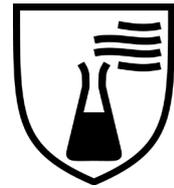
Typ 1 und 2

Chemikalienschutzanzüge der Typen 1 und 2 bieten dem Träger einen umfassenden Schutz, so dass er in einer chemisch, radiologisch oder biologisch kontaminierten Umgebung arbeiten kann. Die Atemluftversorgung erfolgt unabhängig von der Umgebungsatmosphäre mit einem Isoliergerät, meistens einem Pressluftatemgerät. Dieses wird auf dem Rücken innerhalb (Typ 1a) oder ausserhalb (Typ 1b) des Anzugs getragen. Bei Schutzanzügen des Typs 1c wird das Gerät für die Atemluftversorgung nicht mitgetragen. Die Atemluftversorgung erfolgt über einen Druckluftschlauch. Solche Anzüge werden hauptsächlich in Laboratorien eingesetzt.

- **Typ 1a:** Schutzanzug mit **innerhalb** des Anzugs getragenem Pressluftatemgerät. Regenerationsgeräte können wegen dem eingeschränkten Wärmeaustausch nicht im Anzug getragen werden.
- **Typ 1b:** Schutzanzug mit **ausserhalb** des Anzugs getragenem Gerät für die Atemluftversorgung. Neben dem Anzug müssen auch die Schläuche des Atemschutzgeräts chemikalienbeständig sein, da im Fall einer Kontamination das gesamte Atemschutzgerät kontaminiert wird.
- **Typ 1c:** Schutzanzug mit **externer** Atemluftversorgung mit Überdruck über einen Druckluftschlauch

Anzüge des Typs 1a und 1b bieten einen umfassenden Schutz gegenüber Chemikalien, weshalb sie auch von Ereignisdiensten (Feuerwehren, Chemiewehren) eingesetzt werden. Chemikalienschutzanzüge für Notfallteams werden wie folgt bezeichnet:

- **Typ 1a/1b-ET** [EN 943-2]: Gasdichter Chemikalienschutzanzug für **Notfallteams** (ET = Emergency Teams)

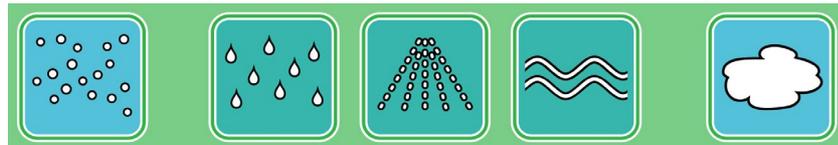


Umfassender Schutz gegen Chemikalien

ABC-Schutzmaterial

Gleich wie die Chemikalienschutzanzüge des Typs 1c verfügen Anzüge des **Typs 2** über eine externe Atemluftversorgung mit **Überdruck**. Da die Anzüge jedoch nicht auf Leckdichtheit geprüft sind, werden sie als "nicht gasdicht" bezeichnet. Der Schutz gegenüber Gasen ist durch den Überdruck im Anzug aber dennoch gewährleistet.

- + hoher Schutzgrad
- + universell einsetzbar
- physiologisch begrenzte Einsatzzeit
- teuer in der Anschaffung und Wartung (inkl. ASG)



Typen 3, 4 und 6

Bei den Chemikalienschutzanzügen der Typen 3, 4 und 6 handelt es sich um Schutzkleidung gegen flüssige Chemikalien. Das Material der Anzüge ist grundsätzlich flüssigkeitsdicht und die Anforderungen an die Chemikalienbeständigkeit der Materialien der Anzüge sind bei den drei Typen nahezu identisch. Die Typen unterscheiden sich jedoch in Bezug auf den Widerstand des Anzugs gegenüber der Penetration durch Flüssigkeiten bei Nähten oder Verschlüssen. Die Einteilung der Schutzanzüge in die Typen 3, 4 oder 6 ist davon abhängig, ob die Schutzanzüge gegenüber einer als Strahl (Wasserstrahl), als Spray oder als Nebel (Sprühnebel) einwirkenden Flüssigkeit dicht sind.



Schutz gegen flüssige Chemikalien

Flüssigkeits- einwirkung	Test Prüfnorm	Schutzanzug	
		Dichtheit	Typ
 Strahl	Jet-Test EN 17491-3	flüssigkeitsdicht	3
 Spray	Spray-Test EN 17491-4	spraydicht (sprühdicht)	4
 Nebel	Nebel-Test EN 17491-4	sprühnebedicht (begrenzt sprühdicht)	6

ABC-Schutzmaterial

Typ 3

Chemikalienschutzanzüge des Typs 3 sind Ganzkörperschutzanzüge aus impermeablen Materialien und mit flüssigkeitsdichten Nähten und Verbindungen. Aufgrund der Impermeabilität kann es beim Tragen solcher Anzüge jedoch verstärkt zum Pump-Effekt kommen (vgl. 4.2.3.2). Der mit diesem Effekt verbundene Luftaustausch kann durch das Abkleben aller Übergänge (Handschuhe, Stiefel) erheblich eingeschränkt werden. Konsequenterweise abgeklebte Schutzanzüge sind partikeldicht und in einem beschränkten Mass auch gasdicht.

- + umfassender Schutz gegen flüssige Chemikalien (Strahl)
- + mit Abkleben der Übergänge partikel- und bedingt gasdicht
- geringer Wärmeaustausch (impermeabel)
- Pumpeffekt (kann durch Abkleben verringert werden)

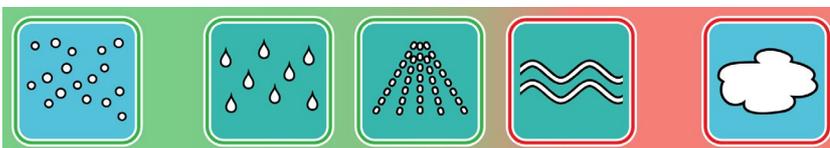


Impermeables Material und flüssigkeitsdichte Nähte

Typ 4

Chemikalienschutzanzüge des Typs 4 sind Ganzkörperschutzanzüge mit spraydichten Nähten und Verbindungen. Sie können aus permeablen und damit atmungsaktiven Materialien hergestellt sein, was in Bezug auf den Tragkomfort günstig ist. Gegen eine starke Beaufschlagung durch flüssige Chemikalien bieten sie jedoch keinen Schutz. Anzüge des Typs 4 sind als preisgünstige Einweganzüge erhältlich.

- + Tragkomfort infolge Wärmeaustausch bei Anzügen aus permeablem Material
- + kostengünstige Einweganzüge erhältlich
- eingeschränkte Schutzwirkung
- kein Schutz bei starker Beaufschlagung durch Flüssigkeiten



Spraydicht, jedoch kein Schutz gegen starke Flüssigkeitsbeaufschlagung

ABC-Schutzmaterial

Typ 6



Schutz gegen leichte Versprühungen

Bei Anzügen des Typs 6 handelt es sich um eine vergleichsweise kostengünstige und oft als Einweganzug angebotene Schutzkleidung, welche mindestens den Rumpf und die Lenden schützt. Sie werden oft mit partikeldichten Schutzanzügen des Typs 5 kombiniert, da diese atmungsaktiv sind und dadurch einen guten Tragkomfort bieten. Die Schutzkleidung bietet Schutz gegen leichte nebelartige Versprühungen von Chemikalien. Gegen die Permeation flüssiger Chemikalien schützt sie jedoch nicht.

- + kostengünstige Einweganzüge
- + oft in Kombination mit Typ 5
- Schutz nur gegen leichte Chemikalienversprühung (Nebel)
- kein Schutz gegen Permeation durch flüssige Chemikalien

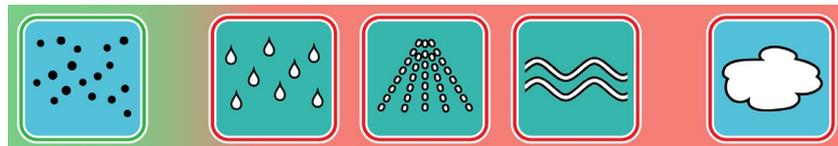


Schutz gegen Partikel, aber nicht gegen Flüssigkeiten

Typ 5

Chemikalienschutzanzüge des Typs 5, welche auch als partikeldichte C-Schutzanzüge bezeichnet werden, sind Ganzkörperschutzanzüge, die Schutz gegen die Penetration durch schwebende feste Teilchen (Staub) jedoch nicht gegen flüssige Aerosole bieten. Sie sind oft als Einwegschutzanzüge konzipiert und dementsprechend kostengünstig. Die Schutzanzüge sind atmungsaktiv und gewährleisten aufgrund ihrer Luftdurchlässigkeit einen hohen Tragkomfort. Trotz der Luftdurchlässigkeit des Materials tritt auch bei diesen Anzügen der Pump-Effekt (vgl. 4.2.3.2) auf, weshalb der Schutzfaktor dieser Anzüge sehr klein ist.

- + hoher Tragkomfort durch Luftdurchlässigkeit (atmungsaktiv)
- + kostengünstig (oft Einweganzüge)
- kein Schutz gegen Flüssigkeiten oder flüssige Aerosole
- sehr geringer Schutzfaktor (Pumpeffekt)



3.3.2.3 Schutzanzüge gegen Gefährdungen durch Mikroorganismen

Anzüge zum Schutz gegen Mikroorganismen, welche gesundheitsgefährdend sein können, sind mit dem entsprechenden Piktogramm gekennzeichnet. Bei den Anzügen handelt es sich im Normalfall um Chemikalienschutzanzüge (Typ x) mit der Zusatzbezeichnung B:

- **Typ x-B [EN 14126]:** Schutzanzug gegen Infektionserreger

Zu den Anzügen können auch Bekleidungen für den Teilköperschutz und Zubehörteile wie Hauben und Helme, Schuhe und Stiefel sowie Handschuhe gehören (vgl. 3.3.3).



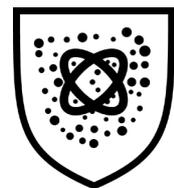
3.3.2.4 Schutzanzüge gegen radioaktive Kontamination durch Partikel

Anzüge zum Schutz gegen eine radioaktive Kontamination durch Partikel sind mit dem entsprechenden Piktogramm gekennzeichnet. Diese Schutzanzüge müssen grundsätzlich nicht beständig gegen Chemikalien sein. Optional können sie jedoch aus chemikalienbeständigem Material hergestellt und dann zusätzlich auch mit dem Piktogramm "Schutz gegen Chemikalien" gekennzeichnet werden (vgl. 3.3.2.2). Eine Ausnahme ist der chemikalienbeständige partikeldichte C-Schutzanzug Typ 5.

Bei den Schutzanzügen gegen radioaktive Kontamination durch Partikel werden belüftete und unbelüftete Schutzanzüge unterschieden:

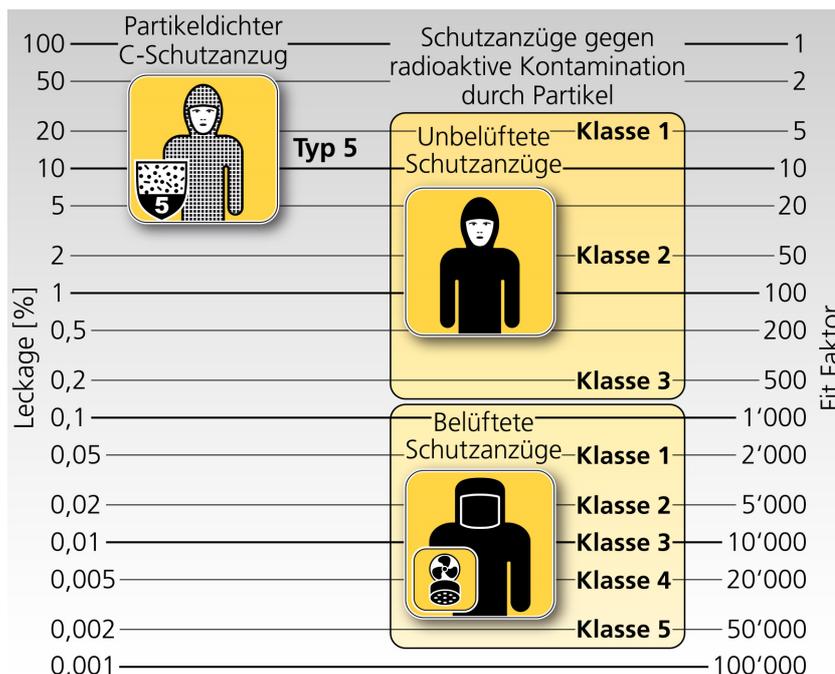
- **Belüfteter Schutzanzug [EN 1073-1]:** Schutzanzug gegen radioaktive Kontamination
- **Unbelüfteter Schutzanzug [EN 1073-2]:** Schutzanzug gegen radioaktive Kontamination

Die Schutzanzüge werden innerhalb dieser Unterteilung gemäss ihren Schutzfaktoren in Klassen eingeteilt. Die maximal tolerierbaren Leckagen bzw. die minimal zulässigen Schutzfaktoren der Anzüge der verschiedenen Klassen sind in der folgenden Grafik dargestellt.



Einteilung der Schutzanzüge in Leistungsklassen

Leckage bzw. Fit Faktor



Belüftete Schutzanzüge haben höhere Schutzfaktoren als unbelüftete.



Sehr grosse Schutzfaktoren sind möglich.

Die maximale Leckage bzw. der minimale Schutzfaktor der Schutzanzüge differiert je nach Klasse stark. Bei unbelüfteten Anzügen der Klasse 1 beträgt der Schutzfaktor mindestens 5 (Leckage $\leq 20\%$). Ähnlich wie partikeldichte C-Schutzanzüge des Typs 5 (Leckage $\leq 15\%$) bieten solche Anzüge nur einen geringen Schutz gegen radioaktive Partikel. Gegenüber unbelüfteten Anzügen weisen belüftete Schutzanzügen einen bedeutend höheren Schutzfaktor auf.

Belüfteter Schutzanzug

Belüftete Schutzanzüge verfügen über eine Luftversorgung. Neben dem Hautschutz durch den Anzug bieten solche Anzüge deshalb auch einen Schutz der Atemwege. Für die Atemluftversorgung werden Isoliergeräte, häufiger aber Gebläsefiltergeräte eingesetzt. Da die Luftversorgung ein Überdruck im Anzug erzeugt, können sehr hohe Schutzfaktoren bis 50'000 (Leckage $\leq 0,002\%$) erreicht werden. Der Überdruck bzw. die Überwindung des Filterwiderstands durch das Filtergebläse, hat zudem den Vorteil, dass der Atemwiderstand gering ist.

- +** sehr hohe Schutzfaktoren möglich
- +** geringer Atemwiderstand
- beschränkte Einsatzzeit (Betrieb Luftversorgung)
- eingeschränkte Bewegungsfreiheit
- Geräusentwicklung der Luftversorgung (max. 80dB)



Kleine Schutzfaktoren, jedoch physiologische Vorteile

Unbelüfteter Schutzanzug

Da bei unbelüfteten Schutzanzügen kein Überdruck im Anzug aufgebaut wird und wegen dem Pump-Effekt (vgl. 4.2.3.2.), können mit unbelüfteten Anzügen im Vergleich mit belüfteten Schutzanzügen nur geringe Schutzfaktoren erreicht werden. Die Überwindung des Filterwiderstands mit der Atmung hat zudem einen erhöhten Atemwiderstand zur Folge. Da sie über keine Ventilation verfügen, sind unbelüftete Schutzanzüge technisch jedoch einfacher und auch kostengünstiger als belüftete. Zudem bieten unbelüftete Schutzanzüge eine grössere Bewegungsfreiheit und die Einsatzzeit wird nicht durch die Betriebsdauer der Luftversorgung eingeschränkt.

- +** keine beschränkte Einsatzzeit wegen der Luftversorgung
- +** geringe Einschränkung der Bewegungsfreiheit
- +** kostengünstiger als belüftete Schutzanzüge
- geringerer Schutzfaktor als bei belüfteten Anzügen möglich
- erhöhter Atemwiderstand

ABC-Schutzmaterial

3.3.2.5 Permeable Schutzanzüge

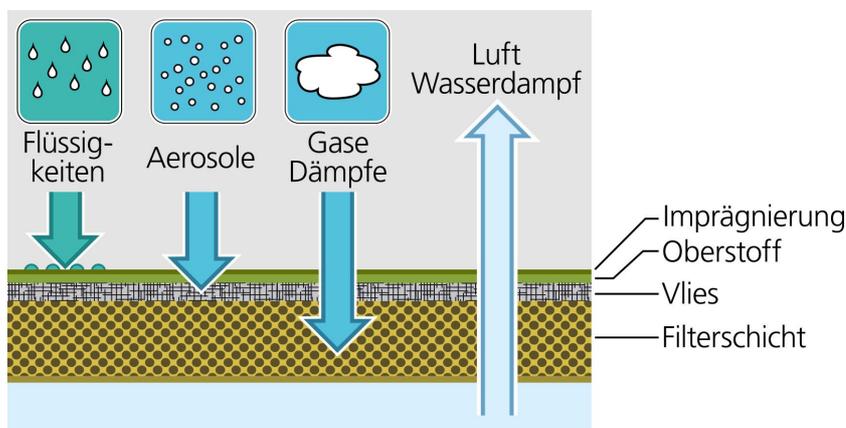
Bei permeablen Schutzanzügen handelt es sich um atmungsaktive Chemikalienschutzanzüge, welche primär einen Schutz gegen gasförmige Chemikalien bieten. Der hauptsächliche Vorteil dieser Schutzanzüge ist ihre Permeabilität. Da sie atmungsaktiv und damit durchlässig für den vom Körper abgegebenen Wasserdampf sind, können sie über längere Zeit und bei schwerer körperlicher Belastung getragen werden. Obwohl sie durchlässig sind, schützen die permeablen Schutzanzüge gegen gasförmige Chemikalien.

Aufgrund ihrer Charakteristiken werden permeable Schutzanzüge oft bei längeren Einsätzen mit einer gasförmigen Bedrohung, z.B. bei polizeilichen, militärischen oder Anti-Terror Einsätzen eingesetzt. Die Leistungsanforderungen an die Schutzanzüge sind aus historischen Gründen in militärischen Pflichtenheften oder NATO Standards definiert. Durch das breiter werdende Einsatzspektrum werden diese Anzüge allmählich auch durch zivile Norminstitute aufgenommen.

Das permeable Material der Schutzanzüge ist aus mehreren Schichten aufgebaut, wobei der Aufbau ähnlich ist wie bei einem Gas- bzw. Kombinationsfilter (vgl. 3.2.3.3):

- Der **Oberstoff** besteht aus einem Textil, welches zusätzlich flüssigkeitsabweisend **imprägniert** ist. Die Imprägnierung fördert das Abperlen von Wasser oder flüssigen C-Stoffen und verhindert damit eine starke Benetzung der Anzugoberfläche. Der Anzug ist jedoch nicht flüssigkeitsdicht.
- Ein **Vlies**, welches bei einigen Anzugtypen unter dem Oberstoff eingebaut ist, wirkt als **Partikelfilter** und vermag damit Aerosole zurückzuhalten.
- Die **Filterschicht** ist das wichtigste Element des Anzugs für den C-Schutz. Sie besteht aus **Aktivkohle** und kann damit gasförmige Chemikalien absorbieren.

Alle Schichten des Anzugs sind permeabel. Dies ermöglicht es, dass der bei der Wärmeabfuhr des Menschen durch Schwitzen abgegebene Wasserdampf durch den Anzug entweichen kann.



Atmungsaktiv bei gleichzeitigem Gasschutz

Militärische Anzüge gegen gasförmige Kampfstoffe

Aufbau des permeablen Anzugmaterials

ABC-Schutzmaterial

Permeable Schutzanzüge bieten keinen universellen Gasschutz

Da die Schutzwirkung permeabler Schutzanzüge nicht auf der Dichtheit des Anzugs, sondern auf der Filtrierung der Aussenluft (ähnlich zu einem Gasfilter) basiert, bieten solche Anzüge auch keinen universellen, gegen alle Chemikalien wirksamen Gasschutz, wie dies bei den C-Schutzanzügen des Typs 1 und 2 der Fall ist. In Bezug auf den Schutzzumfang sind darum die gleichen Kriterien wie bei den Gasfiltern massgebend. Für die Beurteilung und Klassifizierung der Schutzleistung permeabler Schutzanzüge werden die Gesamtschutzfaktoren und die lokalen Schutzfaktoren bestimmt (vgl. 3.3.2.1).

Tragkomfort, auch bei körperlicher Belastung

Der grosse Vorteil permeabler C-Schutzanzüge liegt bei der hohen Schutzleistung gegenüber gasförmigen C-Stoffen bei gleichzeitiger Permeabilität. Ein guter Tragkomfort sowie lange Tragzeiten lassen sich deshalb auch bei grossen körperlichen Belastungen im Einsatz oder bei warmen klimatischen Bedingungen erreichen.

Permeable Schutzanzüge sind nicht flüssigkeitsdicht

Permeable C-Schutzanzüge sind zwar wasserabweisend imprägniert, sie bieten aber trotzdem nur einen sehr beschränkten Schutz gegen Flüssigkeiten und müssen grundsätzlich als nicht flüssigkeitsdicht eingestuft werden. Bei einer Gefährdung durch flüssige Schadstoffe, aber auch bei nasser Witterung empfiehlt es sich darum einen flüssigkeitsdichten Schutzanzug (Typ 3, 4, 6) über dem permeablen C-Schutzanzug zu tragen.

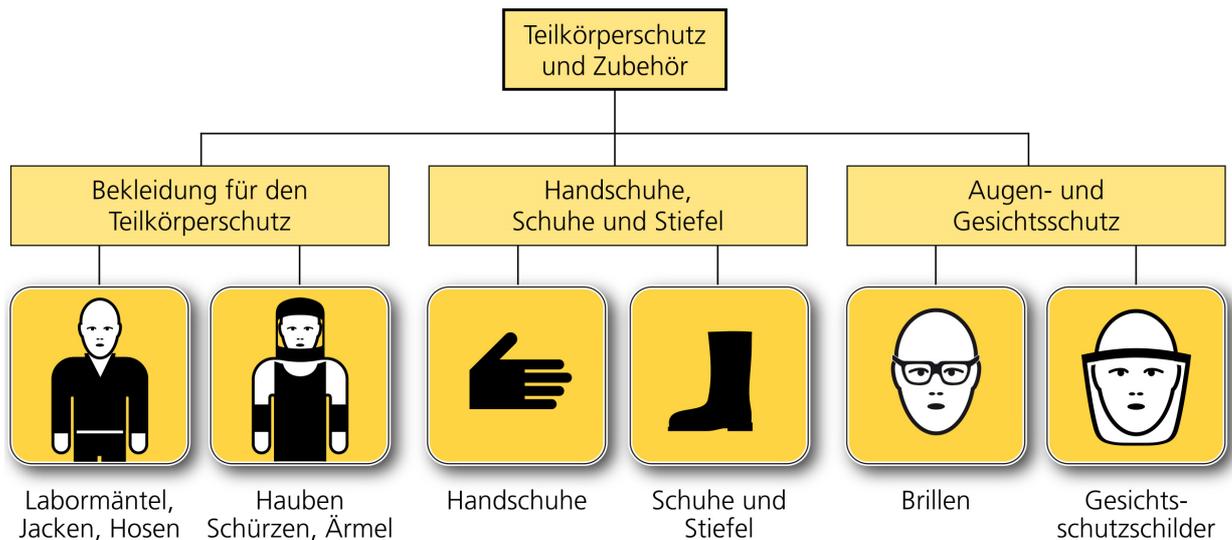
Flüssigkeitsdichter Schutzanzug über dem permeablen Anzug

- +** guter Schutz gegen gasförmige C-Stoffe (C-Kampfstoffe)
- +** Tragkomfort und Wärmeaustausch
 - ⇒ lange Tragzeiten
 - ⇒ Tätigkeiten mit starker körperlicher Belastung
 - ⇒ Einsatz bei warmen Klimabedingungen
- geringer Schutz gegen Flüssigkeiten
- vergleichsweise teuer



3.3.3 Teilkörperschutz und Zubehör

Neben Schutzanzügen (vgl. 3.3.2), welche den gesamten, bzw. grosse Bereiche des Körpers schützen, sind auch Bekleidungen für bestimmte Körperpartien, Schuhe und Handschuhe sowie Augen- und Gesichtsschützer wichtige Elemente der persönlichen Schutzausrüstung. Bei Bekleidungen für den Teilkörperschutz handelt es sich grundsätzlich um Schutzkleidungen gegen flüssige Chemikalien, weshalb die gleichen Anforderungen wie bei flüssigkeitsdichten C-Schutzanzügen gestellt werden. Auch Handschuhe, Schuhe und Stiefel werden entsprechend ihrer Schutzwirkung gegen flüssige Chemikalien klassiert. Die Elemente für den Augen- und Gesichtsschutz werden gemäss den Einwirkungen und Formen der gefährlichen Stoffe gewählt.



3.3.3.1 Bekleidung für den Teilkörperschutz

Bekleidungen für den Teilkörperschutz wie Labormäntel, Jacken, Hosen, Schürzen, Ärmel oder auch unbelüftete Hauben schützen Teile des Körpers gegen **flüssige Chemikalien**. Die Anforderungen an das Material und die Nähte der Bekleidungsteile sind die gleichen wie bei Chemikalienschutzanzügen (siehe 3.3.2.2). Man unterscheidet daher Teilkörperschutzbekleidungen der Typen 3, 4 und 6. Zusätzlich zur analogen Typenbezeichnung wie bei flüssigkeitsdichten C-Schutzanzügen werden die Bekleidungsteile mit dem **Zusatz PB** (Partial Body) bezeichnet:

- **Typ PB[3]**: Schutzkleidung gegen flüssige Chemikalien (flüssigkeitsdicht)
- **Typ PB[4]**: Schutzkleidung gegen flüssige Chemikalien (spraydicht)
- **Typ PB[6]**: Schutzkleidung gegen flüssige Chemikalien (sprühnebel dicht, begrenzt sprühdicht)



3.3.3.2 Handschuhe



Schutz gegen Chemikalien

Handschuhe sind ein wesentliches Element der persönlichen Schutzausrüstung. Sie schützen die Hände sowie je nach Länge auch Teile des Unter- oder Oberarms. Generell müssen Handschuhe eine gewisse mechanische Widerstandsfähigkeit in Bezug auf die Abrieb-, Schnitt-, Weiterreiss- und Durchstichfestigkeit aufweisen [EN 388].

Für den ABC-Schutz sind Schutzhandschuhe gegen Chemikalien und Mikroorganismen von Bedeutung [EN 374]. Solche Handschuhe weisen einen Widerstand gegenüber der Penetration und Permeation durch Chemikalien auf. In Bezug auf den Schutz gegen Mikroorganismen kann davon ausgegangen werden, dass Handschuhe mit einem gewissen Penetrationswiderstand auch einen wirksamen Schutz gegen Mikroorganismen bieten.

Die Schutzhandschuhe werden jeweils mit mehreren Chemikalien geprüft. Anhand der minimalen Widerstandszeit gegenüber den einzelnen Chemikalien ergibt sich jeweils eine Klassifizierung. Daher ist es wichtig im Umgang mit Chemikalien die einzelnen minimalen Widerstandszeiten in der Benutzeranleitung zu studieren, da es vorkommen kann, dass ein Handschuh z.B. gegenüber Ethanol eine minimale Widerstandszeit der Klasse 1 aufweist und gegenüber Formaldehyd eine solche der Klasse 6.

In der Bezeichnung der Handschuhe werden diese in 3 Typen eingeteilt. Diese Einteilung ist abhängig von der Anzahl der Prüfchemikalien, welche mindestens die Klasse 2 erreichen. So erreichen beim Typ A mindestens 6 Prüfchemikalien die Klasse 2, während beim Typ B mindestens 3 Prüfchemikalien diese Klasse erfüllen. Beim Typ C muss mindestens eine Prüfchemikalien die Klasse 1 erreichen.

Leistungsklassen von Handschuhen

	Klasse	Minimale Widerstandszeit
	1	10 Minuten
	2	30 Minuten
	3	60 Minuten
	4	120 Minuten
	5	240 Minuten
	6	480 Minuten



ABC-Schutzmaterial

3.3.3.3 Schuhe und Stiefel

Als Teil der persönlichen Schutzausrüstung müssen Schuhe und Stiefel generell einen guten Halt und einen gewissen Schutz gegen mechanische Einwirkungen bieten. Im Bereich ABC-Schutz werden neben den Anforderungen an den Sitz und die Festigkeit auch Anforderungen bezüglich der Widerstandsfähigkeit gegenüber Chemikalien gestellt.

Entsprechend den Materialien, aus denen sie gefertigt sind, werden Schuhe und Stiefel generell in zwei Klassen eingeteilt:

- **Klasse I** Schuhe aus Leder oder anderen Materialien
- **Klasse II** Vollgummischuhe oder Gesamtpolymerschuhe

Die Schuhe bzw. Stiefel werden aufgrund ihrer Form bzw. der Stiefelhöhe in die Schuhformen A bis E unterteilt. Halbschuhe mit der Schuhform A dürfen nicht als Schutz gegen Chemikalien eingesetzt werden.

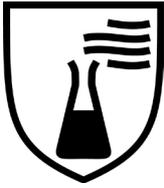


Widerstandsklassen aufgrund des Schuhmaterials und Schuhformen



*Schuhform E ist ein hoher Stiefel (Schuhform D) mit einem zusätzlichen dünnen und undurchlässigen Material zur Verlängerung des Stiefelschafts, welches bei der Anpassung abgeschnitten werden kann.

ABC-Schutzmaterial

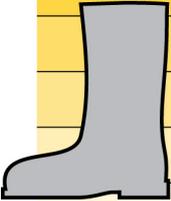


Schuhe zum Schutz gegen Chemikalien [EN 13832]

Schuhe zum Schutz gegen Chemikalien können mit dem entsprechenden Piktogramm gekennzeichnet sein. Die Verwendung des Piktogramms ist jedoch nicht vorgeschrieben. Es werden chemikalienbeständige und hochwiderstandsfähige, chemikalienbeständige Schuhe unterschieden:

- **Chemikalienbeständige Schuhe** [EN 13832-2] schützen die Füße und Beine (Stiefel) vor Kontakt durch **Spritzer**. Sie können aus **unterschiedlichen Materialien** oder Materialkombinationen bestehen (Klasse I und II). Sohlen aus Leder sind jedoch nicht zulässig. Die Schuhe weisen eine Degradationsbeständigkeit gegenüber mindestens **2 Chemikalien** auf.
- **Hochwiderstandsfähige chemikalienbeständige Schuhe** [EN 13832-3] schützen die Füße und Beine (Stiefel) vor Kontakt durch **Flüssigkeiten**. Sie bestehen vollständig aus **Gummi oder Polymeren** (Klasse II) und weisen eine Degradationsbeständigkeit gegenüber mindestens **3 Chemikalien** auf. Sie sind zudem beständig gegen die **Permeation** durch die Prüfchemikalien. Entsprechend der minimal erreichten **Widerstandszeit** bis zum Durchbruch der Chemikalien werden 5 Leistungsstufen unterschieden:

Leistungsstufen von Schuhen und Stiefeln

	Leistungsstufe	Minimale Widerstandszeit
	1	2 Stunden
	2	4 Stunden
	3	6 Stunden
	4	24 Stunden
	5	32 Stunden



Spezielle Anforderungen für Feuerwehreinsätze



Schuhe für die Feuerwehr [EN 15090]

Die Anforderungen an Schuhe für Feuerwehrleute werden durch deren Einsatz (z.B. Brandbekämpfung) und die damit verbundenen Einwirkungen bestimmt. Schuhe für die Feuerwehr können der Klasse I oder II angehören. Sie werden in die folgenden Typen unterteilt:

- **Typ 1:** geeignet für allgemeine technische Hilfsleistungen
- **Typ 2:** schwere Grundschutzausführung für den Einsatz bei Bränden aller Art und Innenangriffen
- **Typ 3:** Sonderschutzversion für den Einsatz bei aussergewöhnlichen Gefährdungen. Es handelt sich immer um hochwiderstandsfähige chemikalienbeständige Vollgummischuhe oder Gesamtpolymerschuhe der Klasse II. Schuhe Typ 3 sind mit "CH" gekennzeichnet. Sie können zusammen mit **Chemikalienschutzanzügen Typ 1a/1b-ET** getragen werden.

ABC-Schutzmaterial

3.3.3.4 Augen- und Gesichtsschutz

Werden die Augen weder durch das Atemschutzgerät, beispielsweise bei einer Vollmaske, noch durch Teile der Schutzkleidung (z.B. Haube) geschützt, müssen sie gegebenenfalls durch ein Augenschutzgerät geschützt werden. Schutzbrillen und Schutzschilde werden unter anderem zum Schutz vor fliegenden Teilchen und Splintern oder optischer Strahlung eingesetzt. Beim ABC-Schutz steht der Schutz vor Flüssigkeiten (Tropfen und Spritzer), Aerosolen (Feinstaub) und Gasen im Vordergrund [EN 166]. Es werden drei Arten von Augenschutzgeräten unterschieden:

Bügelbrille

Bei Bügelbrillen sind die Sichtscheiben in einer Fassung mit Bügeln montiert, wobei zusätzlich auch ein Seitenschutz angebracht sein kann. Bügelbrillen schützen die Augen nur gegen Teilchen und sind deshalb für den ABC-Schutz nicht von Bedeutung.

Korbbrille

Korbbrillen liegen am Gesicht an, wodurch der Augenbereich dicht umschlossen wird. Dadurch wird für die Augen ein Schutz gegen Teilchen, Tropfen und Grobstaub sowie sogar gegen Feinstaub und Gase erreicht.

Gesichtsschutzschild

Der Gesichtsschutzschild deckt das Gesicht vollständig oder zu wesentlichen Teilen ab. Er wird üblicherweise an einem Kopfband, einem Stirnschutz, einem Helm oder einer Schutzhaube oder an einer anderen Haltevorrichtung befestigt. Schutzschilder werden vor allem als Schutz gegen Flüssigkeitsspritzer eingesetzt.

ABC-Schutz erfordert Schutz gegen Flüssigkeiten, Aerosole und Gase



Schutzwirkung gegen	 Bügelbrille	 Korbbrille	 Schutzschild
Teilchen	✓	✓	✓
Tropfen	✗	✓	✗
Spritzer	✗	✗	✓
Grobstaub	✗	✓	✗
Gase und Feinstaub	✗	✓	✗

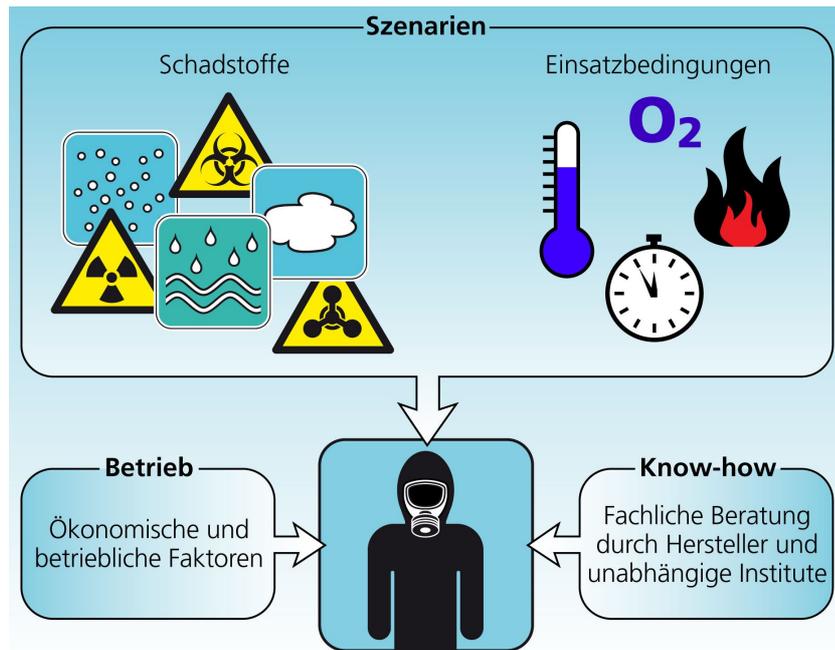
Korbbrillen schützen die Augen gegen eine Vielzahl von Gefährdungen.

4 Hinweise zur Evaluation, Ausbildung, Bewirtschaftung und zum Einsatz

4.1 Evaluation und Beschaffung

Die Kriterien für die Evaluation und Beschaffung der persönlichen Schutzausrüstung sind vielfältig. Neben der ABC-Schutztechnik und den möglichen Einsatzgebieten sind auch die betrieblichen und organisatorischen Randbedingungen sowie die Aspekte der Ausbildung zu berücksichtigen.

Fachleute beiziehen



Bei der Evaluation kann es vorteilhaft sein, auf das **Fachwissen** und die Erfahrung von Herstellern und/oder Spezialisten zurückzugreifen. Das LABOR SPIEZ verfügt über anerkannte und unabhängige Fachleute in den Bereichen kollektiver und persönlicher ABC-Schutz.

4.1.1 Einsatzszenarien

Szenarien beschreiben die Art und Konzentration der Schadstoffe sowie die Einsatzbedingungen

Die Grundlage der Evaluation sind die **Szenarien**, für welche die PSA vorgesehen ist. Mögliche Szenarien sind dabei umfassend zu analysieren und zu definieren. Bei den der Evaluation zu Grunde gelegten Szenarien sind neben den erwarteten Schadstoffen auch die räumlichen und klimatischen Einsatzbedingungen mit den möglichen physiologischen und psychischen Einflüssen zu berücksichtigen.

- Art und Konzentrationen der ABC-Stoffe (Radionuklide, Chemikalien, biologische Agenzien)
- Formen der ABC-Stoffe (Partikel/Aerosole, Flüssigkeiten, Gase/Dämpfe)
- Bedingungen am Einsatzort (Temperatur, Klima, Platzverhältnisse, Sauerstoffgehalt, weitere Einwirkungen)
- Einsatzkräfte (Physiologische und psychische Belastung bzw. Belastbarkeit, Fitness, Ausbildung usw.)

Die möglichen Szenarien, insbesondere die zu erwartende Gefährdung, beeinflussen die Wahl der einzelnen Komponenten der PSA.

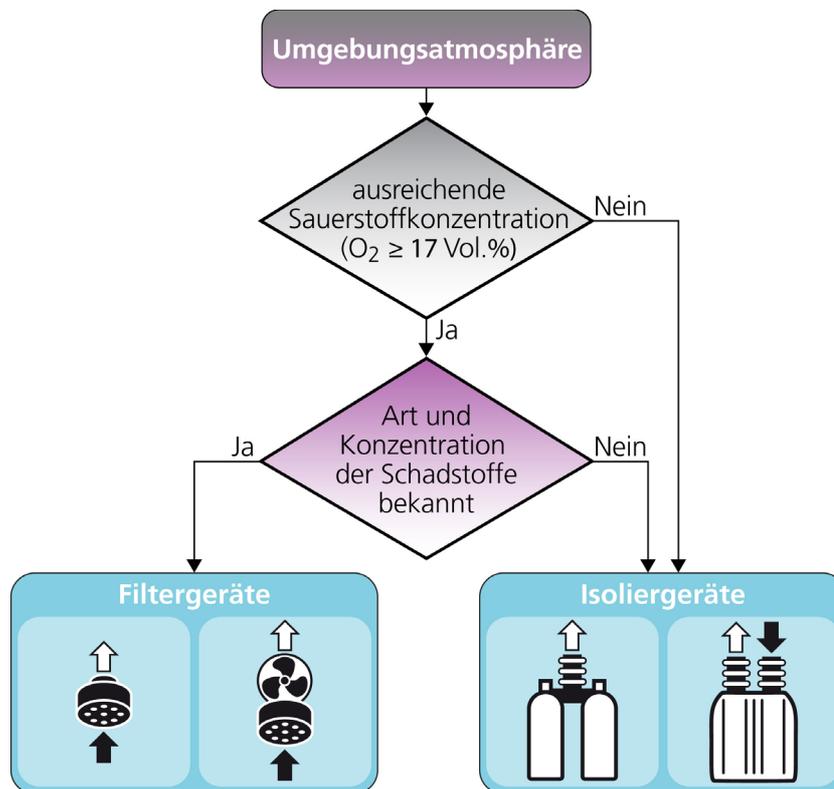
4.1.1.1 Wahl des Atemschutzes

Der Atemschutz ist von primärer Bedeutung ("Atemschutz kommt vor Hautschutz"), weshalb auch die Wahl des Systems für die Atemluftversorgung von zentraler Bedeutung ist.

Ein Einsatz von **Filtergeräten** für die Atemluftversorgung ist grundsätzlich immer an die folgenden Bedingungen geknüpft:

- Der **Sauerstoffgehalt** der Umgebungsatmosphäre muss für die Atmung ausreichend sein ($O_2 \geq 17$ Vol.%). Dies kann beispielsweise bei Brandszenarien nicht gegeben sein.
- Die **Art** und die **Konzentration** der in der Umgebungsatmosphäre vorkommenden **Schadstoffe** muss bekannt sein, so dass geeignete Gasfiltertypen und -klassen eingesetzt werden können.

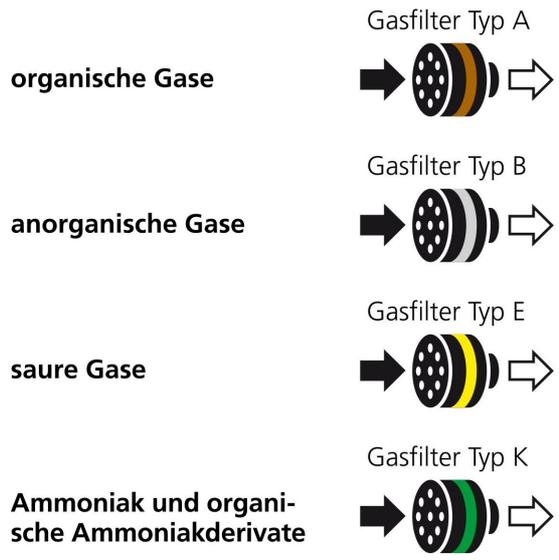
Sind nicht beide Voraussetzungen erfüllt, müssen **Isoliergeräte** für die Atemluftversorgung eingesetzt werden.



Bedingungen für den Einsatz von Filtergeräten

Bei Filtergeräten stellt sich zusätzlich die Frage nach dem zu verwendenden Filtertypen. Wie in Kapitel 3.2.3.3 beschrieben wurde, existieren verschiedene Klassen an Gasfiltern, welche miteinander kombiniert werden können. Diese Möglichkeit erfolgt jedoch auf Kosten des Gewichtes und der Dimension des Filters. Daher kann es sinnvoll sein bei einer bekannten Gefährdung den Filtertyp selektiv auszuwählen. So macht es z.B. wenig Sinn bei einer radioaktiven Gefährdung einen Partikelfilter in Kombination mit einem Gasfilter der Typen ABEK zu verwenden, da die Gefährdung von Partikeln ausgeht und radioaktive Gase (z.B. Radon) durch den Gasfilter nicht zurückgehalten werden.

Gasfilter gegen Stoffe mit
ähnlichem chemischen
Verhalten



4.1.1.2 Wahl des Hautschutzes

Wie beim Atemschutz, so ist auch beim Hautschutz die Wahl der PSA in erster Linie von der Gefährdung abhängig. Wie in Kapitel 3.3.2 präsentiert, existieren Schutzanzüge, welche gegen unterschiedliche Formen der Gefährdung schützen. Der Schutzgrad beeinflusst dabei die körperliche Belastung des Trägers und dadurch auch die Einsatzdauer. Je höher der Schutzgrad der Kleidung ist, desto höher ist die körperliche Belastung und desto kürzer wird die Einsatzdauer. Bei unbekanntem Gefährdungen (Stoff bzw. dessen Konzentration) sollte eine PSA mit dem höchsten Schutzgrad, Chemikalienschutzanzug des Typs 1, gewählt werden, um die Gefährdung in einer ersten Phase abzuklären.

4.1.2 Weitere Faktoren zur Evaluation

Betriebliche und ökonomische Faktoren sowie Aspekte der Ausbildung berücksichtigen

Für die Evaluation und Beschaffung von PSA sind im Weiteren **betriebliche und ökonomische** Faktoren massgebend, wobei diese zahlreiche Schnittbereiche und Abhängigkeiten aufweisen. Es ist wichtig sich im Klaren zu sein, dass die einzelnen Bestandteile der PSA in verschiedenen Grössen verfügbar sind und es daher keine universelle Lösung für alle potenziellen Träger der PSA gibt.

In Bezug auf den Betrieb sind neben der eigentlichen Bewirtschaftung der Schutzausrüstung speziell auch die Aspekte der **Ausbildung** hervorzuheben. Der Einfluss der Ausbildung auf die Wahl der Schutzausrüstung ist aus dem folgenden beispielhaften Vergleich ersichtlich. Während die Atemschutzausbildung für Filtergeräte vergleichsweise einfach ist, erfordert der Einsatz von Isoliergeräten und im Speziellen auch Regenerationsgeräten, einen sehr viel grösseren Ausbildungs- und Trainingsaufwand.

4.2 Hinweise zur Ausbildung

4.2.1 Theoretische und praktische Ausbildung

Sowohl die theoretische als auch die praktische Ausbildung sind entscheidende Elemente, damit die persönliche Schutzausrüstung sicher und optimal eingesetzt werden kann. Nur Personen, welche das Schutzprinzip und die Leistung der Schutzausrüstung kennen und welche ihren Einsatz auch unter **realistischen Bedingungen** trainiert haben, sind in der Lage, die PSA bei einer Gefährdung durch ABC-Stoffe richtig einzusetzen und ihren Auftrag zu erfüllen.

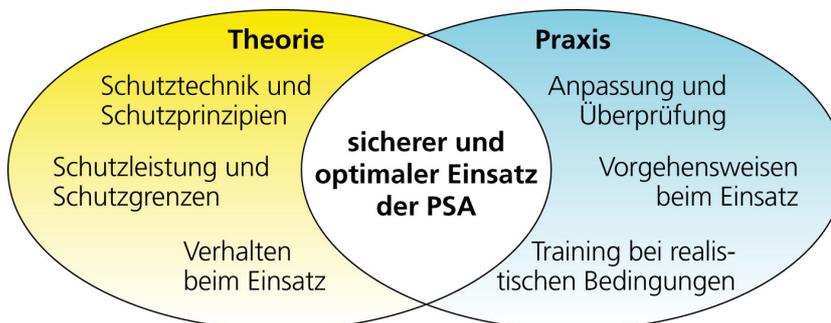
Theoretische und praktische Ausbildung als Grundlage für den sicheren Einsatz

Im Rahmen der **theoretischen Ausbildung** sollten unter anderem die folgenden Themenbereiche behandelt werden:

- Funktion der Schutzausrüstung (Schutzprinzipien und -technik)
- Gefährdungen sowie Leistung und Grenzen des Schutzes
- Verhalten beim Einsatz (aussergewöhnliche Situationen, Defekt der PSA, An- und Ausziehen, Dekontamination usw.)

Neben der Vertiefung der in der Theorie vermittelten Grundlagen verfolgt die **praktische Ausbildung** primär die folgenden Ziele:

- Individuelle Anpassung und Überprüfung der Schutzausrüstung
- Vorgehen beim Einsatz und Training unter möglichst realistischen Bedingungen



Die folgenden Abschnitte enthalten Hinweise zur Ausbildung in den Bereichen **Atemschutz** (0) und **Hautschutz** (4.2.3). Für die Atemschutzausbildung werden Informationen zur Dichtheit sowie Hinweise zur Anpassung und Überprüfung von Atemanschlüssen geliefert. Im Weiteren finden sich Kriterien für die Wahl der Atemluftversorgung sowie Angaben zur Haltezeit von Filtern. Die Hinweise zur Ausbildung im Bereich Hautschutz betreffen vor allem die Dichtheit der Schutzkleidung, das Abkleben von Schutzanzügen und die damit verbundene Verhinderung des Pump-Effekts.

4.2.2 Ausbildung im Bereich Atemschutz

4.2.2.1 Dichtheit von Atemanschlüssen

Individuelle Anpassung des Atemanschlusses

Entscheidend für die Schutzwirkung des Atemschutzes ist der dichte Sitz des Atemanschlusses bzw. der Maske. Zu diesem Zweck muss die Maske genau auf den Träger angepasst werden und die Dichtheit des Atemanschlusses ist konsequent zu überprüfen.

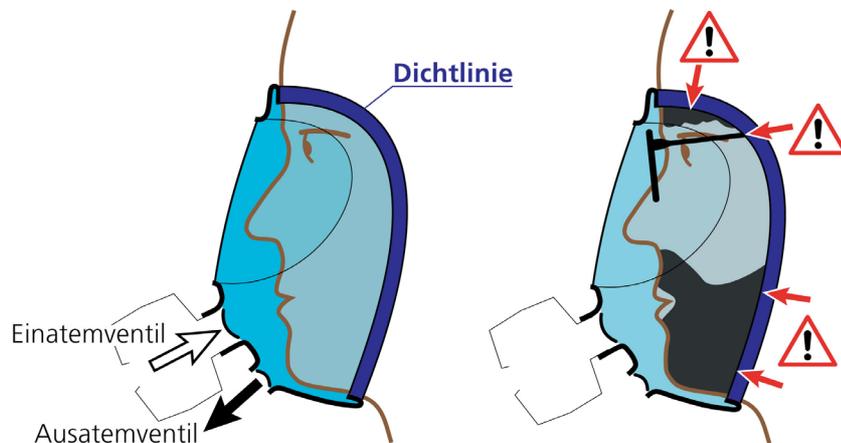
Bei Masken ist die Dichtheit von der Kopf- bzw. Gesichtsform sowie von der Beschaffenheit der Gesichtshaut des Trägers abhängig. Leckagen können entlang der Dichtlinie der Maske auftreten. Bei Halbmasken, welche den Mund, die Nase und das Kinn umschliessen, verläuft die Dichtlinie über den Nasenrücken, die Wangen und unterhalb des Kinns. Bei Vollmasken, welche das ganze Gesicht umschliessen, verläuft die Dichtlinie über Stirn, Wangen und unterhalb des Kinns.

Der einwandfreie Sitz entlang der Dichtlinie ist massgebend

Bärte und Koteletten im Bereich der Dichtlinie von Halb- und Vollmasken beeinträchtigen den dichten Sitz des Atemanschlusses nachhaltig. Auch aufgrund der Kopfform oder bei tiefen Narben kann unter Umständen keine ausreichende Dichtheit erreicht werden.

Bei Vollmasken ist auch darauf zu achten, dass kein Haupthaar im Bereich der über die Stirn verlaufenden Dichtlinie vorhanden ist. Brillen mit Bügeln sind für das Tragen von Vollmasken nicht geeignet. Als Lösung dieser Problematik für Brillenträger existieren Clips, welche in die Maske eingesetzt werden können.

Bartwuchs, Haupthaar und Brillen gefährden die Dichtheit



4.2.2.2 Anpassung und Überprüfung von Schutzmasken

Der dichte Sitz des Atemanschlusses sowie die einwandfreie Funktion der Schutzmaske sind für die Schutzwirkung entscheidend. Die Anpassung der Schutzmaske, die Überprüfung des dichten Sitzes und die Funktionskontrolle (z.B. Ventile, Sprechmembran) der Maske müssen deshalb immer sehr genau durchgeführt werden. Für die Überprüfung können qualitative oder quantitative Testmethoden eingesetzt werden:

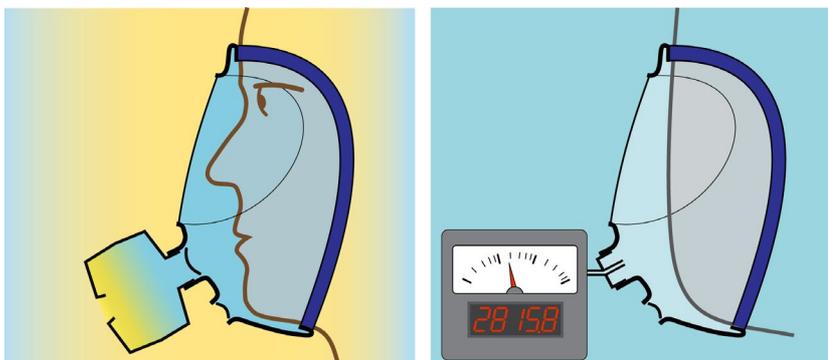
Die **qualitativen Methoden** basieren auf der Sinneswahrnehmung des Menschen. Für die Überprüfung wird die Testperson mit der Maske und einem adäquaten Filter (z.B. ein funktionstüchtiger ÜbungsfILTER) einer mit Geruchs-, Geschmacks- oder Reizstoffen angereicherten Atmosphäre ausgesetzt. Die Dichtheit der Maske ist gegeben, wenn ein gewisser Schwellenwert nicht überschritten wird und die Testperson den Stoff nicht wahrnimmt. Diese, vergleichsweise einfachen Methoden basieren auf der subjektiven, individuell unterschiedlichen Wahrnehmung und sind deshalb nicht sehr genau. Da vereinzelte Personen beispielsweise Isopentylacetat (Bananenöl) nicht riechen oder gegen Tränenreizgas (CS) immun sind, ist zu prüfen, ob die Testperson die eingesetzte Prüfsubstanz überhaupt wahrnehmen kann. Solche Methoden eignen sich zur einfachen Überprüfung des korrekten Sitzes der Schutzmaske.

Bei **quantitativen Methoden** werden die Leckagen von Atemanschlüssen physikalisch mittels Messungen bestimmt. Die Bestimmung der Leckage durch die Messung von Druckdifferenzen oder die Messung von Innen- und Aussenkonzentrationen (z.B. von Aerosolen) kann sehr genau durchgeführt werden. Auch bei Masken mit einem Fit Faktor $>2'000$ (vgl. 3.2.2.2) können Leckagen gemessen werden, welche mit qualitativen Tests nicht erkannt würden. Zur Optimierung des Schutzes im Rahmen der **individuellen Anpassung** der Maske sind solche Messungen deshalb erforderlich. Die im Rahmen der Wartung (Instandhaltung) oder nach einem Einsatz erforderliche **Überprüfung der Funktionstüchtigkeit** der Maske kann effizient auch mit Hilfe von Prüf- oder Kunstköpfen durchgeführt werden.

Überprüfung des Sitzes und Kontrolle der Funktionstüchtigkeit

Subjektive Wahrnehmung von Geruchs-, Geschmacks- oder Reizstoffen

Objektive, messtechnische Bestimmung der Leckage



Subjektive Wahrnehmung und objektive Messung

Qualitative und quantitative Methode zur Überprüfung von Schutzmasken

Qualitative Methoden	Quantitative Methoden
Wahrnehmung von Geruchs-, Geschmacks- oder Reizstoffen mit menschlichen Sinnen	Messung von Druckdifferenzen oder Gaskonzentrationen mit Messmitteln/Messgeräten
Geruchswahrnehmung von Isopentylacetat <i>IPA-Test</i> Geschmackswahrnehmung von Saccharinlösung Wahrnehmung von Reizung durch Tränenreizstoff (CS-Gas) <i>CS-Test</i>	Messung von Druckdifferenzen mit Prüf-/Kunstkopf Messung von Aerosolen mit PortaCount-Methode (LABOR SPIEZ)
Einfache, aber vergleichsweise ungenaue Methoden, mit denen nur Schwellenwerte bestimmt werden können Die Wahrnehmung ist individuell unterschiedlich, so dass Geruchs-, Geschmacks- oder Reizstoffe von einzelnen Personen schlecht oder gar nicht wahrgenommen werden.	Labormethoden, mit denen sich auch geringe, subjektiv nicht wahrnehmbare Undichtheiten nachweisen lassen Geeignet für die Optimierung des Schutzes im Rahmen der individuellen Anpassung der Maske

4.2.2.3 Haltezeit von Filtern

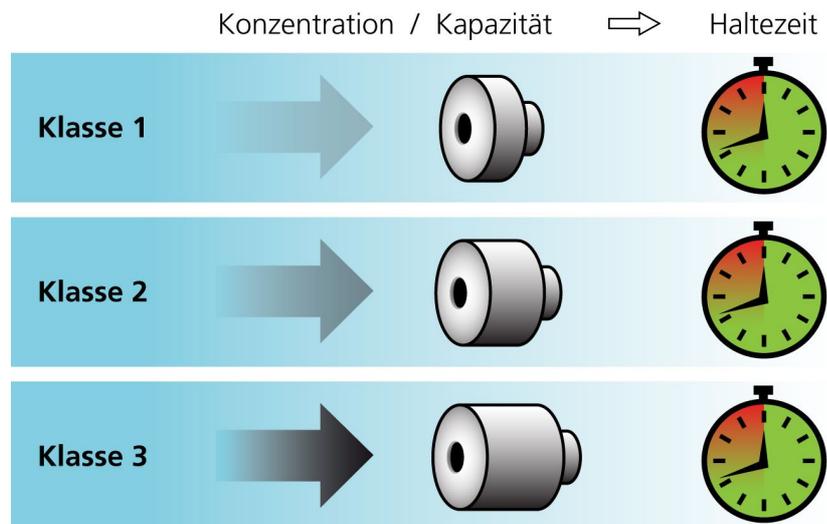
Haltezeit von Filtern

Die Haltezeit von Filtern ist grundsätzlich von deren Kapazität, d.h. von deren Gasaufnahmevermögen abhängig. Gegenüber Filter der Klasse 1 weisen Filter der Klasse 2 eine rund 5mal grössere, solche der Klasse 3, eine etwa 15mal höhere Kapazität auf (vgl. auch 3.2.3.3). Neben dem Gasaufnahmevermögen wird die mögliche Haltezeit der Filter auch massgeblich von der Schadstoffkonzentration beeinflusst.

Konzentration x Zeit = Kapazität

Da das Produkt aus der Gaskonzentration und der Haltezeit grundsätzlich der Kapazität des Filters entspricht, lässt sich die Haltezeit rechnerisch abschätzen.

Haltezeit resultiert aus Gaskonzentration und Filterkapazität



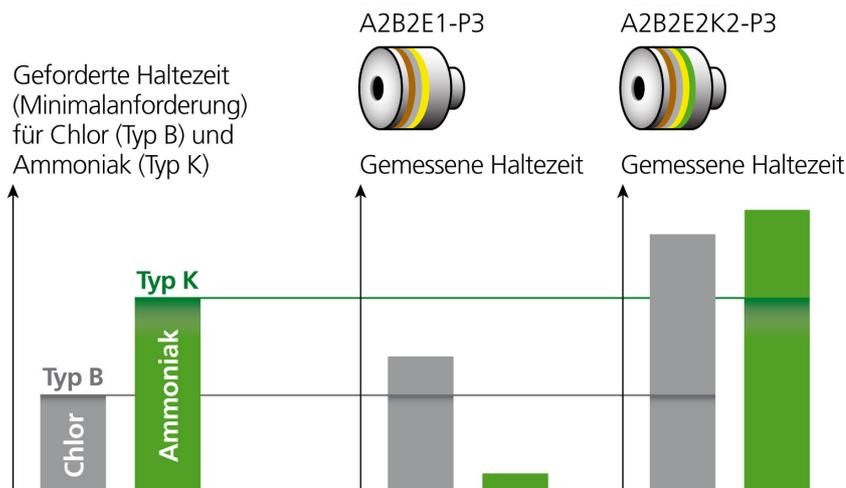
Hinweise zur Evaluation, Ausbildung, Bewirtschaftung und zum Einsatz

Bei den in der Norm EN 14387 geforderten minimalen Haltezeiten handelt es sich um Durchbruchzeiten, welche mittels Prüfungen unter konstanten Laborbedingungen ermittelt werden. Da die Einsatzbedingungen in der Praxis von zahlreichen Faktoren massgeblich beeinflusst werden und weil diese Bedingungen bei einem Einsatz oftmals auch nicht bekannt sind, dürfen die Haltezeiten gemäss EN 14387 nicht als Einsatzzeiten angesehen werden. Im Weiteren differieren die Durchbruchzeiten von Filtern auch herstellerspezifisch. Als Faustregel kann aber davon ausgegangen werden, dass die minimale Haltezeit von Gasfiltern im Allgemeinen **30 ... 60 Minuten** beträgt.

In der folgenden Abbildung sind die Haltezeiten für einen Filter, welcher für **chemische Kampfstoffe (CWA)** ausgerichtet ist und einen ABEK-Filter für **toxische Industriechemikalien (TIC)**, für die Beaufschlagung mit **Chlor** und mit **Ammoniak** dargestellt. Dabei sind sowohl die Minimalanforderungen nach EN 14387 als auch die im Labor gemessenen Haltezeiten der Filter aufgezeichnet. Es ist ersichtlich, dass der CWA-Filter im Gegensatz zum ABEK-Filter keinen Schutz vor Ammoniak bietet.

Im Labor ermittelte Durchbruchzeiten dürfen nicht als Einsatzzeiten angesehen werden.

**Faustregel:
30 ... 60 Minuten Haltezeit**



Geforderte und gemessene Haltezeiten der Filter SF90 und ABEK-SF04 bei Chlor und Ammoniak

4.2.3 Elemente der Ausbildung im Bereich Hautschutz

4.2.3.1 Dichtheit der Schutzkleidung



Schutzkleidung mit abgeklebten Übergängen

Für den Hautschutz ist die Dichtheit der Schutzkleidung massgebend. Die Dichtheit der Schutzkleidung ist einerseits davon abhängig, wie ABC-Stoffe das Material der Schutzkleidung mittels Penetration und/oder Permeation zu durchdringen vermögen (vgl. 3.1.2). Der Gesamtschutzfaktor hängt im Weiteren aber auch massgeblich von der Dichtheit der Übergänge zwischen den verschiedenen Teilen der Schutzkleidung ab. Dies betrifft insbesondere die folgenden Übergänge:

- Kapuze (Schutzkleidung) – **Maske** (Atemanschluss)
- Jacke bzw. Ärmel (Schutzkleidung) – **Handschuhe**
- Hose bzw. Hosenbeine (Schutzkleidung) – **Stiefel**

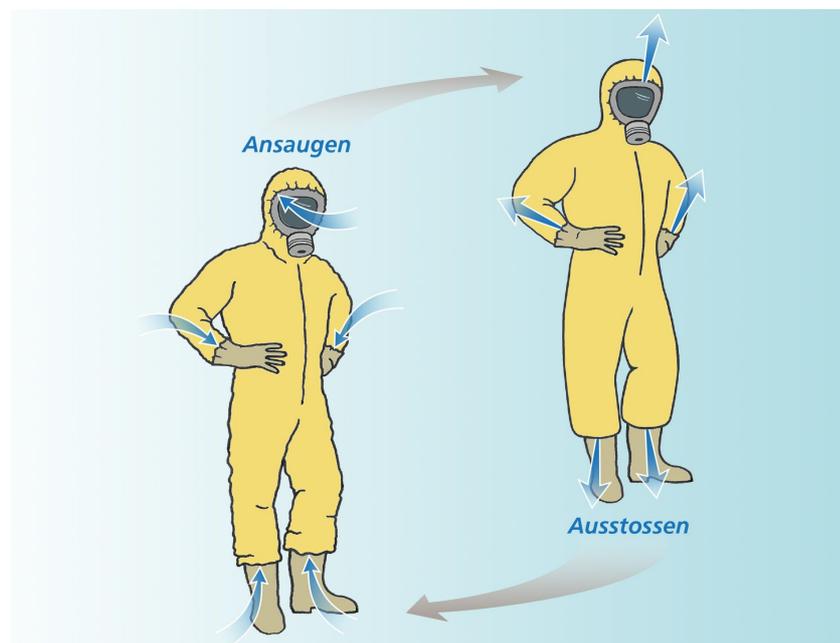
Zur Gewährleistung bzw. Verbesserung der Dichtheit der Schutzkleidung sind diese Übergänge sowie auch allenfalls vorhandene Verschlüsse der Schutzkleidung vor dem Einsatz mit einem chemikalienbeständigen Klebeband abzukleben.

Zur Bestimmung des Gesamtschutzfaktors existiert die Prüfmethode MIST (Man-In-Simulant Test), bei welchem das Schutzsystem mittels eines Simulantsstoffes (z.B. Methylsalicylat) geprüft wird.

4.2.3.2 Pump-Effekt

Neben einer Verbesserung der Dichtheit der Schutzkleidung verhindert bzw. reduziert das Abkleben auch den sogenannten "Pump-Effekt". Damit wird das "Pumpen" bezeichnet, welches durch eine Veränderung des Volumens des Schutzanzugs - hervorgerufen durch die Bewegungen des Anzugträgers - auftritt. Bei der Volumenverringerung bzw. Kompression wird dabei Luft aus dem Innern des Schutzanzugs durch dessen Leckstellen **ausgestossen**. Eine nachfolgende Volumenvergrösserung hat dann das **Ansaugen** von allenfalls kontaminierter Aussenluft zur Folge.

Pump-Effekt bei nicht abgeklebten Übergängen



Hinweise zur Evaluation, Ausbildung, Bewirtschaftung und zum Einsatz

Insbesondere bei Schutzanzügen aus impermeablen Materialien kann der Pump-Effekt ausgeprägt sein und die Schutzleistung der Kleidung nachhaltig reduzieren oder ganz zunichtemachen.

Durch eine gut sitzende Schutzkleidung wird der Pump-Effekt verringert. Zudem erleichtert eine gut sitzende Schutzkleidung auch die Arbeit.

Verstärkter Pump-Effekt bei impermeablen Materialien

Verringerter Pump-Effekt bei gut sitzender Schutzkleidung

4.3 Hinweise zum Einsatz

Die folgenden Grundsätze bzw. Vorkehrungen sind für den Einsatz der persönlichen Schutzausrüstung und zur Gewährleistung eines optimalen Schutzes von entscheidender Bedeutung:

- Nur einsatzbereites Schutzmaterial einsetzen
- Abkleben der Schutzausrüstung
- Überprüfung der Funktionstüchtigkeit und Dichtheit der Schutzausrüstung

4.3.1 Schutzmaterial

Für den Einsatz ist immer neues bzw. richtig unterhaltenes, kontrolliertes und eingelagertes Schutzmaterial zu verwenden. Auf keinen Fall darf Schutzmaterial eingesetzt werden, welches nicht vollständig Instand gesetzt und als "*nicht einsatzbereit*" gekennzeichnet ist (vgl. auch 4.4.2). Für den Einsatz sind insbesondere auch immer **neue luftdicht verpackte Gasfilter** zu verwenden, deren Haltbarkeitsdatum nicht überschritten ist.



Zur Verbesserung des Komforts und aus hygienischen Gründen empfiehlt es sich unter den Schutzhandschuhen aus Gummi zusätzlich Handschuhe aus Baumwolle zu tragen. Baumwollhandschuhe können den Schweiß aufnehmen und verhindern allfällige allergische Reaktionen gegenüber Gummi.



Zum Schutz gegen mechanische Einwirkungen können über den Gummihandschuhen auch stabile Schutzhandschuhe getragen werden.

Kontrolle vor dem Einsatz

4.3.2 Überprüfung der Funktionstüchtigkeit und Dichtheit

Vor dem Einsatz ist die Schutzausrüstung hinsichtlich ihrer Funktionstüchtigkeit und der Dichtheit zu kontrollieren. Die folgenden Punkte sind dabei zu überprüfen:

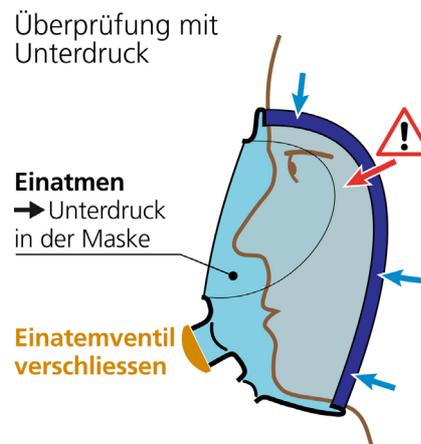
- Sämtliche Verschlüsse geschlossen
- Beschädigungen wie Bruchstellen, Risse, Löcher usw.
- Bei der Dichtlinie der Maske eingeklemmte Haare
- Korrekter Sitz der Masken-Bänder
- Vollständige und dichte Abklebungen
- Dichtheit der Maske ⇒ Überprüfung des Atemanschlusses

Überprüfung des Atemanschlusses

Zur Kontrolle der Dichtheit der Maske wird durch die Atmung ein Unterdruck in der Maske erzeugt. Dazu wird das Einatemventil - beispielsweise mit der Handfläche - verschlossen.

kein Einströmen von Luft in die Maske

- Bei der **Überprüfung mit Unterdruck** wird der Anschluss für die Atemluftversorgung (z.B. Filteranschluss) beim Einatemventil verschlossen. Danach wird durch tiefes Einatmen und Anhalten der Luft ein Unterdruck in der Maske erzeugt. Bei einer dichten Maske darf keine Luft über den Dichtrand der Maske einströmen und der Unterdruck muss erhalten bleiben.



Als zusätzliche Massnahme um den Dichtsitz der Maske potenziell zu verbessern, kann vor der Überprüfung das Ausatemventil mit der Handfläche verschlossen und kräftig ausgeatmet werden. Dabei hebt sich die Maske leicht vom Gesicht und allfällige Schadstoffe, welche sich in der Maske befinden, entweichen aus dieser. Da sich die Maske beim Wiederverschliessen meistens besser an das Gesicht anschmiegt, kommt es zu einem besseren Dichtsitz.

Als Alternative bzw. weitere Methode zur Überprüfung des Dichtsitzes eignen sich Prüfungen mit Geruchsstoffen wie z.B. Isopentylacetat (siehe 4.2.2.2).

4.3.3 Verhalten während dem Einsatz

Mit besonnenem und gezieltem Verhalten im Einsatz können Gefährdungen reduziert werden. Insbesondere zu vermeiden sind unnötige Berührungen (Anfassen) und speziell auch der Kontakt mit Flüssigkeiten. Im Weiteren ist zu beachten, dass Schadstoffe mit kontaminierten Schuhen und Handschuhen nicht verschleppt und durch zielloses Herumlaufen diffus verteilt werden.

Durch das Vermeiden von Hektik im Einsatz ist es zudem leichter möglich, das Gefahrenumfeld im Auge zu behalten, Veränderungen der Gefährdungssituation zu erkennen und angemessen darauf zu reagieren.

Verspürt der Träger der PSA aufgrund der physischen und/oder psychischen Belastung ein Unwohlsein oder gar eine Panik, muss er die Gefahrenzone (kontaminierte Zone) unverzüglich und in Begleitung verlassen.

Ruhig und besonnen handeln
Kontakt mit Flüssigkeiten vermeiden

Keine Verschleppung von Schadstoffen

Gefahrenzone bei Schwierigkeiten mit Begleitung verlassen



4.3.4 Vorgehen nach dem Einsatz

4.3.4.1 Grundsätze

Bei der **Dekontamination**, dem **Ausziehen** und dem **Sammeln und Deponieren** der Persönlichen Schutzausrüstung (PSA) nach dem Einsatz sind die folgenden Grundsätze zu beachten:

Keine Gefährdungen durch Schadstoffe

Keine Verschleppung von Schadstoffen

- Sowohl die Einsatzkräfte als auch die ausserhalb der kontaminieren Zone eingesetzten Helfer dürfen durch die an der persönlichen Schutzausrüstung und/oder an Geräten haftenden Schadstoffe nicht gefährdet werden.
- Die Verschleppung und (diffuse) Verteilung von Schadstoffen mit Schutzausrüstungen und/oder für die Dekontamination verwendeten Mittel und Materialien ist zu vermeiden.

Das Vermeiden einer unkontrollierten Verschleppung und Verteilung von Schadstoffen hat letztlich auch zum Ziel, die Gefährdung von Personen zu minimieren.

Grundsätze bei allen Tätigkeiten beachten

Tätigkeiten nach dem Einsatz	Grundsätze	
	Keine Gefährdung durch Schadstoffe	Keine Verschleppung von Schadstoffen
Dekontamination der PSA (Personendeko)	PSA für Helfer	Kontrolle von Waschwasser und Dekontaminationsmaterial
Ausziehen der PSA	PSA für Helfer Zeitlich und räumlich gestaffeltes Vorgehen	Tätigkeiten räumlich klar abgegrenzt
Sammeln/Deponieren der PSA	PSA für Helfer	Koordinierte Handhabung der PSA

4.3.4.2 Dekontamination der PSA

Dekontamination wird durch die Einsatzleitung geführt

Bei der Personendekontamination nach einem Einsatz wird die PSA durch Abspritzen, Abwaschen und Abbürsten dekontaminiert. Die Dekontamination ist vom Einsatz und von der Kontamination der Einsatzkräfte abhängig. Sie muss von der Einsatzleitung angeordnet, koordiniert und geführt werden.

Die für die Dekontamination eingesetzten Helfer dürfen keiner Gefährdung durch Schadstoffe ausgesetzt sein, weshalb sie sich mit einer adäquaten Schutzausrüstung schützen müssen. Zudem ist zu beachten, dass Schadstoffe nicht durch das für die Dekontamination verwendete Waschwasser und/oder das Reinigungsmaterial (z.B. Bürsten) verschleppt werden.

4.3.4.3 Ausziehen der PSA

Das Ausziehen der PSA muss nach einem klar geregelten Ablauf (Reihenfolge) und räumlich gestaffelt erfolgen. Die einzelnen Teile der Schutzausrüstung sind wie folgt auszuziehen:

In einem ersten Schritt werden die Abklebungen entfernt. Danach werden die Stiefel (allenfalls die Überstiefel) ausgezogen. Es ist darauf zu achten, dass Bereiche, welche mit den Stiefeln betreten wurden und darum allenfalls durch Schadstoffe an den Schuhen kontaminiert worden sind, nicht mehr betreten werden.

Mit den Handschuhen wird der Schutzanzug ausgezogen. Das nachfolgende Ausziehen der Handschuhe muss sorgfältig durchgeführt werden, da die kontaminierten Aussenseiten der Handschuhe mit den Händen nicht berührt werden dürfen. Damit die Handschuhe an der Innenseite angefasst werden können, können die Stulpen der Handschuhe umgestülpt werden. Die Handschuhe können auch von einem geschützten Helfer ausgezogen werden.

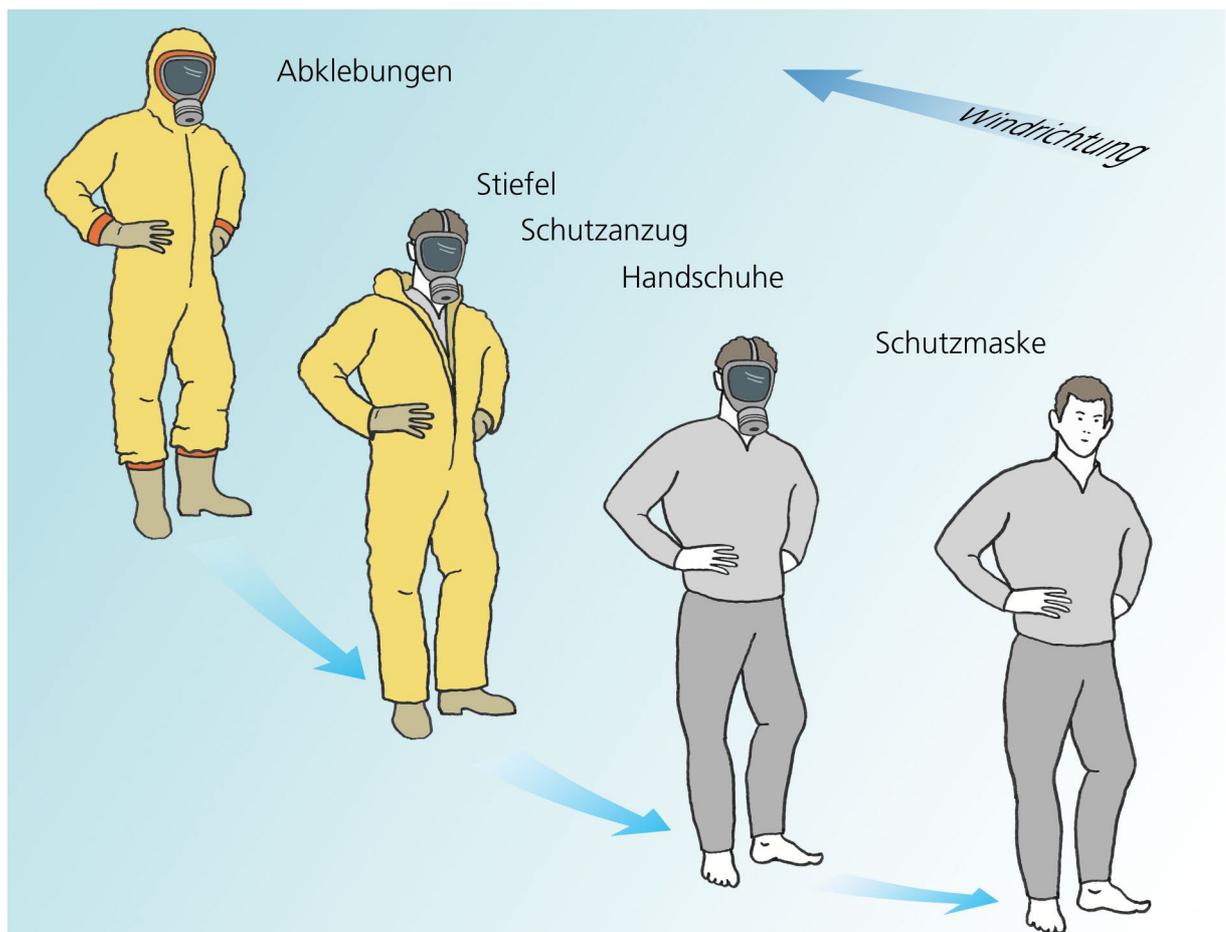
Um eine Gefährdung durch von der Schutzkleidung desorbierte Schadstoffe zu vermeiden, ist die **Schutzmaske immer am Schluss** und in einem sicheren Bereich auszuziehen. Wird die Schutzausrüstung im Freien ausgezogen, ist aus diesem Grund auch die Windrichtung zu beachten.

Ausziehen der PSA zeitlich (Reihenfolge) und räumlich gestaffelt

Durch Schadstoffe an Schuhen kontaminierte Stellen nicht mehr betreten

Handschuhe nicht an der Aussenseite anfassen

Schutzmaske immer zuletzt ausziehen



Insbesondere bei **Einweganzügen** lässt sich das möglichst gefahrlose Öffnen und Ausziehen des Anzugs dadurch erreichen, dass dieser von einem Helfer im Schulter- und Rückenbereich aufgeschnitten wird.

Aufschneiden von Einweganzügen

Maske nur an der Bänderung halten

Maskenaussenseite und Filter nicht anfassen

Die **Schutzmaske** darf erst am Schluss ausgezogen werden. Nach Möglichkeit sollte dabei ein Helfer mit Handschuhen behilflich sein. Beim Ausziehen der Maske ist zu beachten, dass die Vorderseite der Maske und der Filter kontaminiert sein können. Nicht kontaminiert sind die Kopfbänder oder das Kopfnetz, da sie durch die Kapuze des Anzugs bzw. der Jacke geschützt waren. Die Maske ist aus diesem Grund nur an der Bänderung anzufassen. Nachdem diese gelöst wurde, ist die Maske an den Bändern zu halten und dann nach vorne über den Kopf auszuziehen. Keinesfalls darf die Maske am Filter gehalten und dann nach hinten ausgezogen werden.

Ausziehen der Schutzmaske



Schutzausrüstung aus dem Einsatz kann kontaminiert sein

- ⇒ Handhabung mit PSA
- ⇒ Fachgerechte Entsorgung

4.3.4.4 Sammeln und Deponieren der PSA

Die nach dem Einsatz ausgezogene Schutzausrüstung ist sorgfältig und aufgrund der möglichen Kontamination der Schutzausrüstung auch mit der entsprechenden Vorsicht zu behandeln. Die Personen, welche die Schutzausrüstungen nach dem Einsatz einsammeln, dekontaminieren, deponieren oder entsorgen, müssen sich deshalb ebenfalls mit einer PSA schützen.

Teile der Schutzausrüstung, welche nicht weiterverwendet werden dürfen (Filter, Handschuhe, Einweganzüge), sind fachgerecht zu entsorgen. Schutzausrüstungen, welche wieder verwendet werden, müssen dekontaminiert, Instand gesetzt (4.4.2) und korrekt eingelagert werden (0).

4.4 Hinweise zur Bewirtschaftung

4.4.1 Übersicht

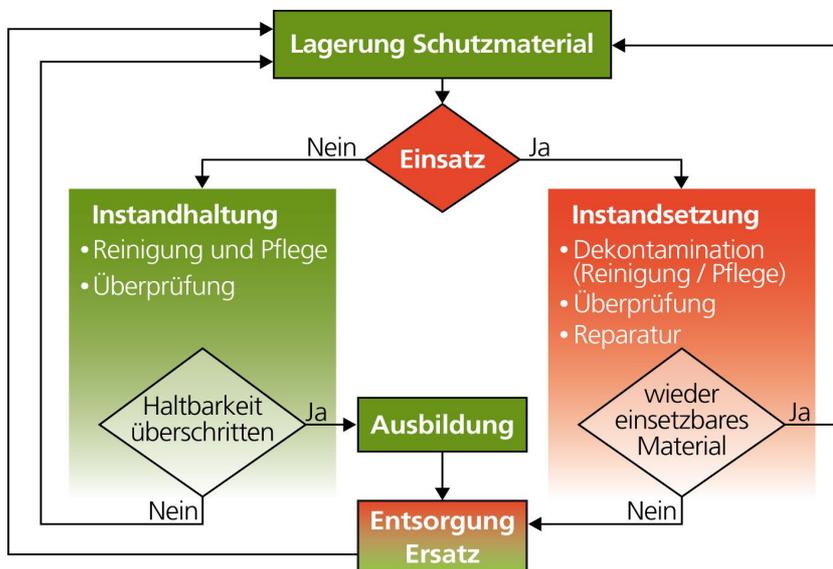
Die Bewirtschaftung der Schutzausrüstung umfasst die **Lagerung** und die **Instandhaltung** sowie die **Instandsetzung** nach einem Einsatz. Die Angaben der Hersteller bezüglich der Haltbarkeit sowie der Reinigung und Pflege sind zu berücksichtigen.

Die Instandhaltung beinhaltet neben der Reinigung und Pflege die periodische Überprüfung des gelagerten Schutzmaterials. Teile der Schutzausrüstung - beispielsweise Filter - bei denen die Haltbarkeit überschritten ist, dürfen nicht mehr für Ernstfalleinsätze verwendet werden und müssen klar gekennzeichnet werden. Sie können jedoch noch für die Ausbildung eingesetzt werden.

Die Instandsetzung der Schutzausrüstung nach einem Einsatz umfasst die Dekontamination, die Überprüfung sowie allfällige Reparaturen. Nicht wieder einsetzbares Material muss fachgerecht entsorgt und falls erforderlich ersetzt werden.



Material bei überschrittener Haltbarkeit nur noch für Ausbildung einsetzen



Bewirtschaftung der Schutzausrüstung

4.4.2 Instandsetzung

Bei der Instandsetzung der ABC-Schutzausrüstung nach einem Einsatz muss generell davon ausgegangen werden, dass die Schutzausrüstung kontaminiert ist. Schutzmaterial, welches wieder verwendet wird, muss deshalb dekontaminiert und Instand gesetzt werden. Diejenigen Elemente der Schutzausrüstung, welche nicht mehr eingesetzt werden können, sind fachgerecht zu entsorgen.

Das nachfolgend angegebene Schutzmaterial darf nach einem Einsatz nicht wieder verwendet werden und ist darum zu entsorgen und gegebenenfalls zu ersetzen:

- **Benützte Gasfilter** sind in jedem Fall zu entsorgen. Da vom Filtermittel adsorbierte Schadstoffe auch wieder desorbiert werden können, ist die fachgerechte Entsorgung wichtig. **Nasse Gasfilter** müssen ebenfalls entsorgt werden, da sie auch nach dem Trocken nicht mehr einsatzfähig sind.
- **Einweganzüge** und **Handschuhe** sind nach Möglichkeit zu ersetzen.

Es ist davon auszugehen, dass die PSA nach einem Einsatz kontaminiert ist.

Benützte und nasse Filter entsorgen

Schutzmaterial, welches wieder verwendet werden kann, muss dekontaminiert, überprüft und Instand gesetzt sowie gereinigt und gepflegt werden, bevor es eingelagert wird.

Schadstoffe können während längerer Zeit desorbiert werden

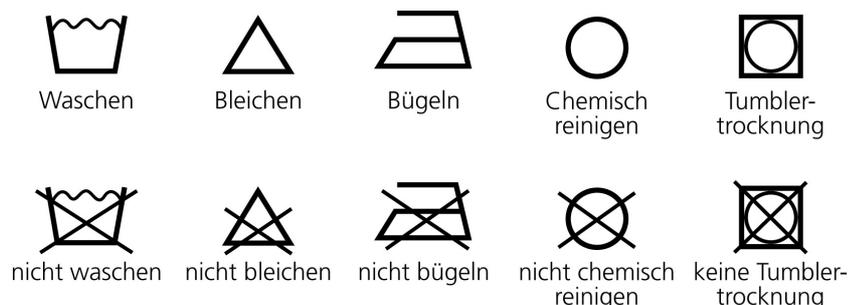
- Bei der **Dekontamination** ist darauf zu achten, dass von der Schutzausrüstung adsorbierte Schadstoffe nicht verschleppt werden. Da vom Material adsorbierte Schadstoffe unter Umständen zudem noch während Tagen wieder abgegeben (desorbiert) werden, sind beispielsweise Schutzanzüge lange und gründlich zu **lüften**.
- Die Instandsetzung nach der Dekontamination umfasst sowohl den **Ersatz** von entsorgten Elementen der Schutzausrüstung (z.B. Gasfilter) als auch den Ersatz von aufgebrauchten Materialien und Stoffen (z.B. Befüllung von ASG mit Atemluft, Aufladen von Batterien). Schutzausrüstungen, bei denen dies nicht durchgeführt wurde, sind nicht einsatzbereit und dementsprechend klar zu kennzeichnen.
- Im Rahmen der Instandsetzung nach einem Einsatz ist die Schutzausrüstung hinsichtlich ihrer Funktionstauglichkeit zu **überprüfen** und gegebenenfalls zu **reparieren**. Dabei sind insbesondere Atemanschlüsse auf Leckstellen sowie auch Schutzkleidungen auf Beschädigungen (Risse, Löcher) zu kontrollieren. Defekte Schutzausrüstungen sind nicht einsatzbereit und dementsprechend klar zu kennzeichnen.
- Für die **Pflege und Reinigung** der Schutzausrüstung sind die auch für die Instandhaltung (vgl. 0) massgebenden Gebrauchs-, Pflege- und Waschanleitungen des Herstellers zu beachten.

Nicht Instand gesetzte Schutzausrüstung klar kennzeichnen

Herstellerangaben beachten

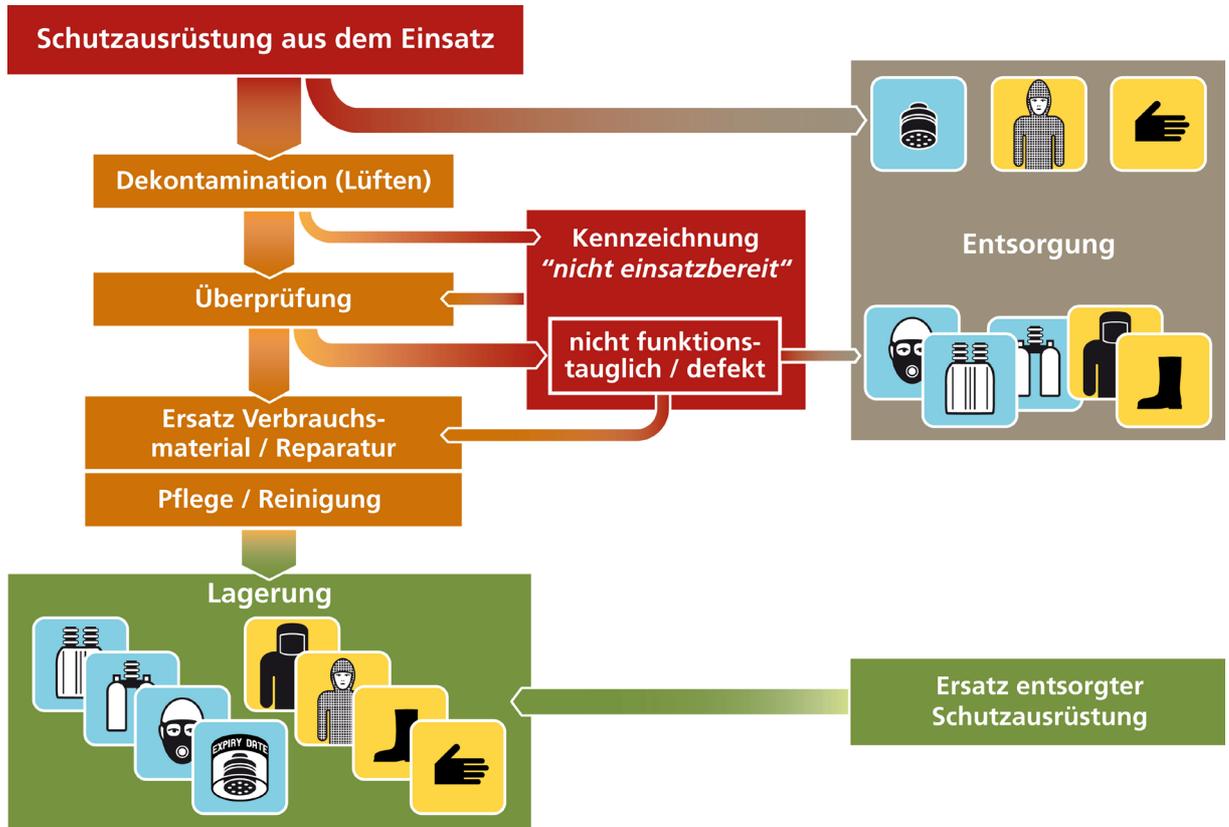
Bei Schutzkleidungen, die gewaschen bzw. gereinigt werden können, sind die Angaben der Hersteller in Bezug auf die Reinigungsmethoden und die Reinigungsmittel zu befolgen (Waschvorschriften). Dabei sind die von den Herstellern angegebenen Kennzeichnungen für die Pflege zu beachten. Es handelt sich dabei um die internationalen Symbole für die Pflege von Textilien. Zum Teil bieten die Hersteller für die Reinigung und Pflege der Schutzausrüstung komplette Systeme bestehend aus speziellen Waschmaschinen, Trocknungsanlagen sowie Reinigungs- und Desinfektionsmitteln an.

Symbole für die Pflege von Textilien



Die folgende Grafik gibt eine Übersicht über die Instandsetzung der Schutzausrüstung nach einem Einsatz.

Instandsetzung der Schutzausrüstung



4.4.3 Lagerung und Instandhaltung

4.4.3.1 Atemschutzgeräte

Vor schädigenden Einflüssen geschützt lagern

Atemschutzgeräte müssen grundsätzlich so gelagert werden, dass sie vor schädigenden Einwirkungen wie Staub, Feuchtigkeit, thermischen und mechanischen Einwirkungen oder vor Sonnenlicht (UV-Strahlung) und Ozon geschützt sind.

Nicht einsatzbereite Geräte entsorgen oder klar kennzeichnen

Nicht einsatzbereite Atemschutzgeräte müssen entweder fachgerecht entsorgt oder gesondert gelagert und dabei eindeutig und klar gekennzeichnet werden.

Luftdicht verschlossen lagern und Haltbarkeit beachten

Filtergeräte

Gasfilter (Aktivkohle) sind möglichst gasdicht verschlossen und **vor Feuchtigkeit geschützt** zu lagern. Starke Temperaturschwankungen bei der Lagerung sind zu vermeiden.



Die vom Hersteller angegebene **Lagerfähigkeit** von Gasfiltern ist zu beachten. Ist diese überschritten, sind auch unbenützte Filter zu entsorgen. Allenfalls können solche Filter noch zu Ausbildungszwecken verwendet werden. Sie sind jedoch eindeutig als "*Ausbildungsfilter*" zu kennzeichnen und getrennt von den Einsatzfiltern zu lagern.

Nicht einsatzbereite Geräte getrennt lagern

Isoliergeräte

Nicht einsatzbereite Isoliergeräte sind klar zu kennzeichnen und möglichst getrennt von den einsatzbereiten Geräten zu lagern. Bestandteile von Isoliergeräten (z.B. Regenerationspatronen) müssen nach Ablauf der Lagerfrist ersetzt werden, auch wenn sie noch nicht benützt wurden.

Aufhängen verhindert Beschädigungen

4.4.3.2 Schutzkleidung

Schutzkleidung ist so zu lagern, dass keine Beschädigungen durch Druckstellen oder Falten entstehen können. Um die mechanische Beanspruchung zu reduzieren, kann es sinnvoll sein, die Schutzkleidung aufzuhängen.

Luftdicht verschlossen lagern

Permeable Schutzanzüge sind gleich wie **Gasfilter** verschlossen und vor Feuchtigkeit und starken Temperaturschwankungen geschützt zu lagern.

5 Anhang

5.1 Begriffe

Aerosol

Suspension fester und/oder flüssiger Partikeln in einem gasförmigen Medium, die eine vernachlässigbare Fallgeschwindigkeit (im Allgemeinen $< 0,25$ m/s) haben

Degradation

Auch als *Degradierung* bezeichneter Vorgang, der allgemein die Verringerung eines Werts oder einer Eigenschaft, bei Schutzausrüstungen die Zersetzung von Materialien bezeichnet

dermal

Medizinischer Begriff, welcher zur Haut zugehörig bzw. durch Hautanteile gebildet und über die Haut angewendet, bezeichnet.

⇒ *perkutan*

Dosis

Menge einer Strahlung (A), eines Pathogens (B) oder eines Stoffes (C), welche einem Organismus zugeführt wird.

Fit Faktor

Der Fit Faktor ist ein Mass für den Dichtsitz einer Atemschutzmaske. Er beschreibt das Verhältnis der Aussenkonzentration zur Innenkonzentration eines Prüfstoffes und ist somit der Kehrwert der nach innen gerichteten Leckage.

Pathogenität

In der Mikrobiologie wird damit die Fähigkeit eines Pathogenes (z.B. Bakterium, Virus) bezeichnet, bei einem bestimmten Wirt als Krankheitserreger eine Erkrankung hervorzurufen.

perkutan

Medizinischer Begriff, welcher auf den Weg durch oder über die Haut hinweist. Er bezeichnet die Wirkrichtung (Applikationsform) von Medikamenten, aber auch von Schadstoffen. ⇒ *dermal*

Penetration

Vorgang, bei dem flüssige, gasförmige sowie partikel- und aerosolförmige Stoffe permeable (durchlässige) Materialien durch Poren und Löcher (nicht molekular) durchdringen

Permeabilität

Durchlässigkeit von Festkörpern für Gase und/oder Flüssigkeiten. Ist ein Körper nicht durchlässig, spricht man von *Impermeabilität*.

Permeation

Vorgang, bei dem ein flüssiger oder gasförmiger Stoff (Permeat) einen Festkörper auf der molekularen Ebene durchdringt

Pump-Effekt

Durch Bewegungen beim Tragen von Schutzanzügen und die damit verbundenen Volumenänderungen hervorgerufener Effekt, bei dem Gase und Aerosole aus der Umgebung durch undichte Stellen des Anzugs angesogen und wieder ausgestossen werden

Schutzfaktor

Der Schutzfaktor ist wie der Fit Faktor der Kehrwert der nach innen gerichteten Leckage. Beim Atemschutz handelt es sich um einen

Anhang

Wert, welcher die erwartete Dichtigkeit eines Atemanschlusses in 95% aller Fälle beschreibt. Im Falle der Schutzkleidung beschreibt es den Dichtsitz der Schutzkleidung. Es wird dabei zwischen lokalem Schutzfaktor und Gesamtschutzfaktor unterschieden.

Sorption

Die Sorption ist ein Sammelbegriff für die Vorgänge, welche zu einer Anreicherung eines Stoffes an bzw. innerhalb einer Phase führt. Es wird dabei zwischen Adsorption und Absorption unterschieden. Bei der Adsorption reichert sich der Stoff an der Oberfläche einer Phase an, während bei der Absorption die Anreicherung innerhalb einer Phase stattfindet. Bei der Adsorption findet die Anreicherung entweder über physikalische Wechselwirkungen (Physisorption) oder über chemische Wechselwirkungen (Chemisorption) statt.

Tenazität

Fähigkeit eines Mikroorganismus unter nicht optimalen Bedingungen (ausserhalb seiner gewohnten Umgebung) zu überleben. Sie ist von verschiedenen Eigenschaften (z.B. geringe Temperaturempfindlichkeit, hohe pH-Toleranz) abhängig.

Totvolumen

Auch *Totraum* genanntes Volumen, in welchem kein oder nur ein unvollständiger Gasaustausch erfolgt. Ausgeatmetes CO₂ kann sich im Totvolumen von Atemluftanschlüssen ansammeln und wieder eingeatmet werden.

5.2 Abkürzungen

5.2.1 Deutsche Abkürzungen

<i>ABC</i>	Atomar – Biologisch – Chemisch
<i>ASG</i>	Atemschutzgerät
<i>MAK</i>	Maximale Arbeitsplatz-Konzentration
<i>PSA</i>	Persönliche Schutzausrüstung
<i>SF90</i>	Schutzfilter 90 der Schweizer Armee

5.2.2 Englische Abkürzungen

<i>AEGL</i>	Acute Exposure Guideline Level
<i>CWA</i>	Chemical Warfare Agents
<i>FF</i>	Filtering Facepiece (Filtrierende Halbmaske)
<i>FF</i>	Fit Factor (im Zusammenhang mit dem Dichtsitzes einer Atemschutzmaske)
<i>FFP</i>	Filtering Facepiece for Particles (Partikelfiltrierende Halbmaske)
<i>GHS</i>	Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals
<i>IDLH</i>	Immediately Dangerous to Life and Health
<i>MPPS</i>	Most Penetrating Particle Size
<i>PM</i>	Particulate Matter
<i>TIC</i>	Toxic Industrial Chemicals

5.3 Europäische Normen EN

Für die Harmonisierung der Leistungsanforderungen, der Prüfungen und der Kennzeichnung der persönlichen Schutzausrüstung existieren zahlreiche Europäische (EN) bzw. Deutsche (DIN) Normen. Nachfolgend sind die im Handbuch erwähnten Normen für die Bereiche Atemschutz und Schutzkleidung zusammengestellt.



5.3.1 Atemschutz

EN 136

Atemschutzgeräte – Vollmasken – Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung

EN 140

Atemschutzgeräte – Halbmasken und Viertelmasken – Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung

EN 148-1

Atemschutzgeräte – Gewinde für Atemanschlüsse – Teil 1: Rundgewindeanschlüsse

EN 149

Atemschutzgeräte – Filtrierende Halbmasken zum Schutz gegen Partikel – Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung

EN 402

Atemschutzgeräte – Lungenautomatische Behältergeräte mit Druckluft (Pressluftatmer) mit Vollmaske oder Mundstückgarnitur für Selbstrettung – Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung

EN 403

Atemschutzgeräte für Selbstrettung – Filtergeräte mit Hauben zur Selbstrettung bei Bränden – Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung

EN 404

Atemschutzgeräte für Selbstrettung – Filterselbstretter mit Mundstückgarnitur zum Schutz gegen Kohlenmonoxid

EN 405

Atemschutzgeräte für Selbstrettung – Filtrierende Halbmasken mit Ventilen zum Schutz gegen Gase oder Gase und Partikel – Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung

EN 1146

Atemschutzgeräte – Behältergeräte mit Druckluft mit Haube für Selbstrettung – Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung

EN 1827

Atemschutzgeräte – Halbmasken ohne Einatemventile und mit trennbaren Filtern zum Schutz gegen Gase, Gase und Partikel oder nur Partikel – Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung

EN 1822

Schwebstofffilter (EPA, HEPA und ULPA)
– Teil 1: Klassifikation, Leistungsprüfung, Kennzeichnung

EN 12021

Atemschutzgeräte – Druckgase für Atemschutzgeräte

Anhang

EN 12941

Atemschutzgeräte – Gebläsefiltergeräte mit einem Helm oder einer Haube – Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung

EN 12942

Atemschutzgeräte – Gebläsefiltergeräte mit Vollmasken, Halbmasken oder Viertelmasken – Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung

EN 13794

Atemschutzgeräte – Isoliergeräte für Selbstrettung – Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung

EN 14387

Atemschutzgeräte - Gasfilter und Kombinationsfilter - Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung

EN 14529

Atemschutzgeräte - Behältergeräte mit Druckluft (Pressluftatmer) mit Halbmaske in der Ausführung mit einem Überdrucklungenautomaten nur für Fluchtzwecke

5.3.2 Schutzkleidung

EN 166

Persönlicher Augenschutz – Anforderungen

EN 374

Schutzhandschuhe gegen Chemikalien und Mikroorganismen

- Teil 1: Terminologie und Leistungsanforderungen
- Teil 2: Bestimmung des Widerstandes gegen Penetration
- Teil 4: Bestimmung des Widerstandes gegen Degradation durch Chemikalien

EN 388

Schutzhandschuhe gegen mechanische Risiken

EN 943

Schutzkleidung gegen gefährliche feste, flüssige und gasförmige Chemikalien, einschliesslich Flüssigkeitsaerosole und feste Partikel

- Teil 1: Leistungsanforderungen für Typ 1 (gasdichte) Chemikalienschutzkleidung
- Teil 2: Leistungsanforderungen für Typ 1 (gasdichte) Chemikalienschutzkleidung für Notfallteams (ET)

EN 13034

Schutzkleidung gegen flüssige Chemikalien – Leistungsanforderungen an Chemikalienschutzkleidung mit eingeschränkter Schutzleistung gegen flüssige Chemikalien (Ausrüstung Typ 6 und Typ PB [6])

EN 13832

Schuhe zum Schutz gegen Chemikalien

- Teil 1: Terminologie und Prüfverfahren
- Teil 2: Anforderungen für begrenzten Kontakt mit Chemikalien
- Teil 3: Anforderungen für anhaltenden Kontakt mit Chemikalien

Anhang

EN 13982

Schutzkleidung gegen feste Partikeln

- Teil 1: Leistungsanforderungen an Chemikalienschutzkleidung, die für den gesamten Körper einen Schutz gegen luftgetragene feste Partikeln gewähren (Kleidung Typ 5)
- Teil 2: Prüfverfahren zur Bestimmung der nach innen gerichteten Leckage von Aerosolen kleiner Partikel durch Schutzanzüge

EN 14126

Schutzkleidung – Leistungsanforderungen und Prüfverfahren für Schutzkleidung gegen Infektionserreger

EN 14605

Schutzkleidung gegen flüssige Chemikalien Leistungsanforderungen an Chemikalienschutzanzüge mit flüssigkeitsdichten (Typ 3) und spraydichten (Typ 4) Verbindungen zwischen den Teilen der Kleidung, einschliesslich der Kleidungsstücke, die nur einen Schutz für Teile des Körpers gewähren (Typen PB[3] und PB[4])

EN 15090

Schuhe für die Feuerwehr

EN 16523

Bestimmung des Widerstands von Materialien gegen die Permeation von Chemikalien

- Teil 1: Permeation durch potentiell gefährliche flüssige Chemikalien unter Dauerkontakt
- Teil 2: Permeation durch potentiell gefährliche gasförmige Chemikalien unter Dauerkontakt

EN 17491

Schutzkleidung – Prüfverfahren für Chemikalienschutzkleidung

- Teil 3: Bestimmung der Beständigkeit gegen das Durchdringen eines Flüssigkeitsstrahls (Jet-Test)
- Teil 4: Bestimmung der Beständigkeit gegen das Durchdringen von Flüssigkeitsspray (Spray-Test)

DIN SPEC 19429

Schutzkleidung gegen Gase und Partikel aus luftdurchlässigem Material - Klassifikation von Prüfergebnissen, Kennzeichnung und Herstellerinformationen



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS
LABOR SPIEZ
Federal Office for Civil Protection FOCP
SPIEZ LABORATORY