

# Vergleichbar mit dem Transrapid

## Magnetturbotechnologie für Direktverdampfungssysteme

*Für die Hersteller von Gesamtanlagen, in denen Kühlsysteme mit Kältemittel integriert sind, und den Betreibern von solchen Anlagen, werden Betriebssicherheit, Umweltverträglichkeit entsprechend gesetzlicher Anforderung sowie Investitions- und vor allem Betriebskosten immer wichtiger. Gleichzeitig entstehen durch Erhöhung der Effizienz, Durchsatz und Taktzeiten von Maschinen höhere Anforderungen an die Qualität von Raumluftbedingungen, die immer größere Leistungen zur Wärmeabfuhr erforderlich machen. Der dafür erforderliche Kühlprozeß verursacht entsprechende Betriebskosten.*

**N**eben der bisher üblichen Weise, Wärme über Kaltwasser aus den Räumen abzuführen, entwickelt sich immer mehr die Direktverdampfung von Kältemittel zur Klimatisierung. Bei diesen Systemen dient nicht Wasser als Kälteüberträgermedium, sondern die Wärme wird direkt ohne Zwischenmedium mittels direkt verdampfendem Kältemittel aus dem Raum abgeführt. Die Gesamtinvestitionskosten und die Betriebskosten sind bei Anlagen mit Direktverdampfung (DX-Betrieb) erheblich günstiger (siehe Tabelle 1). Die Investitionskosten sind je nach Rohrleitungslängen und Anzahl der einzelnen Kühlstellen zwischen fünf und 30 Prozent günstiger. Bei den Betriebskosten kann man von ca. 20 bis 37 Prozent geringeren Kosten ausgehen.

### Ölfreie Turboverdichter

Bei den bisher üblichen Systemen mit ölgeschmierten Verdichtern ist es systembedingt, daß ein gewisser Anteil Öl im gesamten Kreislauf zirkuliert und über die Rohrleitungen wieder in den Verdichter zurückgeführt werden muß. Deshalb ist es schwierig, DX-Systeme mit Leistungsregelung in einer größeren Entfernung aufzubauen, weil der technische Aufwand,

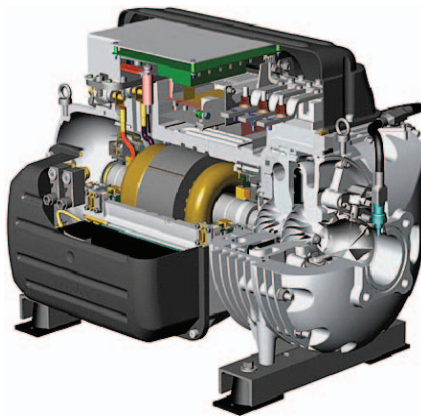


Abb. 1: Aufbau Magnetturboverdichter.

das Öl gesichert zurückzuführen, immer größer wird. Wird dies nicht genügend beachtet, treten nach relativ kurzer Betriebszeit Verlagerungen mit Störungen auf, die zur Schädigung der Verdichter führen können. Besondere Schwierigkeiten treten auf, wenn die Anlagenanordnung über mehrere Stockwerke führt oder größere Anforderungen an die Regelbarkeit im Teillastbereich gestellt werden.

Bei Verwendung des seit über zwei Jahren im Einsatz befindlichen ölfreien Turboverdichters mit Magnetlagerung sind Möglichkeiten gegeben, Systeme in nahezu jeder Entfernung auch über mehrere Stockwerke zu realisieren. Da dieser Verdichter kein Öl benötigt, sondern nur noch reines Kälte-

mittel in den Rohrleitungen fließt, muß keine Rücksicht auf Ölrückführung genommen werden. An dieses Kältemittelsystem können verschiedene Arten von Wärmetauschern angeschlossen werden.

### Verschiedene Verflüssigerformen möglich

Zur Wärmeabfuhr der im Kühlprozeß übertragenen Wärme bei der Kältemittelverflüssigung können luftgekühlte Verflüssiger, sowohl im Trockenbetrieb, als auch im Verdunstungs- und adiabatischen Betrieb eingesetzt werden. Die neuen Hybridsysteme sind ebenfalls geeignet, um die besonderen Vorteile herauszustellen. Die klassische Lösung mit wassergekühlten Verflüssigern über Verdunstungs-Kühltürme, Trockenrückkühler oder Hybrid-Rückkühlwerken ist ebenfalls möglich.

Zur Kühlung können auch unterschiedliche Wärmetauscher angeschlossen werden. Der Mix an Wärmetauscher kann aus DX-

Ludwig Regner

Vorstandsvorsitzender der opk Kälte- und Klimatechnik AG ([www.opk.de](http://www.opk.de)).

Verdampfern in Lüftungsanlagen, Deckenkassetten oder Klimatruhen zur Raumkühlung oder aus Wärmetauschern zur Prozeßkühlung für Öle, Emulsionen o. ä. bestehen.

Die Verdichter können ebenfalls für die Erzeugung von Kaltwasser eingesetzt werden und gewinnen in diesem Bereich rasant an Marktanteilen. Die ölfreien Magnetturboverdichter sind vorwiegend für den klimatechnischen Bereich optimiert und einsetzbar.

## System Magnetturboverdichter

Das neuartige System Magnetturboverdichter findet seit zwei Jahren Verbreitung in der Kältetechnik. Der Verdichter ist vergleichbar mit dem Transrapid in der Zugtechnologie. Die Welle des Verdichters schwebt im Betrieb mittels Magnetfeld ebenfalls völlig frei.

Durch die Magnetlagerung wird kein Öl zur Schmierung der Lager in dem Verdichter benötigt. Der Aufbau eines Magnetturboverdichters ist in Abbildung 1, die Funktionsweise in Abbildung 2 dargestellt. Bei 50 000 U/min beeinflussen 6 000 000 Messungen pro Minute an den Sensorringen über eine elektronische Lagerzentrierung die Position der Welle.

Dieses Magnetturboverdichtersystem findet Anwendung in Flüssigkeitskühlern und in Direktverdampfungssystemen. Wie oben beschrieben waren bislang bei Direktverdampfungskältekreisläufen die Rohrleitungslänge oder die Höhenunterschiede wegen der Ölrückführung oft das k.o.-Kriterium.

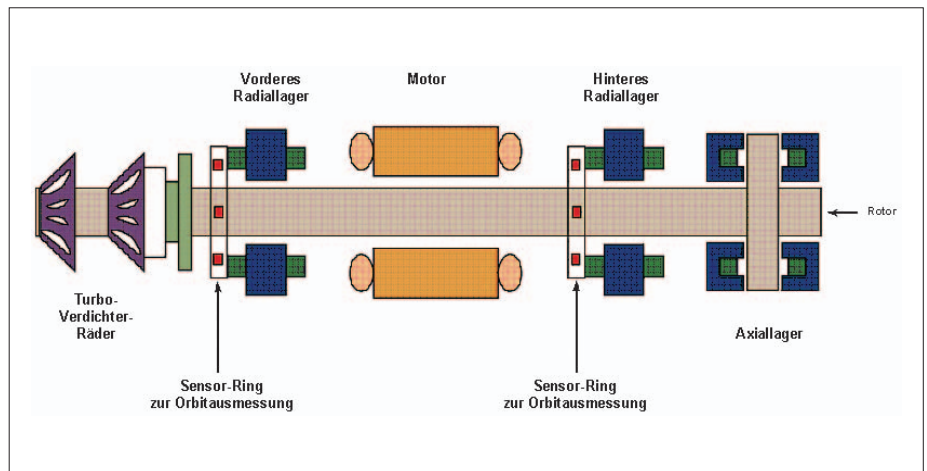


Abb. 2: Funktionsweise des magnetischen Lagersystems.

Wenn kein Öl in dem Verdichter verwendet wird, braucht man sich über die Ölrückführung auch keine Gedanken machen. Sehr häufig werden Direktverdampfungsanlagen auf dem Dach aufgestellt. Nach §19L Wasserhaushaltsgesetz muß gesichert sein, daß kein Öl in das Abwasser gelangt. Aus diesem Grunde werden vermehrt zusätzliche prüfpflichtige Wannen eingesetzt, um einen Ölaustritt aus dem Verdichter zu sichern. Auch dieses Thema ist durch die Ölfreiheit im Kältekreis eliminiert.

Ein weiteres Problem ist sehr oft die Gewichtsbelastung auf einem Dach. Das Gewicht des Magnetturboverdichters beträgt 130 kg gegenüber 804 kg von einem vergleichbaren Schraubenverdichter. Dies hat im Havariefall den Vorteil,

daß beim Wechseln von herkömmlichen Verdichtern ein Kraneinsatz meistens unumgänglich ist, jedoch der Magnetturboverdichter mit zwei Personen von Hand weggetragen werden kann.

## Leistungsregelung des Verdichters

Die Leistungsregelung des Verdichters erfolgt über die Drehzahl. Der Verdichter in EPC-Ausführung ist in Abhängigkeit vom Betriebspunkt zwischen 30 und 100 Prozent stufenlos regelbar. Bei noch kleinerer Leistungsanpassung kann bei Mehrverdichteranlagen größerer Leistung der jeweilige Verdichter abgeschaltet werden, oder über einen Bypass die Teillast ausgeregelt werden.

Im Verdichter ist bereits ein umfangreiches Drehzahlmanagement für den Start, den Betrieb und für das Abschalten enthalten. Der Verdichter hat für den Fall eines Stromausfalls eine interne Notversorgung, so daß ein sicheres Abfahren gewährleistet ist. In der Startphase treten keine hohe Anlaufströme auf, sondern der Verdichter beginnt sich bereits mit zwei Ampere Strom zu drehen, und fährt innerhalb ca. 180 Sekunden auf Nenndrehzahl und hat dann seine erforderliche Kälteleistung.

Nach Abschaltung ist eine Wiedereinschaltung sofort möglich, da sich die Wicklung des Motors nicht extrem durch Startvorgänge erwärmt. Durch den geringen Anlaufstrom und das langsame Startverhalten wird auch die Lebensdauer des Motors erheblich verbessert.

**Tabelle 1: Betriebskostenvergleich (Dem Vergleich liegen zugrunde: Jahresbetriebsstunden 3000 h/p.a.; Außentemperatur Häufigkeit nach DIN 4710)**

Betriebskostenvergleich	DX-Betrieb	Kaltwasser
Verdichtertyp	Magnetturboverdichter TT 300	
max. Kälteleistung	250 kW	250 kW
Kaltwasser		12/6 °C
Verdampfung	12 °C	1 °C
Verflüssigung	23 bis 50 °C	2 ° bis 50 °C
durchschnittliche Kälteleistung	175 kW	175 kW
durchschnittliche Leistungsaufnahme	27,36 kW	43,5 kW
Jahresverbrauch in kWh	82080 kWh	130500 kWh
Jahresbetriebskosten	5745,60 €	9135,00 €

## Schallabstrahlung des Verdichters

Ein besonderer Vorteil der Magnetturboverdichtertechnologie liegt in der Schallabstrahlung des Verdichters. Durch die kontinuierliche Verdichtung kommt es zu keinem Pulsationsgeräusch, sondern das Ohr nimmt ein monotones Summen als Strömungsgeräusch wahr. Auch hier werden oft hohe Kosten erforderlich, um den Einsatz einer Anlage schalltechnisch so auszustatten, daß die angrenzenden Wohn- und Bürogebäude nicht beeinträchtigt werden (siehe Abbildung 3). Wie man aus der Kurve entnehmen kann ist der Magnetturboverdichter am geräuschärmsten gegenüber allen anderen Verdichterarten.

## Betriebskosten

Interessant wird es mit dem Magnetturboverdichter dann, wenn man die Betriebskosten betrachtet. Der Verdichter hat gegenüber allen anderen Verdichtern im Teillastbetrieb eine wesentlich geringere Leistungsaufnahme. Während sich bei herkömmlichen Verdichtern die Leistungsaufnahme im Vergleich zur Kälteleistungserzeugung erhöht, ist das beim Magnetturboverdichter genau gegenläufig. Wenn weniger Kälteleistung verlangt wird, wird die Drehzahl verringert. Durch die verringerte Drehzahl nimmt der Leistungsverbrauch quadratisch ab. Für die oben beschriebenen Direktverdampfungssysteme, (Verdampfungstemperatur 10 °C) braucht der Magnetturboverdichter im Jahresdurchschnitt je nach Auslastung 10 bis 20 Prozent weniger Energie als herkömmliche Kompressoren.

Die Maximalleistung des Verdichters liegt zwischen 250 bis 310 KW Kälteleistung und ist bis auf ca. 95 KW herunterzuregulieren. Es können mehrere Verdichter parallel betrieben werden, so daß Kälteleistungen bis 1 800 KW in einer Maschine erzeugt werden können.

## Stufenlose Regelbarkeit

Die stufenlose Regelbarkeit ist heute häufig das wichtigste Kriterium. Für Direktverdampfungssysteme wurden in den Bereichen Regelungen, Ventile sowie Wärme-

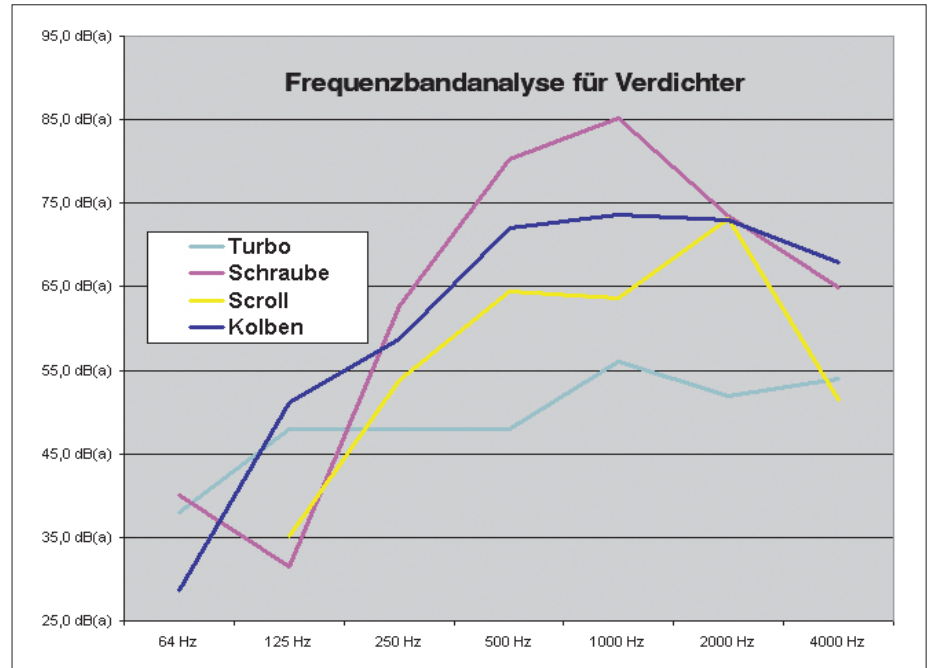


Abb. 3: Frequenzbandanalyse für Verdichter.

tauschertechnik in den letzten Jahren viele Neuentwicklungen umgesetzt. Nur mittels dieser Technologien ist es heute möglich, exakte Luftaustrittstemperaturen und Luftfeuchten ohne das bisher übliche Kaltwasser zu regeln. Durch ein spezielles System, welches von der opk Kälte- und Klimatechnik AG in Verbindung mit der Firma Hans Güntner GmbH entwickelt wurde, sind heute Direktverdampfer bis auf 0 Prozent Kälteleistung im Dauerbetrieb herunterzuregulieren. Die Temperaturschwankungen im Luftaustritt betragen maximal +/- < 1 Kelvin. Um dies zu

realisieren, müssen sowohl die Expansionsventile und Bypassregelungen direkt aus der Kältemaschine angesteuert werden. Die Temperaturgenauigkeit hängt von der Überhitzungsregelung der Expansionsventile ab. Je instabiler die Ventile arbeiten, je ungenauer wird auch die Luftaustrittstemperatur. Gleichzeitig muß die Verdampfungstemperatur kontrolliert werden, daß es im Schwachlast zu keiner Vereisung kommt. In der Auslegung der Verdampfer liegt sehr häufig das Problem für Anlagen, welche nicht einwandfrei und stabil funktionieren. Häufig werden

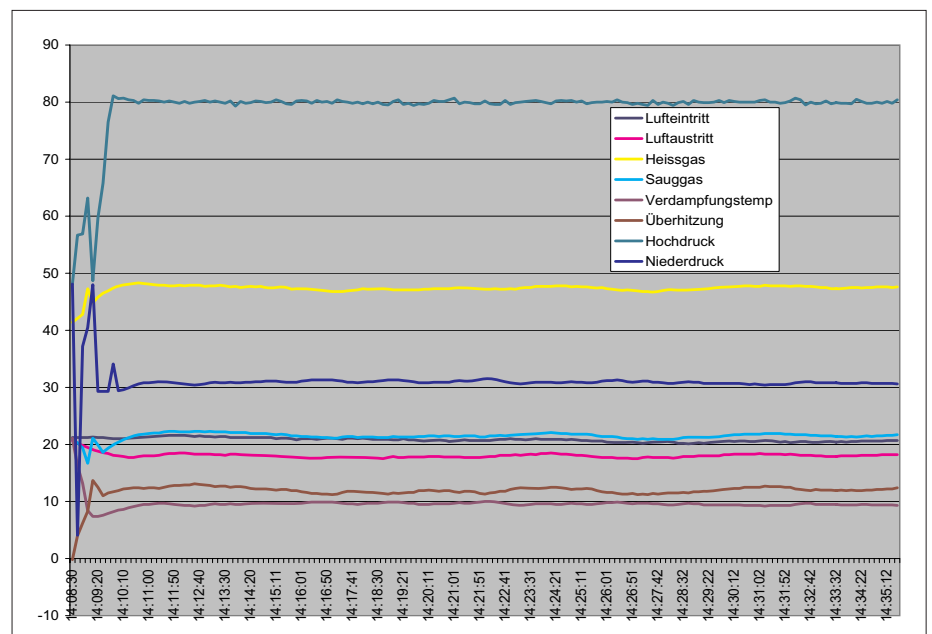


Abb. 4: Datenaufzeichnung von Temperaturen nach dem Start einer Magnetturboverdichter – Direktverdampfanlage.

Verdampfer bereits bei der Auslegung falsch berechnet und nicht alle Lastzustände berücksichtigt.

Die Betriebskosten bei korrekter Auslegung über den gesamten Leistungsbereich sind 15 bis 20 Prozent geringer. Die Aufgabe der Regelung und Steuerung solcher Systeme muß durch eine komplexe DDC Regelung übernommen werden. opk hat vor acht Jahren diese Systeme in einigen Bereichen eingeführt und das dafür erforderliche Know-how und die erforderliche Programmierung in jahrelanger Arbeit und Erfahrung aufgebaut.

Neben der normalen Kältemaschinenüberwachung, welche mit binären Signalen und mit Zeitverzögerungen etc. zu realisieren ist, wurden Programme zur Überhitzungsregelung, Lastrechnung, Regelung von Ventilen und Stellantrieben sowie zur Datenaufzeichnung entwickelt. Die Bedienung und Einstellung erfolgt mit einem Touchbediengerät. In diesem ist ein Störmeldetagebuch implementiert, welches mit Datum und Uhrzeit die kritischen Zustände aufzeichnet.

Aus dem Einsatz in der Prüfstandstechnologie resultieren heute viele Erfahrungen und Programmteile für eine optimale komplexe Regelung. Die Berechnung der erforderlichen Kälteleistung, sowie die abgebildete Performance der Anlage in der hinterlegten Programmierung, ermöglichen es innerhalb kürzester Zeit, die Anlage optimal auf neue Temperatur- und Lastzustände einzustellen.

### Störungshistorie

Ein wichtiger Bestandteil der Anlage ist die Störungshistorie. Im Fall einer Störung werden die Werte gestopt und eingefroren. Damit ist man in der Lage, die realen Betriebsbedingungen, bevor die Störung eingetreten ist, zu sehen und kann somit Störungen eingrenzen und beheben. Aus der Störungshistorie heraus, ist ein richtiges Datenloggersystem entstanden, welches im Betrieb die Daten aufzeichnet (siehe Abbildung 4). Die Kapazität für 30 Werte reicht bei einminütiger Aktualisierung für 24 Stunden.

Die Daten können mit einer preisgünstigen Software vom Betreiber und Hersteller in CSV Format herausgelesen werden und in Excel oder einer anderen Tabellenkalkulation in graphische Datenlinien umgesetzt werden. Mit dem entwickelten System ist eine Anbindung an die verschiedensten Bussysteme möglich. Am häufigsten kommt hier die Profibusanbindung zum Einsatz. Abgerundet wird die moderne Steuerungs- und Regelungsart durch die einsetzbare Onlinetechnik. Die Verbindung kann über Modem, Internet und GSM aufgebaut werden.

Mittlerweile ist opk mit mehr als 150 Anlagen online verbunden, und kann so die Anlagen der Kunden innerhalb von 30 Minuten überprüfen, Überlastzustände oder überspringende Regelungen kompensieren, oder erforderliche Serviceeinsätze kontrolliert und optimiert einleiten. Aus der Erfahrung heraus, können bis zu 50 Prozent der Serviceeinsätze durch die Onlinetechnologie vermieden werden. □



## Kälte- und Klimatechnik AG



*Wir sichern Ihre Prozesse überall - mit weltweiter Lieferung und weltweitem Service!*

Klimageräte  
Kälteanlagen  
Kaltwassersätze  
Industriekühlung  
Wärmepumpen

Komplettservice  
Eigene Fertigung  
Lieferung-Montage  
Fernwartungssysteme

