



## **Hinweise zur ausreichenden Kühlung von AN-/AF-Transformatoren**

Transformatoren zählen nicht nur zu den ältesten elektrischen Betriebsmitteln, sie sind auch die Geräte mit dem höchsten Wirkungsgrad. In der Regel wird bei modernen Drehstromtransformatoren weniger als 1% der Nennleistung in Verlustwärme umgewandelt.

Bei den beispielsweise heute üblichen Leistungsgrößen von Industrietransformatoren im Bereich von 10 bis 15 MVA ergeben sich dabei Verlustleistungen von ca. 100 bis 150 kW. Diese werden vollständig in Verlustwärme umgewandelt und müssen zwingend abgeführt werden, da ansonsten eine thermische Rückwirkung auf den Transformator stattfindet, die zu einem Anstieg der Transformatortemperatur führt. In letzter Konsequenz führt dies zu einer Reduzierung der Lebensdauer und einem vorzeitigen Ausfall.

Alle Transformatoren – unabhängig der Leistung - sind immer für eine bestimmte Lüftungsart ausgelegt. Dabei ist es unwesentlich, ob die Transformatoren selbstkühlend (Kühlungsart AN) oder mit angebauten Lüftern zur Leistungssteigerung (Kühlungsart AF) betrieben werden. Die Lüftungsanlage muss für die maximal auftretende Verlustwärme bemessen werden.

### **Elektrischer Betriebsraum für Transformatoren mit AN-/AF-Kühlung**

Für die Auslegung des elektrischen Betriebsraumes eines Transformators bedeutet dies, dass bereits in der Planungsphase die Lüftungstechnischen Aspekte des Raumes berücksichtigt werden müssen. Die Belüftung der Transformatorräume ist demnach für die zu erwartende Verlustwärme der Summe der Transformatoren auszulegen, wobei spätere mögliche Erhöhungen der Transformatorleistungen zu berücksichtigen sind. Die Zu- und Abluftöffnungen sind unmittelbar ins Freie zu führen. Die Räume müssen dabei ständig so wirksam be- und entlüftet werden, dass die beim Betrieb der Transformatoren auftretende Abwärme komplett abgeführt wird.

### **Zu- und Abluft**

Die Zuluft für die Räume muss unmittelbar bzw. über besondere Lüftungsleitungen dem Freien entnommen werden, während die Abluft unmittelbar bzw. über besondere Lüftungsleitungen ins Freie geführt werden muss. Lüftungsleitungen, die durch andere Räume führen, sind so zu installieren, dass Feuer und Rauch nicht in andere Räume übertragen werden können. Öffnungen von Lüftungsleitungen zum Freien müssen Schutzgitter haben. Falls die Zuluft stark verschmutzt ist, muss sie vor dem Eintritt in den Raum gefiltert werden. Lufteintritts- und Luftaustrittsöffnungen müssen so angeordnet sein, dass die Belüftung der Transformatoren mit Frischluft sichergestellt ist. Die Lufteintrittsöffnungen sollen im unteren Bereich, die Luftaustrittsöffnungen im oberen Bereich angebracht sein. Einrichtungen, die den freien Durchgang der Luft behindern, dürfen nicht in die Zu- und Abluftkanäle von Transformatorräumen eingebaut werden. Lüftungskanäle für natürliche Lüftung sollen auf direktem Weg zu den Ein- und Auslassöffnungen verlegt werden. Der Luftaustritt soll sich mindestens 0,9 m über den Transformatoren befinden. Die Neigung der Lüfterkanäle darf nicht mehr als 45° von der Vertikalen abweichen. Eine besonders wirksame Kühlwirkung wird erreicht, wenn die Kühlluft im unteren Bereich des Raumes einströmt und an der gegenüberliegenden Raumseite unterhalb der Decke ins Freie abgeführt wird (Bild 1).



Bild 1) Pfeil A1: Zuluft; Pfeil A2: Abluft

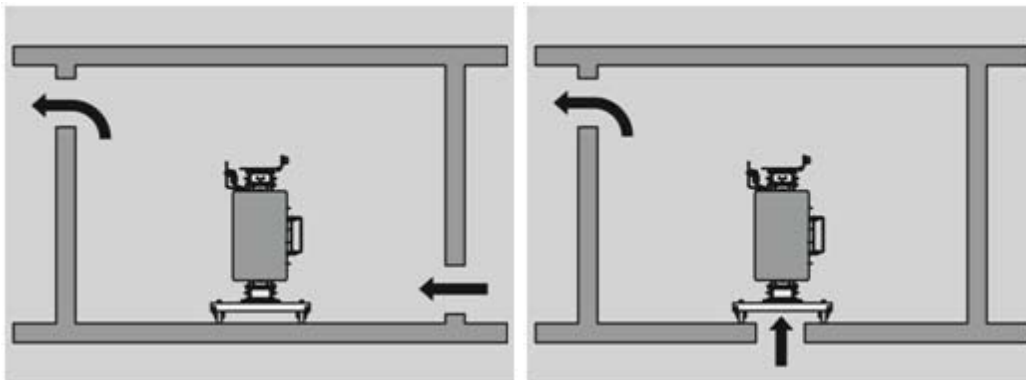
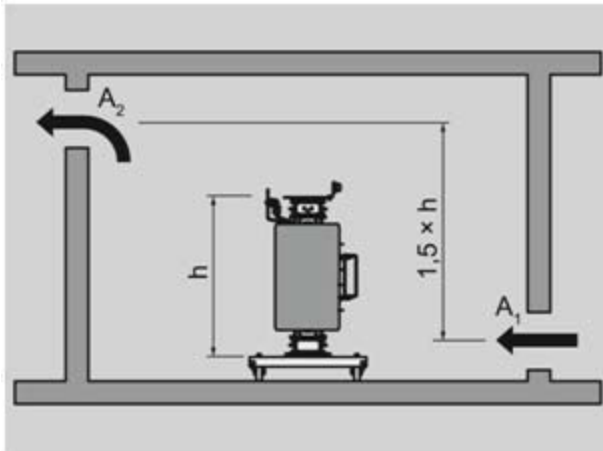
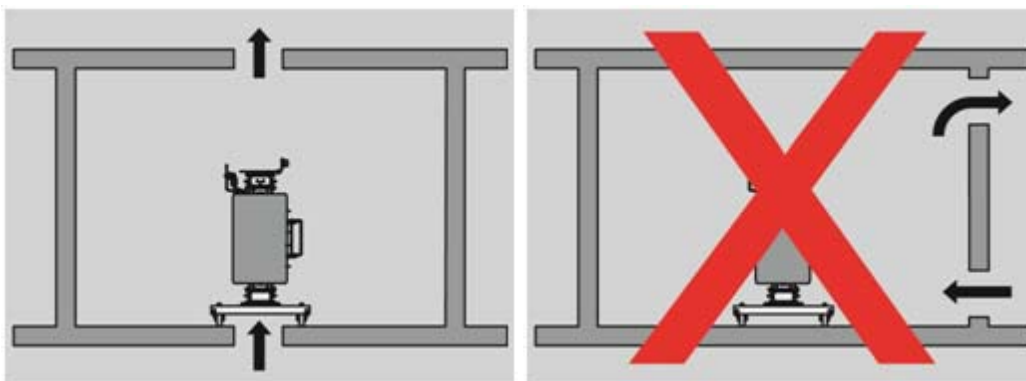


Bild 2) Weitere mögliche Zu- und Abluftvarianten





### Grundlegende Anforderungen an eine ausreichende Raumbelüftung für AN-/AF-Betrieb

Für die effiziente Versorgung des Transformators mit ausreichender Kühlluft müssen folgende Grenzwerte eingehalten werden.

Luftmenge: > 4 m<sup>3</sup> pro Minute und kW Verlustleistung

Luftgeschwindigkeit: < 1,5 m/s

Lufttemperatur: Jahresmittel 20°C  
Monatsmittel 30°C  
Maximaltemperatur 40°C

Aufstellhöhe: <1000 m üNN

Die dafür notwendige Dimensionierung der Zu- und Abluftöffnungen mithilfe folgender Faustformel bestimmt werden.

$$A_{(Zuluft)} = \frac{0,18 * P_v}{\sqrt{H}}$$

$$A_{(Abluft)} = 1,1 * A_{(Zuluft)}$$

- PV = Gesamtverlustleistung in kW

- H = Höhendifferenz zwischen Mitte Einlass und Mitte Auslass in Meter

Sollten in der Zuluft noch Jalousien, Filter o.Ä. installiert werden, vergrößert sich dadurch die Ein- bzw. Austrittsfläche.

### Besondere Bedingungen

Unter Umständen kann kein elektrischer Betriebsraum mit ausreichender Dimensionierung zur Verfügung gestellt werden (z.B. bei Verwendung vorhandener Räumlichkeiten). In diesen Fällen kann durch eine aktive Belüftung des Raumes (ACCS = Assisted Cooling Convection System) dennoch eine ausreichende Kühlung des Transformators erreicht werden. Dabei wird mithilfe von entsprechend dimensionierten Lüftern im Abluftkanal und durch eine geeignete Luftführung eine Zwangsdurchströmung der Transformatorspulen erreicht. Hierdurch lassen sich in der Regel Betriebsräume nutzen, die lediglich die Anforderungen an die elektrischen Gegebenheiten (Schlagweiten etc.) erfüllen müssen.