

Verflüssiger und Rückkühlerregelung für Anwendungen in Wohn- und Mischgebieten

Uwe Knief, Baierbrunn

Die vorgeschriebenen Geräuschimmissionswerte, die beim Aufstellen von Verflüssigern und Rückkühlern in Kurgebieten, Wohngebieten und Mischgebieten eingehalten werden müssen, unterscheiden sich deutlich im Tag- und Nachtbetrieb. Vor diesem Hintergrund erlangen definierte Schallemissionsangaben von Verflüssigern und Rückkühlern immer größere Bedeutung.

Es soll in diesem Aufsatz verdeutlicht werden, wie eine hohe Schallreduzierung schon bei geringer Senkung der Umgebungstemperatur, definierte Schallangaben im Teillastbereich sowie ein energetisch günstiger und wartungsfreier Betrieb mit einer Traforegelung umgesetzt werden können.

Stufen-Trafo-Regelung

Der 5-Stufen-Trafo senkt die Spannung mittels transformatorischer Induktion. Die Sekundärspule hat mehrere gestufte Abzapfungen, durch die sich unterschiedliche Ausgangsspannungen ergeben. Aufgrund thermodynamischer Berechnungen, Schall-, Strom- und Drehzahlmessungen an den Ventilatoren und Anlagentests wurden die einzelnen Stufen festgelegt. Es ergaben sich die in Bild 1 dargestellten Ausgangsspannungen.

Stufe	Abstufung	Spannung
5. Stufe	100 %	400 V
4. Stufe	72 %	290 V
3. Stufe	57 %	230 V
2. Stufe	40 %	160 V
1. Stufe	25 %	100 V

Bild 1 Reglerabstufung des 5-Stufen-Trafo

Bei der Regelung mittels transformatorischer Spannungsänderung bleiben Strom und Spannung sinusförmig (Bild 2). Elektromagnetisch angeregte Schwingungen und Geräusche treten nicht auf. Dadurch ermöglicht der 5-Stufen-Trafo die exakte Einhaltung der projektierten Schallangaben auch im Teillastbereich. Voraussetzung dafür sind Motore, deren Drehzahl durch Spannungssenkung reduzierbar sind. Dies ist bei den heute eingesetzten Ventilatoren bereits Stand der Technik.

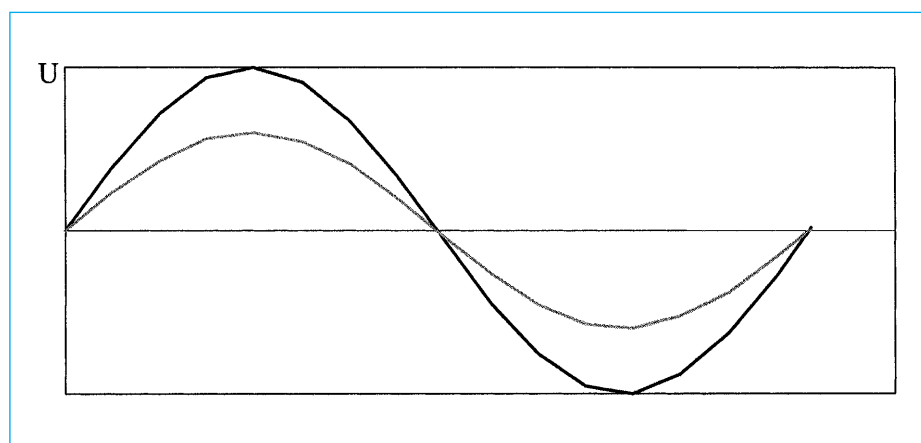


Bild 2 Spannungssenkung mittels transformatorischer Induktion

zum Autor

Dipl.-Ing. (FH)
Uwe Knief,
Key Account
Manager, Küba
Kältetechnik
GmbH,
Baierbrunn



Beispiel

Das folgende Beispiel demonstriert die mit einem 5-Stufen-Trafo mögliche Reduzierung von Schall und Stromaufnahme im Teillastbereich. Es wird von einem 6motorigen Rückkühler GAV S09 2x3 C (Küba Kältetechnik) mit langsam laufenden Sichellüfter-Ventilatoren ausgegangen.

Betriebsdaten/Auslegungsdaten:

Kälteträger: Monoethylen-Glykol 34 %
 max. Umgebungstemperatur T_{L1} : 32 °C
 Sole-Eintrittstemperatur T_{S1} : 45 °C
 Sole-Austrittstemperatur T_{S2} : 40 °C
 Rückkühlleistung Q_R : 240 kW

Der Betrieb des Rückkühlers führt zu einer Schallemission. Der A-bewertete Schalleistungspegel beträgt hier 79 dB(A). Dies führt zu einer Schallimmission z. B. bei einem Anwohner. In diesem Beispiel resultiert ein Schalldruckpegel in 12 m Entfernung von 45 dB(A) (Bild 3).

Bild 4
 Schall und Stromaufnahme in Stufe 5

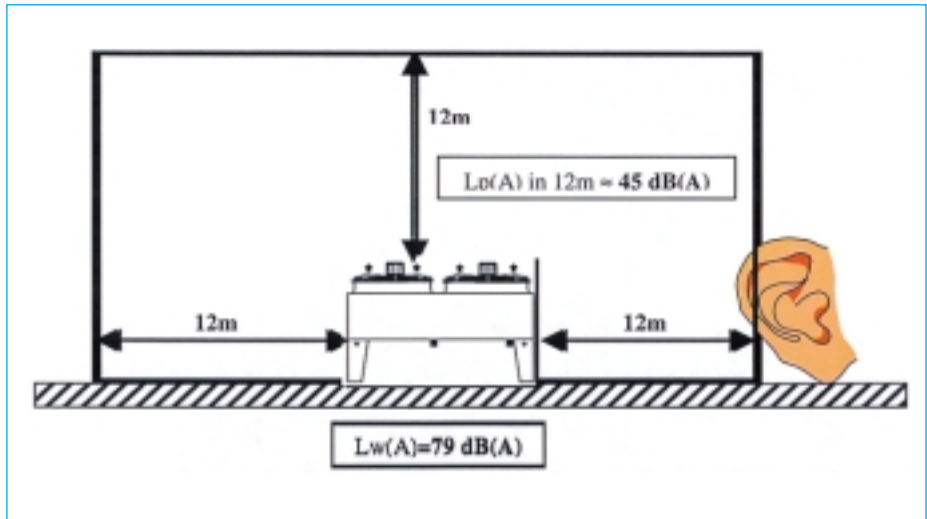
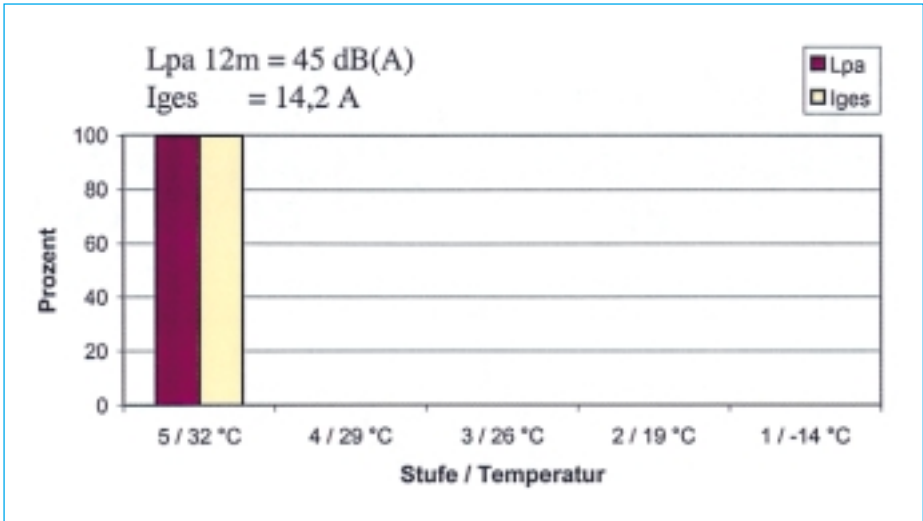


Bild 3 Beispiel: Schallemission eines GAV S09 2x3C (Küba Kältetechnik)

Stufe 5 – Vollast

Entspricht die Umgebungstemperatur der Auslegungstemperatur von $t_{L1} = 32 °C$, so arbeitet der Rückkühler im Vollastbetrieb. Der Regler schaltet auf Direkt-Netzbetrieb, d. h. die Transformatorspulen sind stromfrei. Dadurch treten keine regelungsbedingten Verluste auf.

Im Vollastbetrieb beträgt der Schalldruckpegel $L_{pa} = 45 dB(A)$ und die Gesamtstromaufnahme I_{ges} der 6 Ventilatoren 14,2 A. Diese maximalen Werte entsprechen 100 % (Bild 4).

Stufe 4

Sinkt die Umgebungstemperatur T_{L1} von 32 °C auf 29 °C, wird die volle Rückkühlleistung bereits in Stufe 4 erbracht (Bild 5). Die Lüfterdrehzahl sinkt auf 77 % der Ausgangsdrehzahl. Dadurch reduziert sich die Schallemission um 8 dB(A).

Zur Veranschaulichung: 6 gleiche Schallquellen von je 37 dB(A) bewirken in der Summe eine Schallpegelerhöhung von 8 dB(A), führen also zu einem Gesamtschallpegel von 45 dB(A). Dies bedeutet, daß 6 gleiche Rückkühler die in Stufe 4 laufen, den gleichen Schallpegel erreichen wie 1 Gerät im Vollastbetrieb.

In Stufe 4 reduziert sich die Stromaufnahme der Ventilatoren auf 69 % des Vollaststroms.

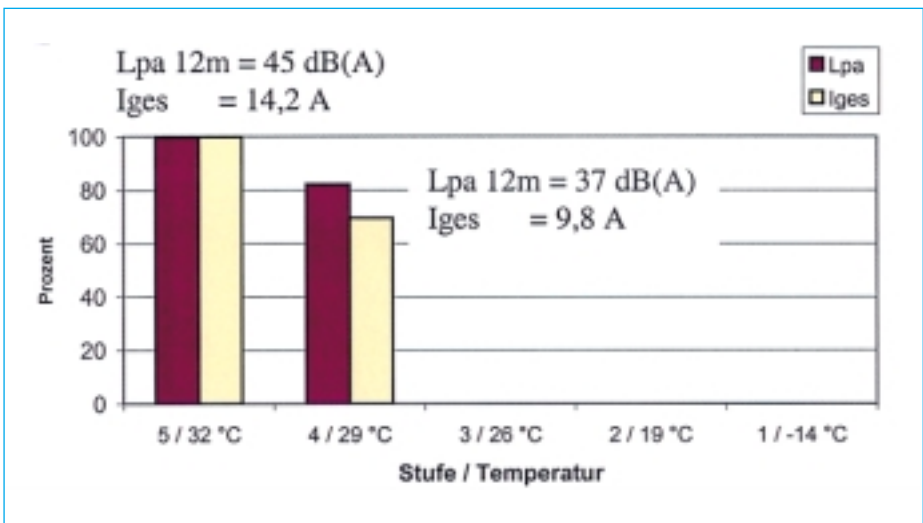


Bild 5 Schall und Stromaufnahme in Stufe 4 und 5

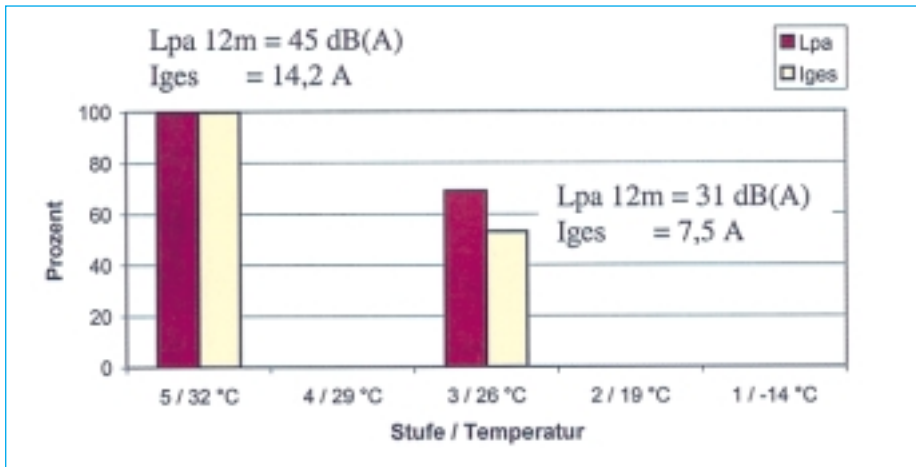


Bild 6 Schall und Stromaufnahme in Stufe 3 und 5

Stufe 3

Bereits bei 26 °C Lufteintrittstemperatur erreicht der Rückkühler die geforderte Leistung von 240 kW in der 3. Stufe (Bild 6). Die Schallmission in 12 m Entfernung sinkt auf nur noch 31 dB(A). Im Vergleich zu Stufe 5 beträgt die Stromaufnahme der Motoren nur 55 %.

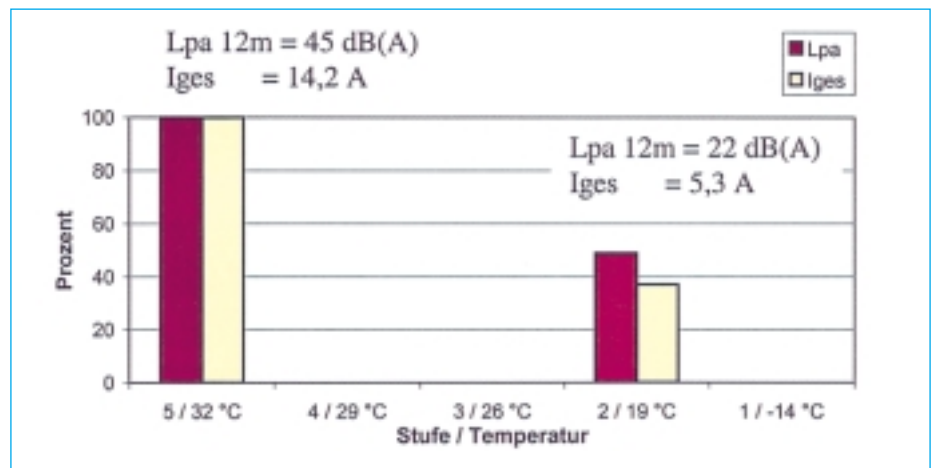


Bild 7 Schall und Stromaufnahme in Stufe 2 und 5

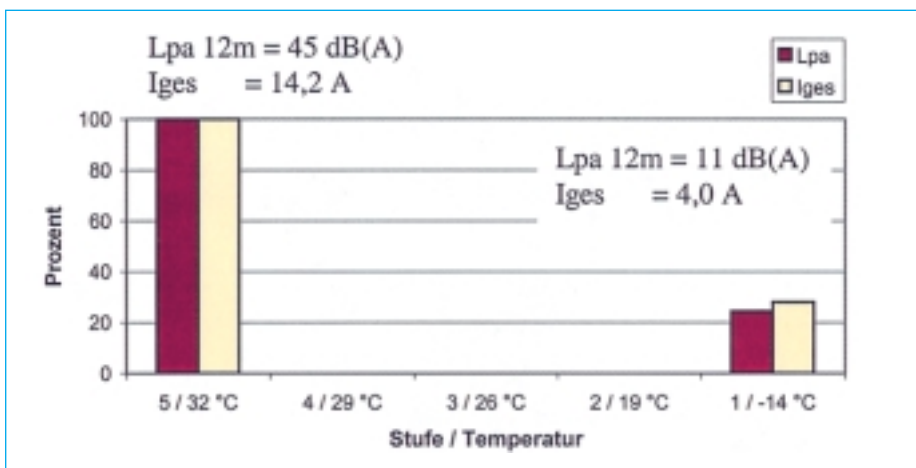


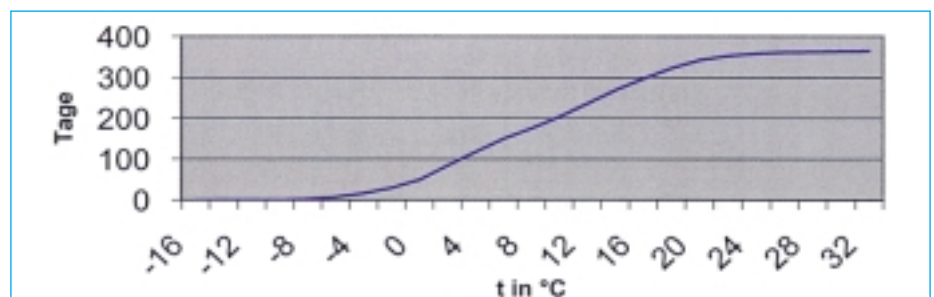
Bild 8 Schall und Stromaufnahme in Stufe 1 und 5

Stufe 1

Bei einem Betrieb des Rückkühlers in Stufe 1 sind Schall und Stromaufnahme weiter reduziert (Bild 8).

Wird der Rückkühler auf die Schallanforderungen eines Kurgebiets ausgelegt, also mit langsam laufenden Sichelflügel-Ventilatoren, kann die Soleaustrittstemperatur T_{S2} bis zu einer Umgebungstemperatur von -14 °C geregelt werden. Bei Außentemperaturen bis zu -14 °C kann der Betrieb ohne zusätzliche Maßnahmen im Kältekreis erfolgen.

Bild 9 Anzahl der jährlichen Tage mit einer Durchschnittstemperatur unter x °C, berechnet nach DIN 4710 für Mannheim



Laufzeit in Teillast

Die Tagesdurchschnittstemperaturen in Deutschland liegen hauptsächlich in einem Bereich zwischen 0 °C und 18 °C (Bild 9).

Der Betrieb des Rückkühlers erfolgt für den Großteil des Jahres im Teillastbereich. Nach DIN 4710 (11.82) liegt die Temperatur in Mannheim im statistischen Mittel nur an 15 Stunden pro Jahr über 32 °C. Die deutlich geringeren Schallemissionen und die Stromaufnahme im Teillastbereich liegen also nicht nur nachts, sondern zum Großteil des Jahres auch am Tag vor.

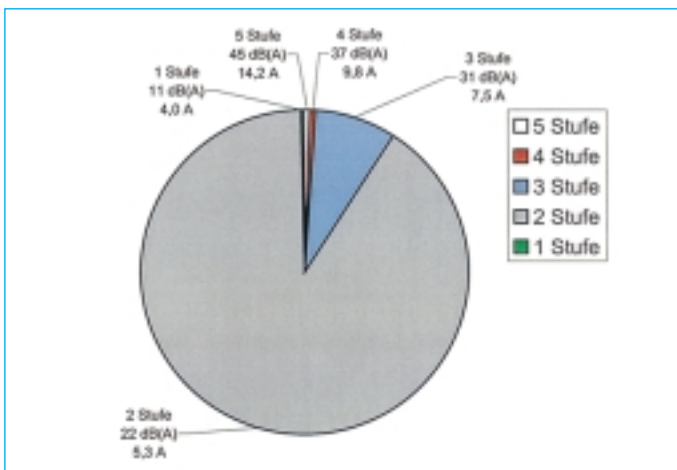


Bild 10 Laufzeit der einzelnen Stufen im Jahresdurchschnitt

Fazit

Die Regelung mittels 5-Stufen-Trafo-Regler, eingesetzt bei Verflüssigern und Rückkühlern in geräuschsensibler Umgebung wie z. B. Kur-, Wohn- und Mischgebiete, ermöglicht problemlos die genaue Einhaltung der vorgeschriebenen Schallwerte. Definierte Schallangaben in allen Leistungsbereichen ermöglichen eine genaue Projektierung. Die Schallemission in Teillastbereichen, in denen sich der Verflüssiger/Rückkühler hauptsächlich befindet, sind deutlich vermindert gegenüber dem Auslegungs- bzw. Vollastbereich.

Durch den Einsatz des 5-Stufen-Trafo lassen sich Betriebskosten senken. Dies geschieht durch:

- geringere Stromaufnahme im Teillastbereich,
- Direkt-Netzbetrieb in Vollast (keine Verluste durch die Regelung),
- wartungsfreier, motorschonender Betrieb.

Die Ausführung des Verflüssigers bzw. Rückkühlers mit montiertem, komplett verdrahtetem 5-Stufen-Trafo-Regler im Schalt-schrank minimiert zusätzlich die Aufstellzeit und -kosten (Bild 11). □

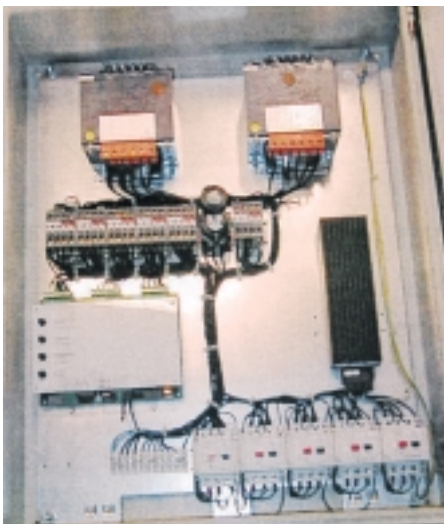


Bild 11 5-Stufen-Trafo – Regler montiert im Schalt-schrank