

## Betrieb von SF<sub>6</sub>-Anlagen

### Anwendungsbereich

Dieses Merkblatt findet Anwendung für elektrische Anlagen und Betriebsmittel, die Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>) enthalten. Für SF<sub>6</sub>-Anlagen gilt grundsätzlich, daß durch die Betriebsweise ein Betriebsüberdruck von mehr als 0,1 bar herrscht oder entstehen kann.

### Physikalische und chemische Eigenschaften des SF<sub>6</sub>

SF<sub>6</sub> (Schwefelhexafluorid) ist bei Raumtemperaturen und normalem Druck ein farb- und geruchloses Gas. Es wird wegen seiner hervorragenden Eigenschaften als Isolier- und Lichtbogenlöschmittel in Schaltanlagen und Leistungsschaltern verwendet. Seine Dichte beträgt bei 20 °C und 1 bar 6,09 g/Liter. Es ist somit fünfmal schwerer als Luft. Seine kritische Temperatur beträgt 45,6 °C. Es lässt sich durch Verdichten leicht verflüssigen und kann in flüssigem Zustand in Gasflaschen gelagert und transportiert werden.

### Gesundheitsgefahren

Reines SF<sub>6</sub> ist ungiftig. Auch handelsübliches SF<sub>6</sub> enthält keine gesundheitsschädlichen Verunreinigungen. Der MAK-Wert (Grenzwerteverordnung 2007) für SF<sub>6</sub> ist 1.000 ppm oder 6.000 mg/m<sup>3</sup> als Tagesmittelwert. Dieser Wert stellt keine Toxizitätsgrenze dar, doch führt SF<sub>6</sub> – ebenso wie Stickstoff – zur Sauerstoffverdrängung in der Atemluft. SF<sub>6</sub>-Konzentrationen über 19 vol% (entsprechend weniger als 17 vol% Sauerstoff) erfordern besondere Atemschutzmaßnahmen.

Durch Schaltlichtbögen, die bei jeder Schalthandlung auftreten, wird das SF<sub>6</sub>-Gas in seine Atome (Fluor und Schwefel) aufgespalten. Sobald der Lichtbogen verlöscht und eine Abkühlung eintritt, vereinigen sich die Schwefel- und Fluoratome zum größten Teil wieder zu SF<sub>6</sub>. Lediglich geringe Mengen von Schwefel und Fluor gehen mit anderen Materialien (Al, Cu u.a.) Verbindungen ein. Ein kleiner Teil kondensiert zu Fluorwasserstoff. Die Verbindungen werden als SF<sub>6</sub>-Spaltprodukte bezeichnet.

## SF<sub>6</sub>-Spaltprodukte

- Die Aufspaltung von SF<sub>6</sub> beginnt bei Temperaturen über 500 °C.
- Die Menge der Spaltprodukte ist abhängig von der Lichtbogenenergie. Das heißt, dass bei SF<sub>6</sub>-Leistungsschaltern ungleich größere Mengen anfallen als bei üblichen Lasttrenneranlagen.
- Spaltprodukte können in fester Form als weißes Pulver oder in gasförmiger Form vorhanden sein.
- Die Giftigkeit der einzelnen Spaltprodukte ist sehr unterschiedlich.
- Befinden sich SF<sub>6</sub>-Spaltprodukte in einer Trafostation (nur bei größeren Leckagen oder Ansprechen der Druckentlastung möglich), so machen sich diese schon bei geringsten Mengen durch einen scharfen, stechenden Geruch (wie faule Eier) bemerkbar.
- Um ein Entweichen der Spaltprodukte aus den gekapselten Anlagen auf ein Mindestmaß zu beschränken, sind in den Anlagen Absorber (z. B. Aluminiumoxyd) eingebaut, welche den Großteil der Spaltprodukte irreversibel binden.

Die Zersetzungsprodukte (Spaltprodukte) des SF<sub>6</sub> sind von unterschiedlicher Giftigkeit. Sie können Reizungen der Haut, Augen und Schleimhäute und – in größeren Mengen eingeatmet – unter anderem Übelkeit, Schwindel und Lungenödeme verursachen. Jedoch rufen bereits geringe Mengen gasförmiger Zersetzungsprodukte innerhalb von Sekunden – ehe eine Vergiftungsgefahr besteht – bestimmte Warnmerkmale hervor (z. B. unangenehmen, stechenden Geruch, Reizung von Nase, Mund und Augen), somit können sich Beschäftigte rechtzeitig in Sicherheit bringen.

Für einige Zersetzungsprodukte bestehen folgende MAK-Werte:

Schwefeldioxyd (SO <sub>2</sub> )	2 ppm	5,0 mg/m <sup>3</sup>
Fluorwasserstoff (HF)	3 ppm	2,0 mg/m <sup>3</sup>
Fluoride (als Fluor betrachtet)		2,5 mg/m <sup>3</sup>

# Mögliche Störfälle

## Brände in SF<sub>6</sub>-Anlagen

Kommt es in einer Trafostation zu einem Brand, so ist der Beitrag von SF<sub>6</sub> zur Giftigkeit der Dämpfe, verglichen mit anderen Brandgasen, zu vernachlässigen.

Gründe hierfür sind:

- Metallteile (Gasbehälter usw.) erreichen maximal eine Temperatur von 600 °C.
- Befindet sich in den Behältern ein Gas, so wird dieses eine Temperatur von weniger als 500 °C annehmen.
- Spricht aufgrund des Druckanstieges, welcher durch die Hitzeeinwirkung eintritt, die Druckentlastung (Berstscheibe) an, so wird das Gas sehr rasch entweichen.
- Durch die starke Konvektion bei einem Brand wird sich das entweichende Gas rasch verflüchtigen. Das Gas ist deshalb der Hitze nicht lange ausgesetzt. Daher wird eine Bildung von Spaltprodukten des SF<sub>6</sub> praktisch nicht eintreten.
- Da SF<sub>6</sub> nicht brennbar ist, kann es das Feuer auch nicht unterstützen. Es hat sogar eine löschende Wirkung.

**Die Brandbekämpfung in SF<sub>6</sub>-Anlagen kann, wie in allen anderen elektrischen Anlagen auch, in der bisher üblichen Vorgangsweise vonstatten gehen.**

## Ansprechen der Berstscheibe oder Durchschmelzen des Gasbehälters

Gründe hierfür können sein:

- Aufgrund eines inneren Störlichtbogens kann es durch den Druckanstieg im Gasbehälter zum Ansprechen der Druckentlastung (Berstscheibe) kommen.
- Wirkt ein Lichtbogen über längere Zeit auf die Behälterwand, so kann dies zu einem Durchschmelzen derselben führen.

In beiden Fällen werden durch das explosionsartige Entweichen der Gasfüllung größere Mengen Spaltprodukte in den Schaltanlagenraum gelangen.

Die festen, pulverförmigen Spaltprodukte werden sich im ganzen Raum verteilen und am Boden sowie auf der Anlage absetzen. Die gasförmigen Spaltprodukte werden sich je nach Belüftung früher oder später verflüchtigen.

## Verhalten bei einem Störfall

- Befinden sich Personen während eines Störfalles im Schaltanlagenraum, müssen sie die Anlage umgehend verlassen.
- Es ist dafür zu sorgen, dass der Schaltanlagenraum gut durchlüftet wird (natürliche Be- und Entlüftung oder Absaugung vorsehen).
- Ein Wiederbetreten des Raumes vor dem Durchlüften darf nur mit geeignetem Atemschutz und persönlicher Schutzausrüstung erfolgen.
- Bevor Reinigungsarbeiten beginnen, muss mittels SF<sub>6</sub>-Detektor festgestellt werden, dass die SF<sub>6</sub>-Konzentration unter 20 ppm liegt bzw. entsprechend dem verwendeten Atemschutz der Luftsauerstoffanteil >17 vol% ist.
- Die Reinigung darf nur mit einem geeigneten Staubsauger, staubdichter Schutzbekleidung und Atemschutz durchgeführt werden.
- Die abgesaugten Spaltprodukte (Staubsaugersäcke) müssen bis zur Entsorgung in dichte Behälter gegeben werden.

**Bei Arbeiten nach Störfällen, sowie bei Arbeiten an geöffneten SF<sub>6</sub>-Anlagen muss persönliche Schutzausrüstung getragen werden.**

1. Augenschutz: Gemäß ÖNORM EN 165 und ÖNORM EN 166 gegen chemische Einwirkungen bzw. Kombination Augenschutz/Atemschutz
2. Atemschutz: Mindestens Feinstaubmaske FFP3, sonst Frischluftgerät mit Schlauch, Behältergerät (Pressluftatmer) oder Regenerationsgerät
3. Schutzhandschuhe aus Latex oder Nitrilkautschuk
4. Staubdichter Einwegschutzanzug mit Kapuze (Overall)
5. Schutzstiefel (z. B. Gummistiefel, weil abwaschbar)

6. Tragbarer SF<sub>6</sub>-Detektor (Lecksuchgerät, Gasmessgerät für Spaltprodukte) oder EX-OX-Gerät zur Messung der Luftsauerstoffkonzentration
7. Industriestaubsauger, Staubklasse H (Gesundheitsgefährdende Stäube, Durchlassgrad 0,005 %, geeignet für MAK-Werte ≤ 0,1 mg/m<sup>3</sup> betreffend das Rückhaltesystem)
8. Erste-Hilfe-Set mit Augenwasch-Ausrüstung (z. B. Augenspülflasche)

## SF<sub>6</sub>-Anlage: Im Störfall



Atenschutz tragen

## Umwelterklärung zu Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>) in Schaltanlagen

### Was ist uns aus aktuellen wissenschaftlichen Ergebnissen bekannt?

1. SF<sub>6</sub> trägt nicht zum Abbau der Ozonschicht bei.
2. Der derzeitige Beitrag von SF<sub>6</sub> zum Treibhauseffekt ist unbedeutend, weil seine Konzentration in der Luft gering ist und bei verminderter Geräteleckage, sorgfältigem Recycling und verbessertem Hantieren mit SF<sub>6</sub> noch lange Zeit so bleiben wird.
3. Die Energiewirtschaft trägt nur einen Bruchteil zur SF<sub>6</sub>-Emission in die Atmosphäre bei, weil sie SF<sub>6</sub> in geschlossenen Anlagen verwendet. Wenn aus Umweltgründen eine Reduktion der SF<sub>6</sub>-Emissionen angestrebt wird, sollte diese bei offenen Anwendungen ansetzen.
4. SF<sub>6</sub> bietet sich als die technisch/wirtschaftlich optimale Lösung für Isolier- und Schaltzwecke an und ist in modernen Starkstromanlagen unverzichtbar.

### Was müssen wir bei Verwendung von SF<sub>6</sub> beachten?

1. In Anlagen, Geräten oder Behältern enthaltenes SF<sub>6</sub> ist bei Wartung oder Instandhaltung sowie vor der Entsorgung grundsätzlich zurückzugewinnen. Das gebrauchte SF<sub>6</sub> ist dem Recycling, der Aufarbeitung oder der Zerstörung zuzuführen.
2. Die Rückgewinnung aus stationären Hochspannungsschaltanlagen ist verpflichtend und muss durch zertifiziertes Personal erfolgen. Details zur Zertifizierung sind durch die Verordnung 305/2008/EG vom 2. April 2008 geregelt.  
**Anmerkung:** Mit derartigen Arbeiten wird im Regelfall ein Lieferant beauftragt, somit trifft diese Verordnung für EVU-Personal nicht zu. (Ausschuss Sicherheit, 192. Sitzung)
3. ÖVE/ÖNORM EN 60480: Richtlinien für die Prüfung und Aufbereitung von Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>) nach Entnahme aus elektrischen Betriebsmitteln und Spezifikation für dessen Wiederverwendung.

Herausgeber: Österreichs E-Wirtschaft, Brahmplatz 3, 1040 Wien

Fachliche Beratung: Ausschuss „Sicherheit“ von Österreichs E-Wirtschaft

Medieninhaber: Österreichs E-Wirtschaft Akademie GmbH, Brahmplatz 3, 1040 Wien

Tel +43 1 501 98-304, Fax +43 1 501 98-902, akademie@oesterreichsenergie.at, www.akademie.oesterreichsenergie.at

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Durchführung der in diesem Dokument beschriebenen Arbeiten auf eigene Gefahr erfolgt und umfassende Fachkenntnis und Sorgfalt erfordert. Trotz sorgfältiger Prüfung wird keine Gewähr für die inhaltliche Richtigkeit übernommen. Außer für Vorsatz und grobe Fahrlässigkeit ist jegliche Haftung von Herausgeber und Medieninhaber aus dem Inhalt dieses Werks ausgeschlossen.

Diese Publikation ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte vorbehalten. © 2019