

# Kältetechnik im Bremsenprüfstand

## Simulation verschiedenster Betriebsbedingungen

Bei der Entwicklung neuer Werkstoffe und Verfahren in der Medizintechnik und in der modernen Fertigung spielt die Kältetechnik eine immer größere Rolle. Ist die Anwendung der Kältetechnik in der Lebensmittelbranche und bei der Raumklimatisierung allgemein bekannt, erfährt oft selbst der Branchenkenner kaum etwas über Anwendungen kältetechnischer Prozesse in Laboren und Entwicklungsabteilungen. Hier wird eine Anwendung der Kältetechnik vorgestellt, von der sicher jeder schon profitiert hat, ohne sich dessen bewusst zu sein.

Die Fa. Honeywell Bremsbelag GmbH in Glinde bei Hamburg stellt Bremsbeläge für Pkw, Nutzfahrzeuge und auch Schienenfahrzeuge her. Im Bereich Bremsbeläge spielt neben der Sicherheit, die immer im Vordergrund steht, der Komfort heute die entscheidende Rolle. Die Mehrzahl aller Reklamationen bei heutigen Fahrzeugen bezieht sich auf inakzeptable Geräuschentwicklungen im Fahrzeug. 50 % des Entwicklungsaufwands bei Bremsen stehen deshalb direkt oder indirekt in Zusammenhang mit dem Bereich NVH (Noise, Vibration, Harshness). Quietschen, Rattern und Pulsieren am Pedal durch ungleichmäßige Abnutzung der Brems Scheibe werden auf speziellen Bremsenprüfständen der Fa. Ho-

neywell Bremsbeläge GmbH untersucht. Verschiedenste Betriebsbedingungen der Bremse wie Temperatur und Feuchtigkeit der Umgebungsluft spielen hier eine wesentliche Rolle.

In einem neu entwickelten Prüfstand kommt hier der Kältetechnik eine wesentliche Aufgabe zu. In umfangreichen Tests über einen Zeitraum von sieben bis zwölf Tagen wird das Verhalten der Bremse in allen möglichen Fahrsituationen untersucht. Hier kann eine Autofahrt von Hamburg bis in die Alpen unter verschiedenen klimatischen Bedingungen simuliert werden. Nur wenn diese und weitere Tests in realen Fahrzeugen bestanden sind, erhält der Bremsbelagstyp die Freigabe für den Weg in die Produktion und gelangt über Bremsenhersteller wie TEVES, TRW oder Knorr an das Montageband eines Automobilwerkes.

Der kältetechnischen und lufttechnischen Installation kommen mehrere Aufgaben zu. Über einen drehzahlgeregelten Radialventilator mit hoher Pressung wird die auf die Bremse auftreffende Luftmenge eingestellt und so die Fahrgeschwindigkeit eines Fahrzeuges simuliert. Synchron zur Veränderung der Luftmenge ist die Kälteleistung zu variieren. Der Temperaturbereich, in dem die Bremse getestet wird, geht von +35 °C bis -10 °C.

Die Luftfeuchte wird über die Entfeuchtungsfunktion des Kühler-Wärmetauschers und einen von der Fa. Hygromatik speziell entwickelten Dampf-Luftbefeuchter kontrolliert und eingestellt. Die besondere Parametrierung der Mikroprozessor-Regelung war notwendig, um die Dampf abgabe in die Zuluft zur Bremse schneller als mit einem Elektroden-Dampferzeuger sonst üblich regeln zu können. Um bei der Simulation eines Bremsvorgangs die richtige Anströmung der Bremse mit der konditionierten Luft zu erreichen, muss die Luftmenge so reduziert werden, wie sich die Fahrgeschwindigkeit eines Fahrzeuges bei einem Bremsvorgang verändert. Die in die Luft eingebrachte Dampfmenge ist synchron dazu zu verringern, um die klimatischen Verhältnisse konstant zu halten. Generell ist die Dampfproduktion im Dampfzylinder proportional dem Wasser-Füllstand und damit der Benetzungsfläche der in das kochende Wasser hineinragenden Elektroden. Um die Dampfproduktion ohne Verzögerungen der sich ändernden Luftgeschwindigkeit anzupassen, wird bei dem hier eingesetzten Dampf-Luftbefeuchter die Wassermenge im Dampftopf schnell über die integrierte Abschlämpumppe abgezogen und nicht, wie in Klimaanlageanwendungen, lediglich ab-



Verschiedene Betriebsbedingungen werden auf dem Prüfstand getestet



Prüfstandunterbau, kopfstehend (Foto: SP Hinsch)



Kühler-Wärmetauscher mit Sensorik (Foto: SP Hinsch)

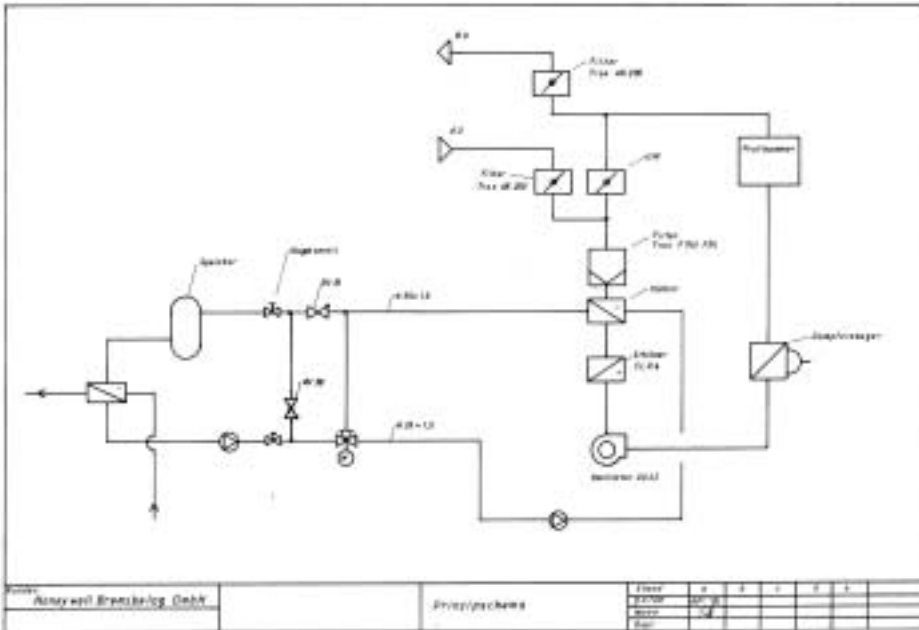
gedampft, was längere Zeit beansprucht. Bisher wurden Kältemittel-Direktverdampfungssysteme in die Bremsenprüfstände eingebaut, die für die Kühlung im Prüfstand sorgten. Hier verflüssigt ein Kälteaggregat das Kältemittelgas, das dann zur Verdampfung in den Luft-Wärmetauscher geleitet wird und der Luft die Wärme entzieht.

Die hohen Anforderungen an die Regeltgenauigkeit und -dynamik der Lufttemperatur führten zu der Entscheidung, nicht mehr ein Kältemittel-Direktverdampfungssystem einzusetzen, sondern nun einem Kaltwassersystem den Vorzug zu geben.

## Vorteile des Kaltwassersystems

Kurzzeitige hohe Wärmelasten, die während des Bremsentests auftreten, können über eine auf  $-15\text{ °C}$  abgekühlte Glykollmischung abgefahren werden, die in einem 200 Liter großen Puffertank vorgehalten wird. Auf diese Weise war es möglich, die Kälteleistung des zu installierenden Kälteaggregates kleiner zu wählen.

Über ein elektrisch angesteuertes Dreiwegeventil im hydraulischen System vor dem Kühler-Wärmetauscher wird die Kälteleistung schnell und ohne weitere Maßnahmen fein dosiert. Die Anpassung der Leistung des Kühler-Wärmetauschers an die sich schnell verändernde Luftgeschwindigkeit ist so einfach möglich und die Ansteuerung kann synchron zur Drehzahländerung des Radialventilators erfolgen (unter Berücksichtigung der Ventilator Kennlinie und der Kennlinie des Dreiwege-Ventils).



Prinzipische der Kälteanlage

Das System aus drehzahlregelmäßigem Ventilator, Luftfilter, Klappen, Dampf-Luftbefeuchter und je einem Wärmetauscher zum Heizen und Kühlen ist in den Unterbau des Prüfstandes integriert worden. Dies ermöglicht es, die von der übergeordneten Prüfstandssteuerung vorgegebene Luftgeschwindigkeit, Temperatur und Luftfeuchte ohne lange Übertragungswege direkt im Bremsenprüfstand zu erzeugen und an den Prüfling heran zu bringen. An mehreren Stellen des Kanalnetzes im Prüfstand wur-

den Sensoren für Temperatur, Luftfeuchte, Luftvolumenstrom und Differenzdruck eingebaut. Diese erfassen während des Bremsbelagtests die Luftkonditionen im Bremsen-Prüfraum und im Luftkanalsystem. Anhand dieser Informationen werden über die Prüfstandssteuerung die verschiedenen Parameter geregelt und Sollwertabweichungen erfasst. Im Zuge der Qualitätssicherung ist hierüber auch der Verlauf des Bremsentests gut zu dokumentieren.

## Kühlkonzept

Die notwendige Kälteleistung von 6 kW zur Rückkühlung des Glykolvolumens auf  $-15\text{ °C}$  wird über einen kompakten luftgekühlten Kaltwassersatz erzeugt, der außerhalb der Prüfstandshalle aufgestellt ist. Betrieben wird der Kaltwassersatz mit dem Kältemittel R404A. Das Gerät ist ausgestattet mit einem Kältekreis mit Scroll-Verdichter und der kompletten Hydraulik des Primärkreises. Über einen Plattenwärmetauscher als Verdampfer und die integrierte Glykolpumpe wird der ebenfalls im Gehäuse des Kaltwassersatzes befindliche Speichertankinhalt rückgekühlt.

Ein von extern aktivierbarer zweiter Sollwert ermöglicht es, bei höheren Temperaturen der Glykolemischung auch höhere Kälteleistungen zur Verfügung zu stellen. Allein im Werk Glinde werden jährlich über 30 Millionen Bremsbeläge für Scheibenbremsen und andere Anwendungen produziert. Das neue System aus Bremsenprüfstand mit integrierter Luftbehandlung und dem externen Kaltwassersatz wurde entwickelt, um den steigenden Anforderungen der Automobilindustrie gerecht zu werden. Betriebssicherheit und Komfort einer Bremse, die sich aus dem Zusammenspiel von Bremsbelag, Brems Scheibe und Fahrzeugachse ergeben, werden so weiter optimiert, zum Nutzen und für die Sicherheit vieler Autofahrer.

**Dipl.-Ing. Walter Schindler,**  
Henstedt-Ulzburg

### Anlagendaten:

Kälteleistung:	6 kW bei $-15\text{ °C}$ Vorlauf, 10 kW bei $-5\text{ °C}$ Vorlauf
Luftleistung auf dem Bremsbelagsprüfling:	1400 m <sup>3</sup> /h
Lufttemperatur:	$-10\text{ °C}$ bis $+35\text{ °C}$
Befeuchtungsleistung:	6 kg/h

Entwicklung: Honeywell Bremsbelag GmbH, Glinde/Hamburg  
Anlagenbau: SP Hinsch GmbH, Horneburg  
Beratung Kaltwassertechnik: Ingenieurbüro Schindler, Henstedt-Ulzburg  
Befeuchtungstechnik: Hygromatik Lufttechnischer Apparatebau GmbH, Henstedt-Ulzburg  
Kaltwassererzeuger: Rhoss Deutschland GmbH, Balingen



Kaltwassersatz (Foto: Rhoss Deutschland)