



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Verteidigung,
Bevölkerungsschutz und Sport VBS

Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS
Infrastruktur

TWW 2012

Technische Weisungen für die Belüftung von
Schutzräumen mit Wärmedämmungen

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1. | Geltungsbereich und Grundlagen | 5 |
| 2. | Ausgangslage | 6 |
| 2.1 | Wärmedämmvorschriften und Energie-Labels | 6 |
| 2.2 | Wärmedämmung von Gebäuden und Schutzräumen | 6 |
| 2.2.1 | Wärmeabfluss aus dem Schutzraum | 6 |
| 2.2.2 | Konstruktion der Schutzraumdecke | 8 |
| 3. | Grundlagen zum Schutzraumklima | 9 |
| 3.1 | Übersicht | 9 |
| 3.2 | Wärme- und Feuchteproduktion im Schutzraum | 10 |
| 3.2.1 | Wärmeabgabe des Menschen | 10 |
| 3.2.2 | Feuchteproduktion des Menschen | 10 |
| 3.2.3 | Wärmeabgabe von technischen Installationen | 11 |
| 3.3 | Temperatur- und Feuchtigkeitsverlauf im Schutzraum | 11 |
| 3.4 | Klimagrenze des Menschen | 12 |
| 4. | Wärmedämmung | 13 |
| 4.1 | Verlauf des Dämmperimeters | 13 |
| 4.2 | Perimeterdämmung | 14 |
| 4.2.1 | Perimeterdämmung bis auf Frosttiefe | 14 |
| 4.2.2 | Perimeterdämmung über die gesamte Wandhöhe | 15 |
| 4.3 | Deckendämmung | 16 |
| 4.4 | Integrale Dämmung | 17 |
| 5. | Schutzraumbelüftung | 18 |
| 5.1 | Betriebsarten | 18 |
| 5.1.1 | Frischlufbetrieb FRL | 18 |
| 5.1.2 | Filterbetrieb FIL | 18 |
| 5.2 | C-Schutz Konzept | 19 |
| 5.3 | Schutzraumbelüftung und Schutzraumklima | 19 |
| 5.4 | Belüftungseinrichtungen und Luftraten | 20 |
| 5.4.1 | Mögliche Belegungsdauer bei Luftrate nach TWP | 20 |
| 5.4.2 | Erforderliche Belüftungseinrichtungen und Luftraten | 21 |

1 **Geltungsbereich und Grundlagen**

Die vorliegenden Technischen Weisungen gelten für Pflicht-Schutzräume bis zu einer Grösse von maximal 200 Schutzplätzen. Sie ergänzen die Technischen Weisungen für den Pflicht-Schutzraumbau (TWP 1984).

Die Technischen Weisungen zur Belüftung von Schutzräumen mit Wärmedämmung (TWW 2012) liefern Grundlagen für die Beurteilung von Schutzräumen in Gebäuden, welche dem Energiegesetz entsprechen und gemäss den kantonalen Wärmedämmvorschriften und/oder den Kriterien von Energie-Labels ausgeführt werden.

Mit den in den vorliegenden Technischen Weisungen gemachten Vorgaben, insbesondere den Vorschriften zur Dimensionierung der Belüftungseinrichtungen, wird ein zulässiges Schutzraumklima bei einer Belegung gewährleistet, auch wenn sich die Schutzräume aus Gründen der Energieeffizienz des Gebäudes teilweise oder vollständig innerhalb des Wärmedämmperimeters des Gebäudes befinden. Mit den in den Weisungen vorgeschriebenen Belüftungseinrichtungen kann im Fall einer C-Gefährdung auch während einer Hitzeperiode mit hohen Aussenlufttemperaturen ein Filterbetrieb während mindestens einem Tag gewährleistet werden.

In nach TWS erstellten speziellen Schutzräumen für Spitäler, Alters- und Pflegeheime ist das Schutzraumklima aufgrund der geringeren Belegungsdichte grundsätzlich weniger warm als in TWP-Schutzräumen. Unabhängig von der Wärmedämmung und der Schutzraumgrösse kann für TWS-Schutzräume deshalb eine mindestens eintägige autarke Belegung mit Filterbetrieb mit der normalen Luftrate gemäss TWS garantiert werden.

2 Ausgangslage

2.1 Wärmedämmvorschriften und Energie-Labels

Das Schweizerische Energiegesetz verlangt grundsätzlich einen sparsamen Umgang mit der Energie. Die Umsetzung dieser Vorgabe für Gebäude ist den Kantonen unterstellt, wobei die Energiegesetze und Wärmedämmvorschriften der Kantone nahezu identisch sind. Für die Umsetzung der Vorschriften gelten die Bestimmungen des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins SIA (Norm 380/1).

Neben diesen Vorschriften haben sich in den letzten Jahren verschiedene Energie-Labels etabliert. Das bekannteste und am weitesten verbreitete Label in der Schweiz ist MINERGIE®. Für die Gebäudehülle fordert dieses Label gegenüber den minimal zu erfüllenden kantonalen Wärmedämmvorschriften einen leicht erhöhten Wärmedämmstandard.

Weitere Labels, teilweise mit Zusatzkriterien in den Bereichen Umwelt, Energie und Ökologie, sind in der Schweiz gebräuchlich oder werden eingeführt. Für die Zukunft ist davon auszugehen, dass die Wärmedämmvorschriften weiter verschärft werden. Die Differenzen zwischen den gesetzlichen Anforderungen und den Energie-Labels werden dann jedoch noch geringer als dies heute der Fall ist.

2.2 Wärmedämmung von Gebäuden und Schutzräumen

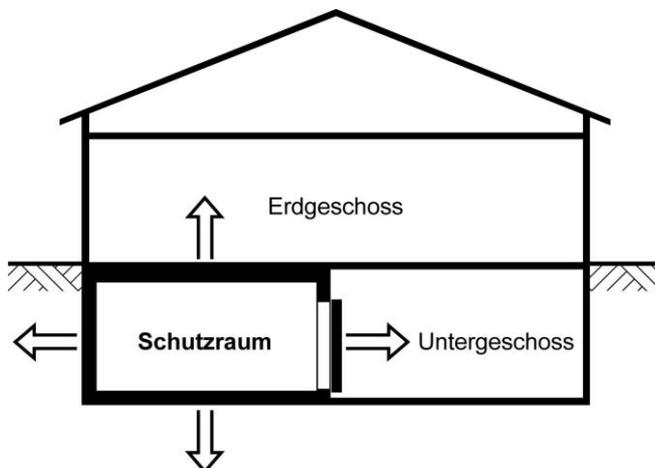
2.2.1 Wärmeabfluss aus dem Schutzraum

Bei der Belegung werden in Schutzräumen durch die Personen grosse Wärme- und Feuchtigkeitsmengen produziert. Die Wärme- und Feuchtigkeitsabgabe der Schutzrauminssassen führt zu einem Anstieg der Temperatur und Luftfeuchtigkeit im Schutzraum. Während die Feuchte mit der Belüftung grossenteils abgeführt wird, ist die Lufttemperatur im Schutzraum vom Wärmeabfluss durch die Schutzraumdecke, den Boden und die Schutzraumwände abhängig. Das Schutzraumklima ist deshalb massgeblich von der Wärmedämmung des Schutzraums abhängig.

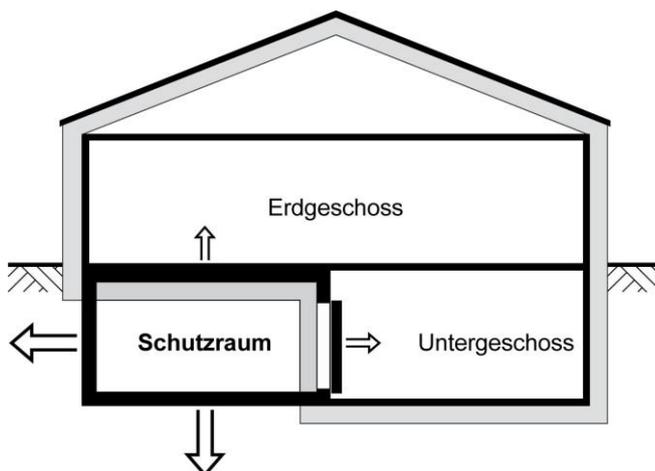
Bei der Einführung der Konzeption 1971 des Zivilschutzes wurden Gebäude mit bedeutend weniger starken Wärmedämmungen ausgeführt, als dies heute der Fall ist. Insbesondere die Untergeschosse bzw. die erdberührten Wände wurden in den meisten Fällen gar nicht gedämmt. In Bezug auf den Wärmeabfluss aus dem Schutzraum und damit das Schutzraumklima bei einer Schutzraumbellegung war dies grundsätzlich günstig (*Figur 2.1*).

Mit der Umsetzung der Energievorschriften und der Einhaltung der Kriterien von Energie-Labels werden die Wärmeverluste neuer Gebäude massiv vermindert. Die gesetzlich vorgeschriebenen Wärmedämmungen reduzieren

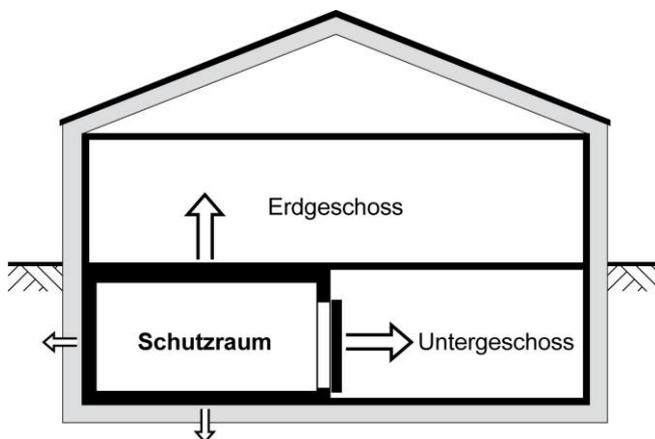
den Wärmeabfluss je nach Anordnung um das 4- bis 8-fache. Schutzräume sind davon ebenfalls tangiert, da Schutzraumwände, -decken und -böden je nach Verlauf des Dämmperimeters ebenfalls wärmegeklämt sind (Figuren 2.2 und 2.3).



Figur 2.1 Wärmeabfluss aus dem Schutzraum bei nach heutigen Standards ungenügend gedämmten Gebäuden (schematische Darstellung)



Figur 2.2 Wärmeabfluss aus dem Schutzraum bei einem ausserhalb dem Dämmperimeter liegenden Schutzraum (schematische Darstellung)

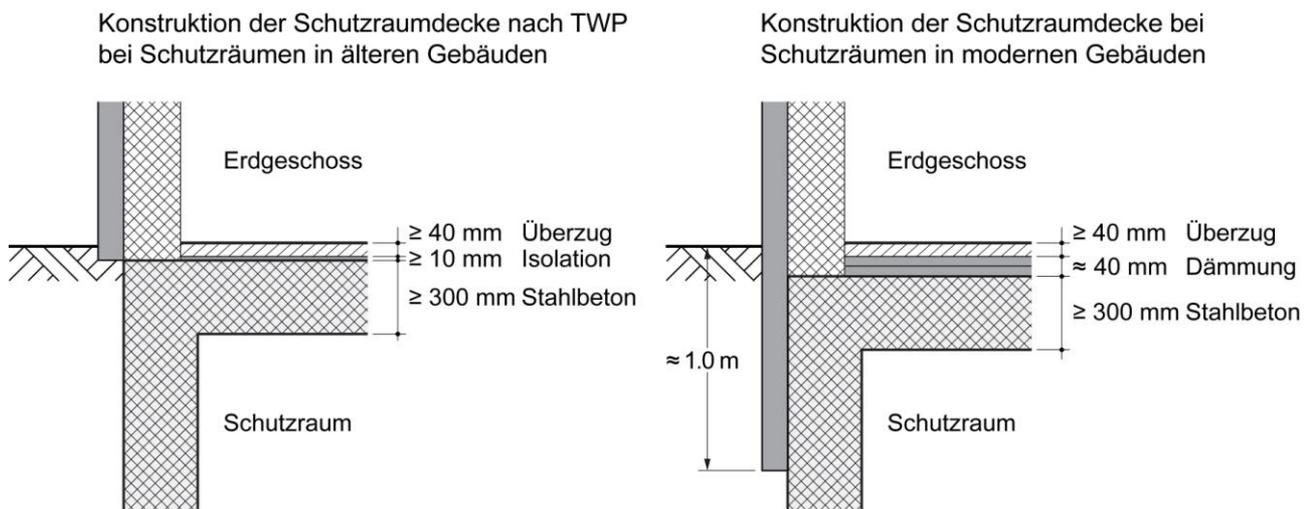


Figur 2.3 Wärmeabfluss aus dem Schutzraum bei einem innerhalb dem Dämmperimeter liegenden Schutzraum (schematische Darstellung)

2.2.2 Konstruktion der Schutzraumdecke

Die Decken von Schutzräumen nach TWP weisen Konstruktionsstärken auf, welche gewährleisten, dass sie gegen die Wärmeentwicklung von Bränden einen guten Schutz bieten. Ein solcher Schutz wird im Allgemeinen mit einer 300 mm starken Stahlbetondecke, einem 40 mm starken Zementmörtelüberzug und allenfalls einer 10 mm dicken Trittschallisolation erreicht (*Figur 2.4, links*).

Bei den nach heutigen Standards erstellten Gebäuden befindet sich auf der Schutzraumdecke eine stärkere Trittschall- sowie zusätzlich eine dünne Wärmedämmung. Auch wenn der Dämmperimeter nicht auf der Schutzraumdecke verläuft, muss deshalb immer von einer Dämmstärke von ca. 40 mm ausgegangen werden (*Figur 2.4, rechts*). Gegenüber einer 10 mm starken Trittschallisolation wird der Wärmeabfluss durch die Decke durch eine solche Dämmung stark vermindert. Um Wärmebrücken zu vermeiden, weisen moderne Gebäude zudem immer auch eine mindestens bis auf Frosttiefe (≈ 1.0 m) reichende Perimeterdämmung auf.



Figur 2.4 Isolation der Schutzraumdecke nach TWP und Dämmung bei nach modernen Standards ausgeführten Gebäuden

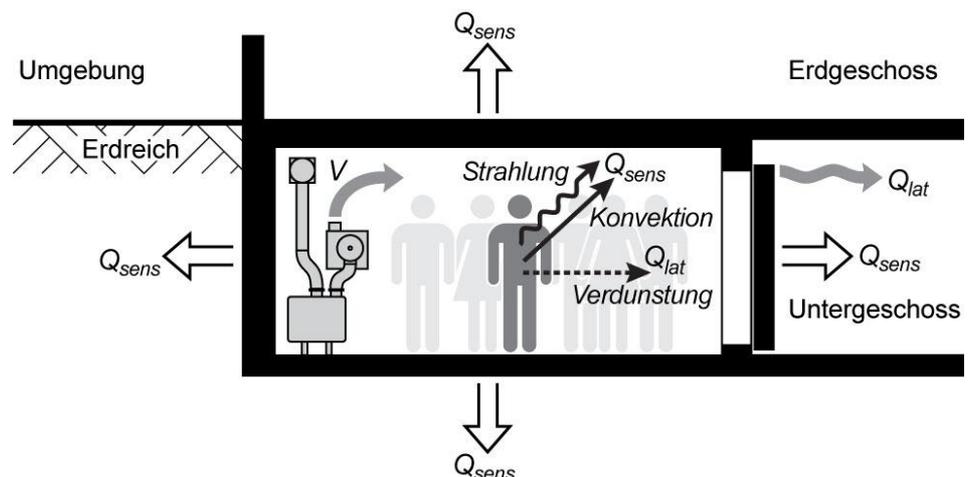
3 Grundlagen zum Schutzraumklima

3.1 Übersicht

Der Klimazustand, welcher sich in einem belegten Schutzraum einstellt, ist neben dem Aussenklima wesentlich von der Belegung des Schutzraums abhängig. Das Schutzraumklima wiederum beeinflusst nicht nur das Wohlbefinden sondern auch die Überlebensfähigkeit der Schutzrauminsassen.

Aufgrund der dichten Belegung (1 m² pro Schutzplatz) werden durch die Schutzrauminsassen allgemein grosse Wärmemengen abgegeben. Die Wärmeabgabe des Menschen an seiner Körperoberfläche beruht dabei hauptsächlich auf Strahlung und Konvektion sowie auf dem bei höheren Temperaturen verstärkt einsetzenden Schwitzen. Sowohl die mit Strahlung und Konvektion trocken abgegebene Wärme (sensible Wärme Q_{sens}) als auch die durch das Schwitzen und die damit verbundene Wasserverdunstung abgegebene feuchte Wärme (latente Wärme Q_{lat}) müssen aus dem Schutzraum abgeführt werden.

Das Schutzraumklima, welches sich bei einer Belegung einstellt, ergibt sich aus der Bilanz von der durch die Schutzrauminsassen abgegebenen und der aus dem Schutzraum abfliessenden Wärme. Die trockene oder sensible Wärme Q_{sens} fliesst dabei über die erdberührten Wände und den Schutzraumboden ins umgebende Erdreich sowie über die Decke und die luftberührten Wände ins Erd- bzw. Untergeschoss. Die durch die Verdunstung von Schweiß abgegebene latente Wärme Q_{sens} wird mit der Lüftung abgeführt.



Figur 3.1 Wärmeabgabe durch die Schutzraumbelegung und Wärmeabfluss aus dem Schutzraum

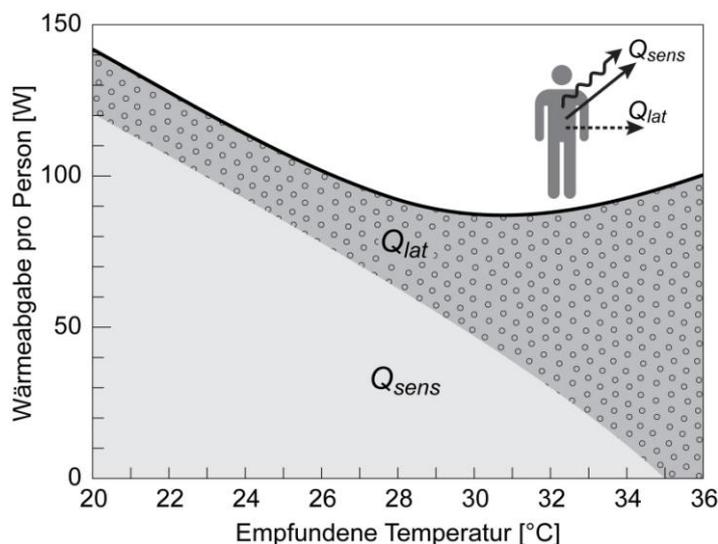
3.2 Wärme- und Feuchteproduktion im Schutzraum

3.2.1 Wärmeabgabe des Menschen

Für den Menschen ist die Erhaltung einer konstanten Körperkerntemperatur von 37°C lebenswichtig. Aus diesem Grund ist der Mensch in der Lage, seine Wärmeproduktion und vor allem auch die Wärmeabgabe an die äusseren klimatischen Bedingungen anzupassen. Mit der Temperaturregulation schützt sich der Organismus vor einer Überwärmung.

Bei komfortablen Temperaturen beträgt die durchschnittliche Wärmeabgabe einer erwachsenen Person ohne körperliche Betätigung (sitzend) etwa 120 Watt. Ein kleiner Teil dieser Wärme (≈ 20 W) wird als feuchte (latente) Wärme infolge der nicht regulierbaren Wasserdampfverdunstung über die Haut und die Atmung abgegeben.

Mit steigender Umgebungstemperatur sinkt die Wärmeproduktion des Menschen. Sie beträgt bei 30°C weniger als 90 Watt. Aufgrund der kleineren Temperaturdifferenz zwischen der Hautoberfläche und der Umgebung kann der Mensch durch Strahlung und Konvektion dann jedoch weniger trockene (sensible) Wärme abgeben. Um den Organismus trotzdem vor einer Überwärmung zu schützen, setzt ein verstärktes Schwitzen ein. Beim mit der Verdunstung des Schweißes verbunden "Kühleffekt" vermag der Mensch viel Wärme abzugeben. Bei 30°C beträgt der Anteil der feucht (latent) abgegebenen Wärme etwa die Hälfte der gesamten Wärmeabgabe.



Figur 3.2 *Sensible (trockene) und feuchte (latente) Wärmeabgabe des Menschen in Abhängigkeit der Temperatur*

3.2.2 Feuchteproduktion des Menschen

Die vom Mensch abgegebene Schweißmenge und der damit erzielte "Kühleffekt" ist von der Temperatur und der Feuchtigkeit der umgebenden Luft abhängig. Die Schweißbildung ist individuell stark unterschiedlich. Zudem wird bei feucht-warmem Klima oft mehr Schweiß produziert, als verdunstet werden kann. Ein Teil des Schweißes tropft dann ungenutzt ab oder wird in der Kleidung aufgenommen.

Bei komfortablem Klima beträgt die nicht regulierbare Feuchtigkeitsabgabe des Menschen über die Haut und die Atmung etwa 30 g pro Stunde. Bei warmem Klima steigt sie durch zunehmendes Schwitzen stark an. Bei einer empfundenen Temperatur von 30°C kann die Feuchtigkeitsabgabe mehr als 100 g pro Person und Stunde betragen. Da Luft mit einer Temperatur von 30°C nicht mehr Wasser als etwa 30 g/m³ aufnehmen kann, wird die Luftfeuchtigkeit in belegten Schutzräumen sehr hoch.

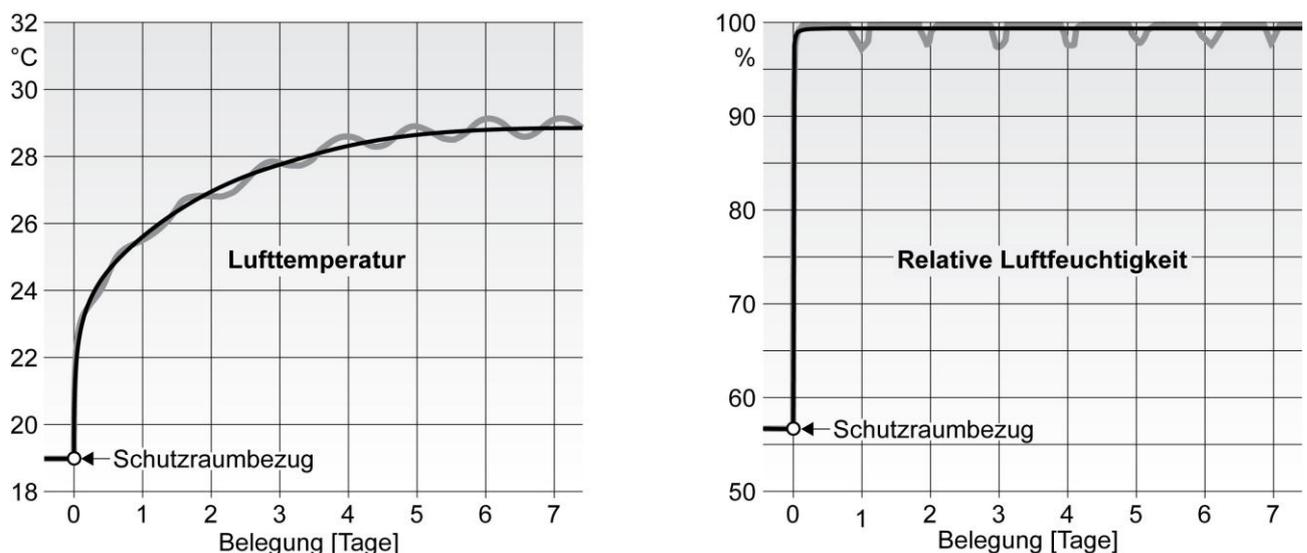
3.2.3 Wärmeabgabe von technischen Installationen

Zusätzlich zur Wärmeabgabe der Personen wird auch von der Beleuchtung sowie den Ventilationsaggregaten Wärme erzeugt. Sowohl für die Beleuchtung als auch für die Belüftung des Schutzraums ist eine Leistung von je 2,5 W pro Schutzplatz erforderlich. Die gesamte Wärmeproduktion der technischen Installationen beträgt deshalb etwa 5 W pro Schutzplatz.

3.3 Temperatur- und Feuchtigkeitsverlauf im Schutzraum

Der Verlauf der Temperatur und der Feuchtigkeit in einem Schutzraum ist durch einen steilen Anstieg nach dem Bezug gekennzeichnet. Aufgrund der grossen von den Schutzrauminssassen abgegebenen Feuchtigkeitsmenge sowie der vergleichsweise geringen Luftrate steigt vor allem die Luftfeuchtigkeit in kurzer Zeit auf ein Maximum an. Im Frischluftbetrieb mit einer Luftrate von 6 m³/h pro Schutzplatz stellt sich eine relative Luftfeuchtigkeit von ungefähr 90% ein. Bei kleineren Luftraten (Filterbetrieb) resultiert eine relative Luftfeuchtigkeit von 100%.

Der Temperaturanstieg ist anfänglich ebenfalls steil, verlangsamt sich dann jedoch, wenn die im Schutzraum abgegebene Wärme ins Erdreich und in das Gebäude abzufließen beginnt. Ein konstanter Zustand wird im Allgemeinen nach einigen Tagen erreicht.



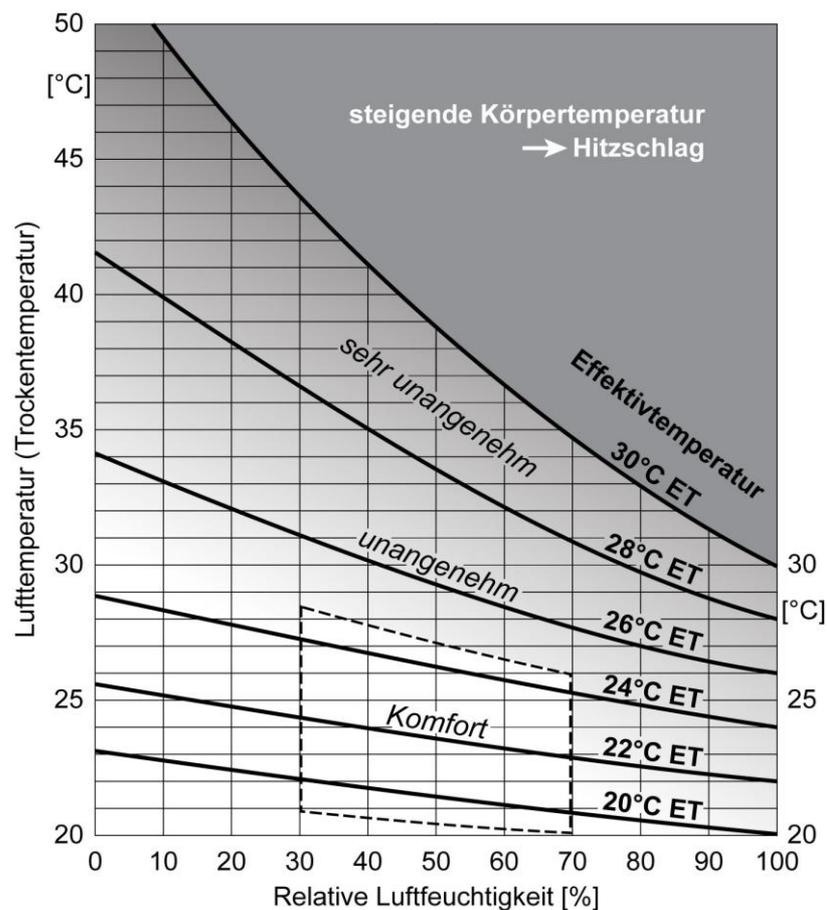
Figur 3.3 Typischer Verlauf der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit im Schutzraum bei einer Belegung (schematische Darstellung)

3.4 Klimagrenze des Menschen

Sowohl die Wärmeabgabe als auch das Temperaturempfinden des Menschen sind von verschiedenen Faktoren des Umgebungsklimas wie der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit oder der Luftgeschwindigkeit abhängig. Um das Umgebungsklima mit einer einzigen Grösse beschreiben zu können, werden Klima-Indizes verwendet. Bei dem als Effektivtemperatur bezeichneten Index handelt es sich um den gebräuchlichsten Index zur Beschreibung des Umgebungsklimas. Die Effektivtemperatur (ET) in Funktion der Lufttemperatur (Trockentemperatur) und der relativen Luftfeuchtigkeit ist in der *Figur 3.4* dargestellt.

Die Luftfeuchtigkeit hat vor allem bei hohen Temperaturen einen grossen Einfluss auf die Temperaturempfindung des Menschen. Das Umgebungsklima wird ab einer Effektivtemperatur von 28°C ET als sehr unangenehm warm empfunden. Bei einer Luftfeuchtigkeit von 40% ist dies erst bei einer Temperatur von 35°C, bei 90% Feuchte bereits bei 29°C der Fall.

Die maximal erträgliche Effektivtemperatur ist von diversen Faktoren wie der physischen Konstitution oder der Dauer der Exposition abhängig. Der Grenzwert für einen langfristigen Aufenthalt in einem Schutzraum kann jedoch mit 30°C ET angegeben werden. Darüber ist mit einer Überwärmung des Körpers und einem Hitzschlag zu rechnen.

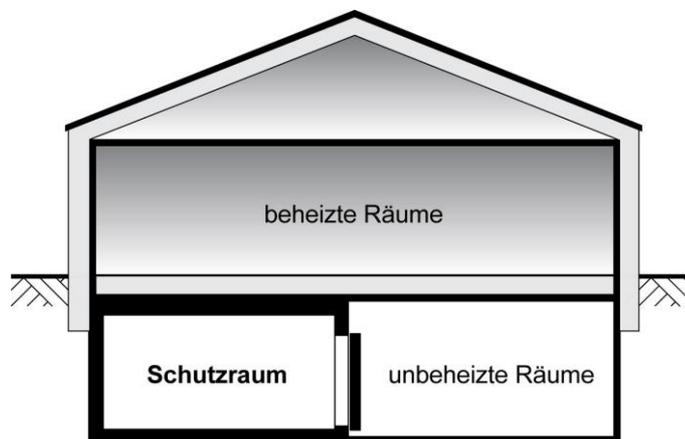


Figur 3.4 Effektivtemperatur (ET) bei einer Luftgeschwindigkeit von 0,1 m/s und Klimaempfindung sowie physiologische bedingte Klimagrenze des Menschen

4 Wärmedämmung

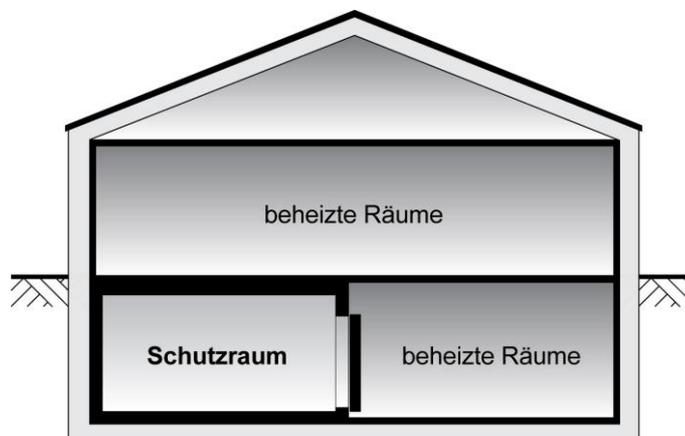
4.1 Verlauf des Dämmperimeters

Der Dämmperimeter eines Gebäudes wird aufgrund der Wärmedämmvorschriften bzw. den energietechnischen Anforderungen festgelegt. Um die gesetzlichen Vorgaben zu erfüllen, sind Wärmedämmungen gegenüber dem Aussenklima sowie unbeheizten Räumen erforderlich. Da der Dämmperimeter durchgehend und geschlossen sein muss, verläuft er im Fall von unbeheizten Räumen im Untergeschoss an dessen Decke. Zur Vermeidung von Wärmebrücken ist zudem eine Perimeterdämmung erforderlich (Figur 4.1).



Figur 4.1 Geschlossener Dämmperimeter und Perimeterdämmung bei unbeheizten Räumen im Untergeschoss

Bei aktiv aber auch bei passiv beheizten Räumen im Untergeschoss müssen diese vollständig innerhalb des geschlossenen Dämmperimeters liegen (Figur 4.2).



Figur 4.2 Geschlossener Dämmperimeter im Fall von aktiv oder passiv beheizten Räumen im Untergeschoss

Die folgenden Dämmvarianten sind für das Schutzraumklima und damit für die Belüftung von TWP-Schutzräumen massgebend:

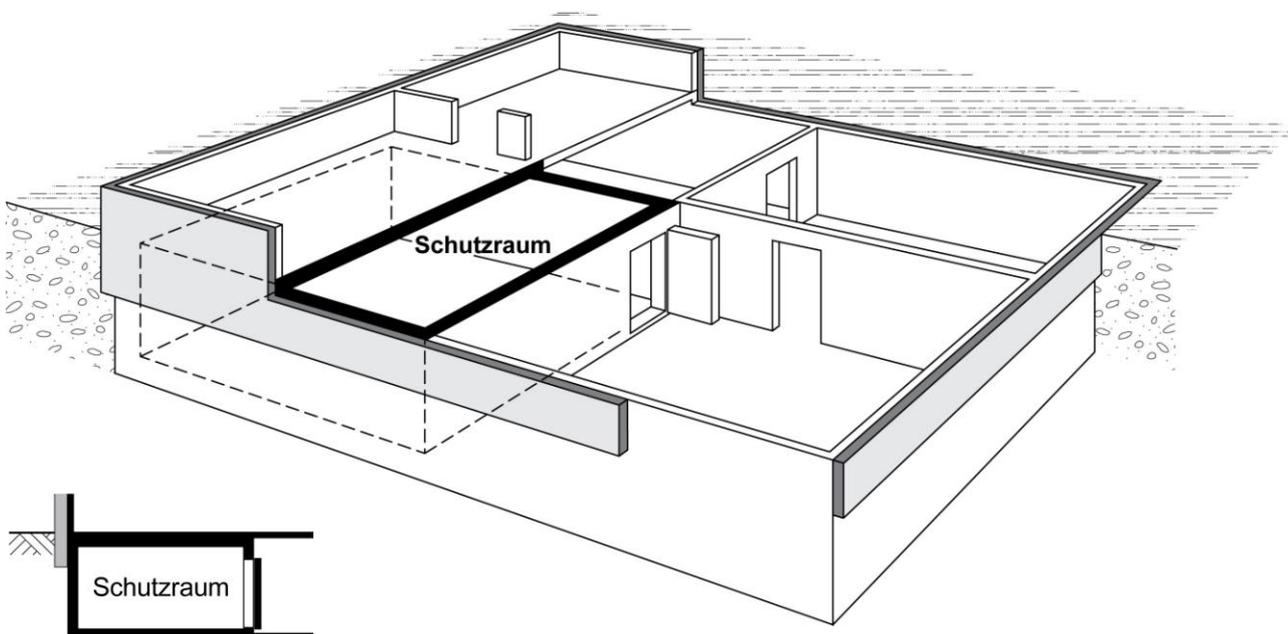
- Perimeterdämmung
- Deckendämmung
- Integrale Dämmung

4.2 Perimeterdämmung

Als Perimeterdämmung wird die Wärmedämmung der erdberührten Aussenwände entlang dem Gebäudeperimeter bezeichnet. Die Tiefe der Dämmung im Erdreich beeinflusst den Wärmeabfluss aus dem Schutzraum und ist damit für das Schutzraumklima von Bedeutung. Es werden Perimeterdämmungen bis auf die Frosttiefe (4.2.1) sowie solche über die ganze Wandhöhe (4.2.2) unterschieden.

4.2.1 Perimeterdämmung bis auf Frosttiefe

Mindestens bis auf die Frosttiefe - d.h. ca. 1,0 m unterhalb Terrain reichende Perimeterdämmungen - werden zur Vermeidung von Wärmebrücken generell bei allen gemäss den Wärmedämmvorschriften geplanten Gebäuden vorgesehen.

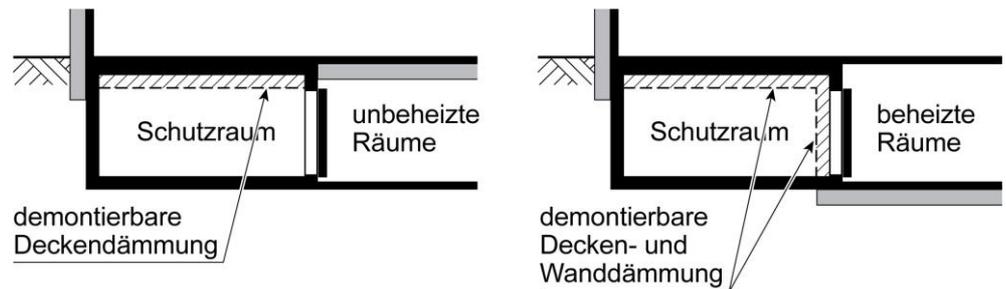


Figur 4.3 Perimeterdämmung der erdberührten Wände bis auf Frosttiefe

Mit der Perimeterdämmung bis auf Frosttiefe werden Wärmebrücken im Bereich der Untergeschossdecke vermieden. Damit ein geschlossener Dämmperimeter vorhanden ist, sind jedoch weitere Wärmedämmungen

erforderlich. Je nach Dämmkonzept verläuft der Dämmperimeter dabei an der Decke (bei unbeheizten Untergeschossen) oder die aktiv oder passiv beheizten Räume im Untergeschoss befinden sich innerhalb des Dämmperimeters (*Figur 4.4*).

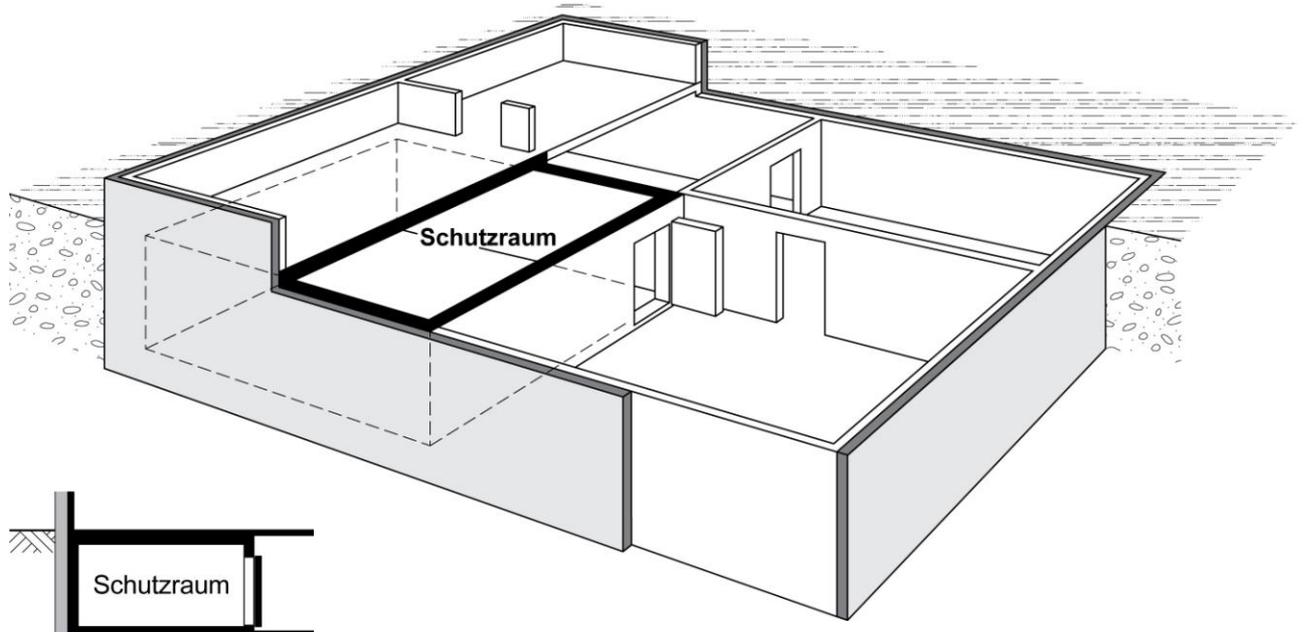
Bei beiden Wärmedämmkonzepten muss der Schutzraum gegenüber den beheizten Räumen gedämmt werden. Dies ist möglich, wenn im Schutzraum Wärmedämmungen vorgesehen werden, welche vor einem Bezug mit vergleichsweise geringem Aufwand demontiert werden können. Für das Schutzraumklima bei einer Belegung ist dann nur die bis auf Frosttiefe reichende Perimeterdämmung massgebend.



Figur 4.4 Wärmedämmkonzepte mit Perimeterdämmungen und demontierbaren Dämmungen im Schutzraum

4.2.2 Perimeterdämmung über die gesamte Wandhöhe

Bei erhöhten Anforderungen an die Energieeffizienz werden Perimeterdämmungen nicht nur zur Vermeidung von Wärmebrücken im Deckenbereich, sondern auch zur Verminderung der Wärmeverluste über die gesamte Wandhöhe eingesetzt.

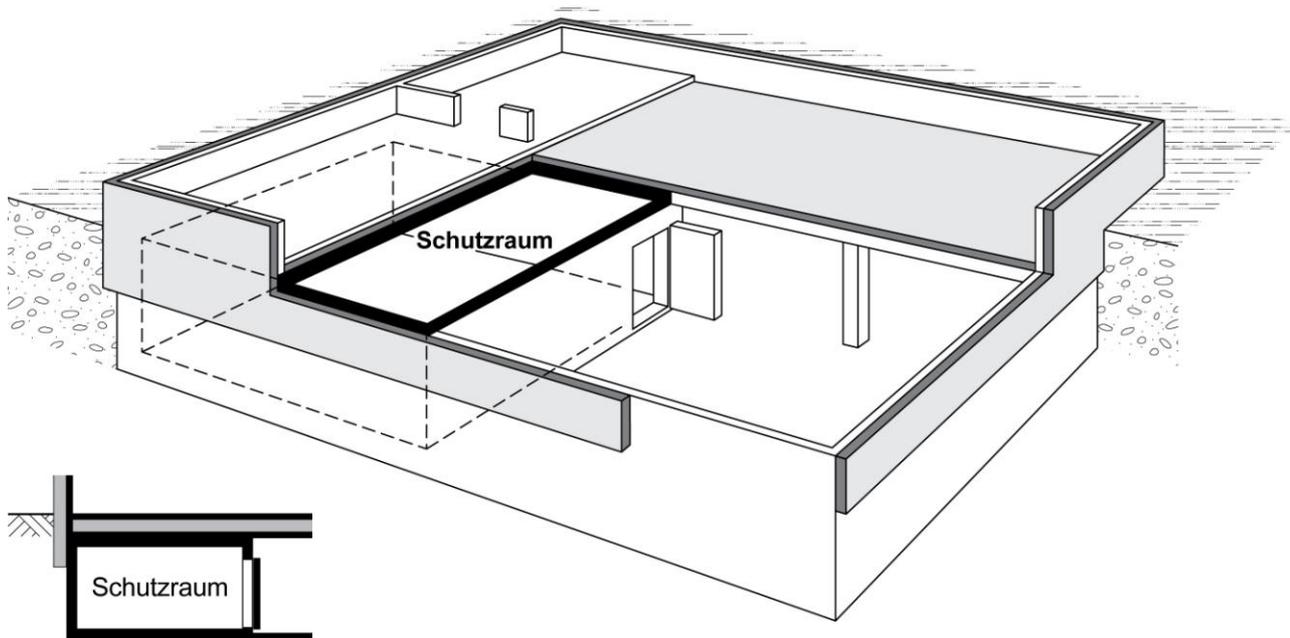


Figur 4.5 Perimeterdämmung der erdberührten Wände über die gesamte Wandhöhe

4.3 Deckendämmung

Im Fall von unbeheizten Untergeschossen wie beispielsweise bei an den Schutzraum angrenzenden Tiefgaragen wird üblicherweise eine Deckendämmung eingebaut. Liegt diese Dämmung auf der Untergeschossdecke, ist sie nicht demontierbar. Durch die Deckendämmung des Schutzraums wird der Wärmeabfluss aus dem Schutzraum massgeblich vermindert.

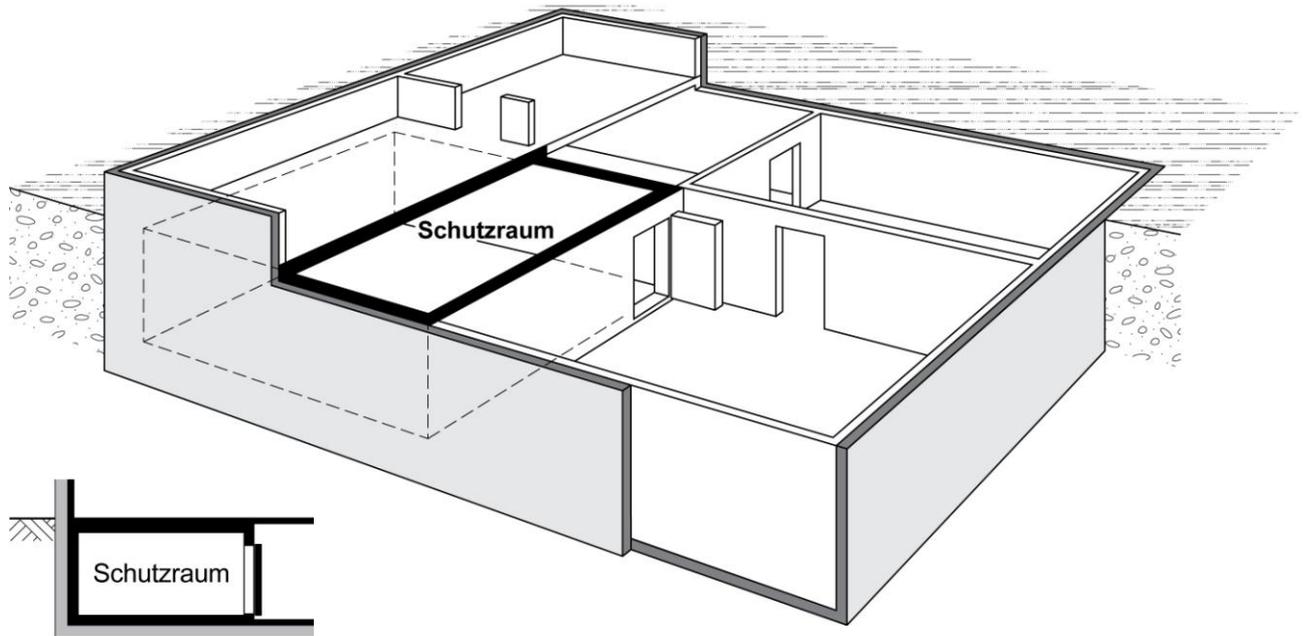
Neben der Deckendämmung ist bei einem derart gedämmten Gebäude zur Vermeidung von Wärmebrücken immer auch eine mindestens bis auf Frosttiefe reichende Perimeterdämmung vorhanden.



Figur 4.6 Deckendämmung der gesamten Untergeschossdecke

4.4 Integrale Dämmung

Eine integrale Dämmung, bei der alle aktiv und passiv beheizten Untergeschosse vollständig innerhalb des Dämmperimeters liegen, wird bei Gebäuden zur Erzielung einer hohen Energieeffizienz vorgesehen. Der Dämmperimeter ist dabei vollständig geschlossen, weshalb auch die Bodenplatte gedämmt wird. Im Belegungsfall wird der Wärmeabfluss aus dem Schutzraum ins umgebende Erdreich dadurch sehr stark eingeschränkt.



Figur 4.7 Integrale Dämmung des Gebäudes und der Untergeschosse inkl. dem Schutzraum

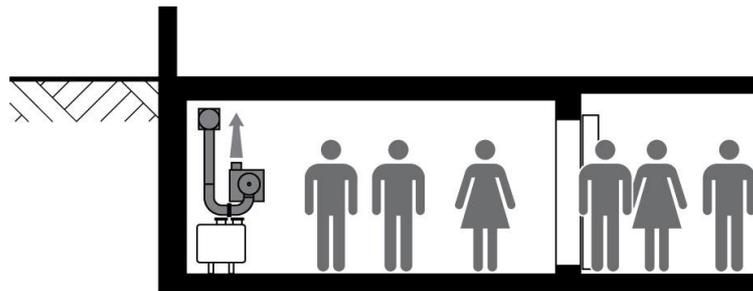
5 Schutzraumbelüftung

5.1 Betriebsarten

Während einer Belegung werden Schutzräume mit Hilfe der Belüftungseinrichtungen künstlich (mechanisch) belüftet. Mit Ausnahme eines Belüftungsunterbruchs - beispielsweise im Brandfall - oder bei kalten Aussentemperaturen ist die Schutzraumbelüftung permanent in Betrieb.

5.1.1 Frischluftbetrieb FRL

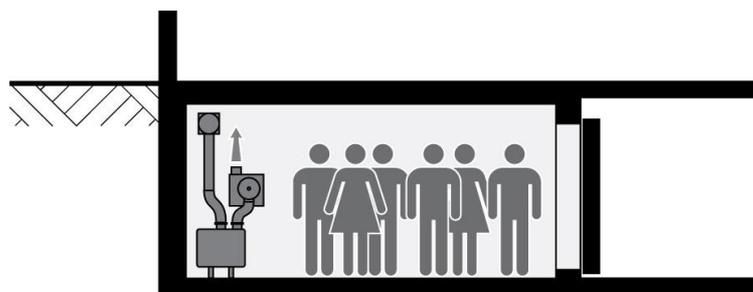
Der Frischluftbetrieb (FRL) ist die normale Betriebsart. Die Gasfilter sind dabei nicht angeschlossen und die flexiblen Leitungen sind direkt gekuppelt. Die von der Belüftungseinrichtung gelieferte Frischluft rate beträgt mindestens $6 \text{ m}^3/\text{h}$ pro Schutzplatz. Die Schutzraumin-sassen können den Schutzraum während dem Frischluftbetrieb zeitweise verlassen (Rotation).



Figur 5.1 Frischluftbetrieb FRL und Rotationsbelegung

5.1.2 Filterbetrieb FIL

Beim Filterbetrieb (FIL) sind die flexiblen Leitungen an die Gasfilter gekuppelt und die Aussenluft wird über die Gasfilter geführt. Die Luftrate ist kleiner als im Frischluftbetrieb. Sie beträgt aber mindestens $3 \text{ m}^3/\text{h}$ pro Schutzplatz. Zur Gewährleistung des C-Schutzes ist der Schutzraum geschlossen und autark belegt.



Figur 5.2 Filterbetrieb FIL und autarke Belegung

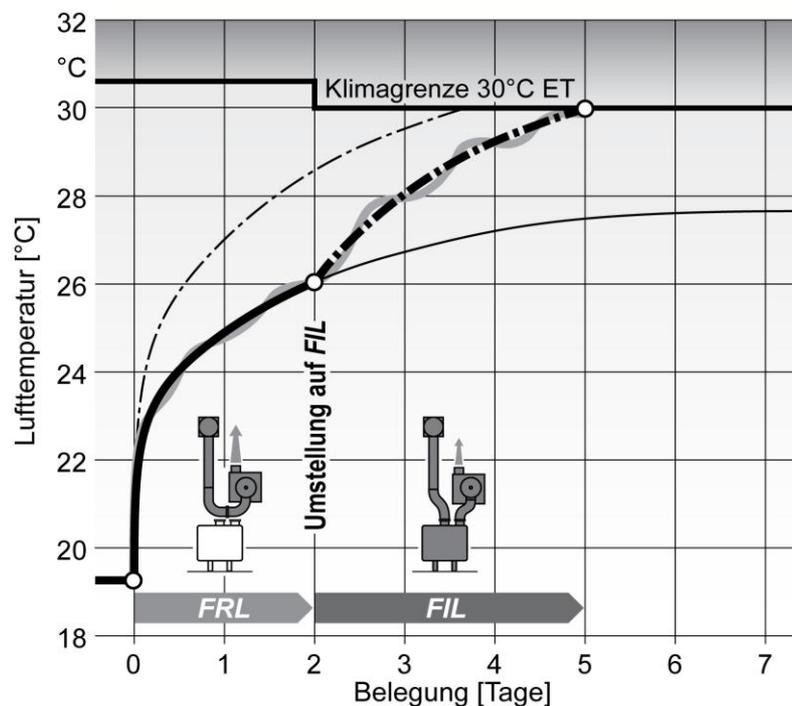
5.2 C-Schutz Konzept

Nach einem Bezug wird der Schutzraum in der normalen Betriebsart mit Frischluft (FRL) künstlich belüftet. Die Umstellung auf Filterbetrieb (FIL) erfolgt bei C-Alarm sowie auf besondere Anordnung der vorgesetzten Stelle. Der C-Schutz und damit die autarke Belegung des Schutzraums mit Filterbetrieb (FIL) muss je nach Gefährdung bzw. C-Szenarium einige Stunden bis **maximal ein Tag** aufrecht erhalten werden können.

5.3 Schutzraumbelüftung und Schutzraumklima

Der Temperaturanstieg im Schutzraum ist von der von den Schutzrauminsassen abgegebenen Wärme, von der Belüftung und dabei insbesondere von der Lüftrate und der Aussenlufttemperatur sowie vom Wärmestrom aus dem Schutzraum und damit von dessen Wärmedämmung abhängig. Im Frischluftbetrieb (FRL) und einer nicht permanent vollständigen Belegung (Rotation) ist der Temperaturanstieg weniger stark als bei einer autarken Belegung mit Filterbetrieb (FIL). Im Frischluftbetrieb wird deshalb die Klimagrenze von 30°C ET bei den meisten Schutzräumen auch nach einer lange dauernden Belegung nicht erreicht.

Nach einem C-Alarm und der Umstellung auf Filterbetrieb (FIL) steigt die Lufttemperatur im Schutzraum rascher an. Um den C-Schutz während mindestens einem Tag gewährleisten zu können, darf die Klimagrenze während dieser Zeit nicht erreicht bzw. überschritten werden.



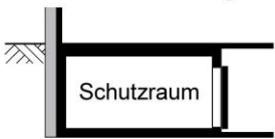
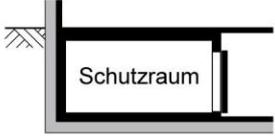
Figur 5.3 Temperaturanstieg im Schutzraum bei anfänglichem Frischluftbetrieb FRL und Rotationsbelegung und einer späteren Umstellung auf Filterbetrieb FIL und autarke Belegung (schematische Darstellung)

5.4 Belüftungseinrichtungen

5.4.1 Mögliche Belegungsdauer bei Luftrate nach TWP

Die Zeitdauer bis zum Erreichen der Klimagrenze, während welcher ein TWP-Schutzraum mit der **normalen Luftrate** im Filterbetrieb (3 m³/h pro Schutzplatz) autark belegt werden kann, ist in der *Tabelle 5.1* angegeben. Diese maximal zulässige Belegungsdauer ist dabei massgeblich von der Wärmedämmung des Schutzraums sowie von der Schutzraumgrösse (Anzahl Schutzplätze) abhängig, wobei kleine Schutzräume aufgrund der im Verhältnis zu ihrer Grösse grösseren Aussenfläche wesentlich günstiger sind als grosse.

Tabelle 5.1 Bei normalen Luftraten im Filterbetrieb (FIL) bis zum Erreichen der Klimagrenze maximal mögliche Dauer einer autarken Belegung

| Wärmedämmung des Schutzraums | Anzahl Schutzplätze SP | | | | | | | |
|---|------------------------|--|--------|---------|----------|----------|----------|----------|
| | 5 -25 | 26 -50 | 51 -75 | 76 -100 | 101 -125 | 126 -150 | 151 -175 | 176 -200 |
| Perimeterdämmung ¹⁾  | > 7 | 5 | | | | | | 2 Tage |
| Perimeterdämmung ²⁾  | 4,5 | | | | | | | 1 Tag |
| Deckendämmung  | > 7 | 3 | | | | | | 1 Tag |
| Integrale Dämmung  | 1,5 ... 1 Tag | Belegungsdauer im Filterbetrieb weniger als 1 Tag | | | | | | |

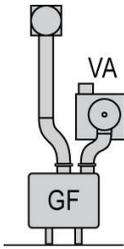
1) Frosttiefe
 2) ganze Wand

Die für den Fall einer C-Gefährdung geforderte Belegungsdauer von mindestens 1 Tag kann im Filterbetrieb mit der normalen Luftrate sowohl bei TWP-Schutzräumen mit Perimeterdämmungen als auch bei Schutzräumen mit Deckendämmungen für alle Schutzraumgrössen gewährleistet werden.

Bei integral gedämmten Gebäuden mit vollständig innerhalb dem Dämmperimeter liegenden Schutzräumen ist ein mindestens 1-tägiger Filterbetrieb mit normaler Luftrate nach TWP bis zu einer Schutzraumgrösse von 50 Schutzplätzen möglich. Bei grösseren Schutzräumen beträgt die mögliche Belegungsdauer mit Filterbetrieb wegen dem Schutzraumklima weniger als 1 Tag, weshalb die Luftrate in solchen Fällen gemäss dem nachfolgenden Abschnitt 5.4.2 verdoppelt werden muss.

5.4.2 Erforderliche Belüftungseinrichtungen und Luftraten

Wärmegeämmte Schutzräume, bei denen gemäss *Tabelle 5.1* im Filterbetrieb eine mindestens 1-tägige Belegungsdauer gewährleistet werden kann, können gemäss TWP mit den normalen Luftraten von 6 m³/h pro Schutzplatz im Frischluftbetrieb und 3 m³/h pro Schutzplatz im Filterbetrieb belüftet werden.



TWP-Schutzräume für **51 und mehr Schutzplätze** müssen mit der **doppelten Luftrate** von 12 m³/h pro Schutzplatz im Frischluftbetrieb und 6 m³/h pro Schutzplatz im Filterbetrieb belüftet werden, falls das Gebäude über eine **integrale Wärmedämmung** verfügt und der Schutzraum vollständig innerhalb dem Dämmperimeter liegt. Die dazu erforderlichen Ventilationsaggregate (VA) und Gasfilter (GF) sind in der folgenden *Tabelle 5.2* angegeben.

Tabelle 5.2 In TWP-Schutzräumen mit Wärmedämmungen erforderliche Belüftungseinrichtungen bzw. Luftraten zur Gewährleistung einer 1-tägigen autarken Belegung mit Filterbetrieb (FIL)

| Wärmedämmung des Schutzraums | Anzahl Schutzplätze SP | | | | | | | |
|------------------------------------|------------------------|--------|---|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 5 -25 | 26 -50 | 51 -75 | 76 -100 | 101 -125 | 126 -150 | 151 -175 | 176 -200 |
| Perimeterdämmung ¹⁾ | | | | | | | | |
| Perimeterdämmung ²⁾ | | | | | | | | |
| Deckendämmung | | | | | | | | |
| Integrale Dämmung | | | Belüftungseinrichtungen für doppelte Luftraten | | | | | |
| | | | 3 VA 150 | 4 VA 150 | 5 VA 150 | 6 VA 150 | 7 VA 150 | 8 VA 150 |
| | | | 3 GF 150 | 4 GF 150 | 5 GF 150 | 6 GF 150 | 7 GF 150 | 8 GF 150 |

1) Frosttiefe

2) ganze Wand

Die Luftraten bzw. die Belüftungseinrichtungen gemäss der *Tabelle 5.2* gewährleisten ein zulässiges Schutzklima auch bei einer Belegung während einer über mehrere Tage andauernden Hitzeperiode mit einer durchschnittlichen Tagestemperatur von mehr als 20°C.