

# **CO<sub>2</sub>-Lecksuche an Teilen für Automobilklimaanlagen**

A. Schopphoff, Pfeiffer Vacuum, Asslar

## **Inhaltsverzeichnis**

1. Klimaanlagen in Automobilen
  - 1.1. Stand der Technik
  - 1.2. Gesetzliche Reglementierungen
  - 1.3. Technische Umsetzungen
2. Lecksuche an Automobilklimaanlagen
  - 2.1. Schwierigkeiten bei der Verwendung von CO<sub>2</sub> als Kühlmittel
  - 2.2. Lecksuchmethoden
  - 2.3. Massenspektrometrische Lecksuche unter Vakuum
3. Zusammenfassung

## 1. Klimaanlage in Automobilen

Derzeit werden Klimaanlage als Komforteinrichtung in Automobilen immer beliebter. Selbst kleine Autos haben diese Option schon in den meisten Fällen serienmäßig eingebaut. Klimaanlage stellen nicht nur einen erheblichen Komfortgewinn dar, sondern sind auch unter Sicherheitsaspekten durchaus positiv zu bewerten. Neueren Erkenntnissen zu Folge sind an heißen Tagen Fahrer von Autos mit Klimaanlage weniger häufig an Unfällen beteiligt.

### 1.1 Stand der Technik

Klimaanlagen arbeiten nach dem Kälteschrankprinzip, d. h. ein Gas wird so stark komprimiert bis es in den flüssigen Aggregatzustand übergeht (siehe Abb1). In einem Verdampfer wird diese Flüssigkeit wieder entspannt und entzieht auf diese Weise der Umgebung Energie. Durch diesen Vorgang wird z. B. der Innenraum eines Automobils gekühlt. Das gesamte System ist geschlossen und darf daher kein Kühlmittel verlieren. Da es sich bei einer solchen Anlage aber um Bauteile handelt die zum Teil mit der Karosserie und zum Teil mit dem Motor verschraubt sind, sind flexible Verbindungen notwendig.

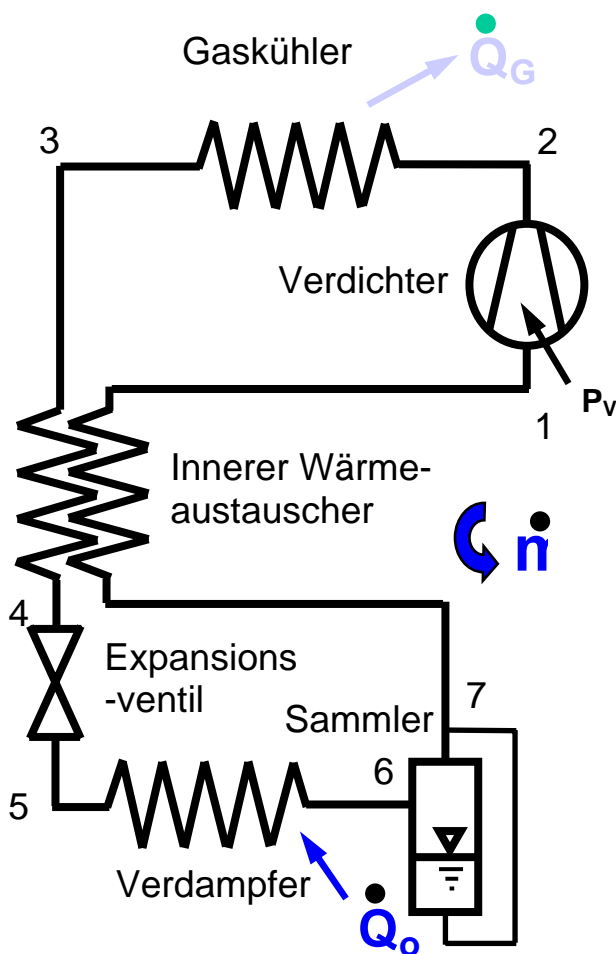


Abb. 1a: Funktionsschaltbild einer Automobilklimaanlage

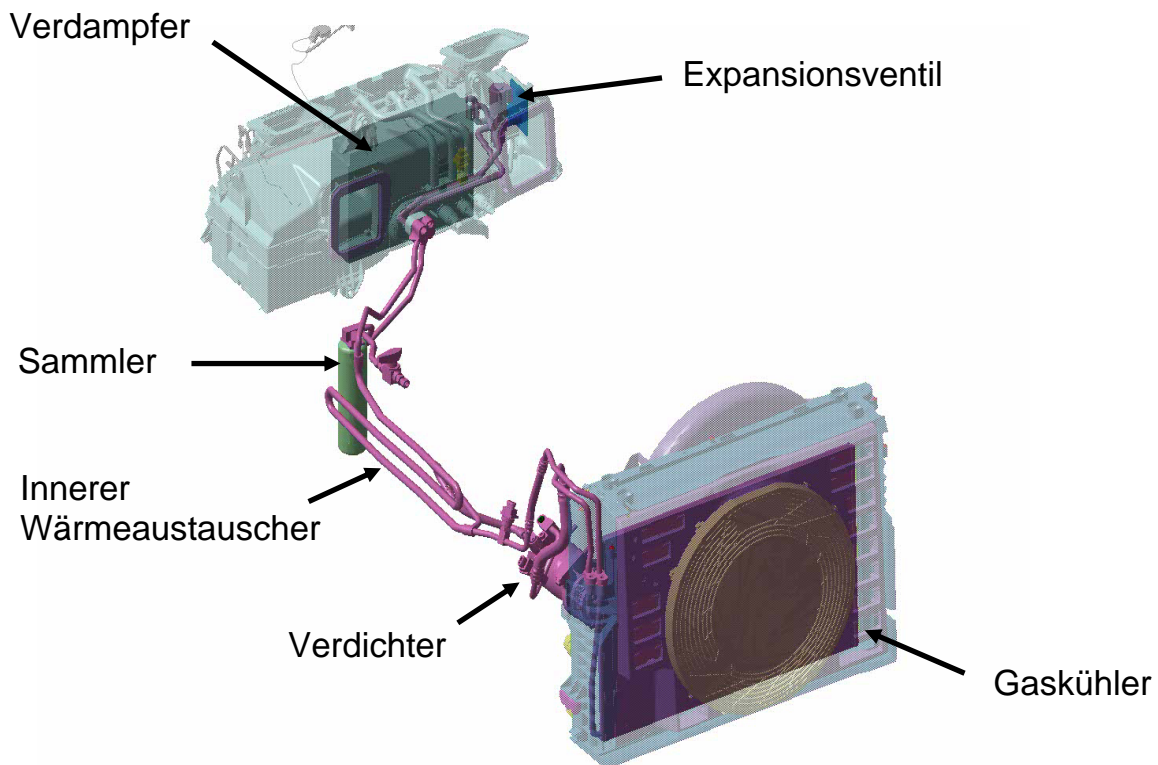


Abb. 1b: Aufbau einer Klimaanlage in einem Automobil

Diese Systemen werden im Allgemeinen mit dem Kühlmittel R 134a (  $\text{CH}_2\text{FCF}_3$ ) gefüllt. Bedingt durch die negativen Effekte, die diese Substanz auf die Umwelt insbesondere auf die globale Erwärmung hat, gibt es Bemühungen alternative Stoffe zu finden. Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) hat sich als bester Ersatzstoff herauskristallisiert. Die Probleme die sich bei der Verwendung von  $\text{CO}_2$  ergeben sind vielfältig.

### 1.2 Gesetzliche Reglementierungen

Die gesetzlichen Regelungen, ins besondere in der EU, zielen darauf ab möglichst geringe Mengen an Treibhausgasen in die Atmosphäre abzugeben. Kühlmittel wie R134 a hat ein relativ hohes GWP (global warming potential) . Das GWP definiert den Effekt den das jeweilige Gas im Bezug auf die globale Erwärmung hat. Für die beiden in Betracht kommenden Kühlmittel R 134 a und R744 ( $\text{CO}_2$ ) sind die folgenden GWPs gemessen worden:

R 134 a	GWP 100a = 1200
R 744 ( $\text{CO}_2$ )	GWP 100a = 1

Diese Werte bedeuten, dass 1kg R 134 a über einen Zeitraum von 100 Jahren den gleichen Treibhauseffekt hat wie 1200 kg  $\text{CO}_2$  .

Von dieser Sachlage ausgehend werden nach einer europäischen Richtlinie ab 2009 Kältemittel mit einem  $GWP_{100a} > 150$  in mobilen Klimaanlage sanktioniert. In einem ersten Schritt versuchen die Automobilhersteller die Leckraten der momentan verwendeten Klimaanlage zu reduzieren. Dieses geschieht mit Hilfe von verbesserten Materialien und Dichtungen.

Entsprechend der europäischen Richtlinie wird die Produktion von R 134a beginnend 2009 bis 2013 schrittweise eingestellt. Von da an müssen alternative Kühlmittel und Technologien getestet und großserientechnisch produzierbar sein.

### 1.3 Technische Umsetzungen

Die technische Umsetzung zur Verwendung von CO<sub>2</sub> als Kühlmittel in Automobilklimaanlagen ist prinzipiell kein Problem. Unterschiede ergeben sich durch die höheren Druckniveaus von CO<sub>2</sub> gegenüber R 134 a:

	R 134 a	CO <sub>2</sub>
Ansaugdruck [bar]	2-3	30
Hochdruck [bar]	30	120-150

Bedingt durch diese Kühlmittel bedingten Unterschiede müssen die Anlagen entsprechend angepasst werden. Es ist nicht möglich bestehende Klimaanlage in Automobilen von R134a auf R744 (CO<sub>2</sub>) umzurüsten.

Die Automobilhersteller fordern von den Produzenten von Klimaanlage, dass die Füllung eine Lebenslang Füllung zu sein hat. Mit den erhöhten Drücken ergebn sich so automatisch verschärfte Grenzwerte für die Leckraten.

## 2. Lecksuche an Automobilklimaanlagen

Klimaanlagen, gefüllt mit dem Kühlmittel R134a werden derzeit am Montageband der Automobilhersteller mit Lecksuchern auf Undichtigkeiten getestet. Das ist möglich, da die Bestandteile des Kühlmittels nicht in der Umgebungsluft vorkommen. Anders sieht es aus bei CO<sub>2</sub> aus. CO<sub>2</sub> hat einen Anteil in der normalen Atmosphäre von 0,03%.

Mit einem derart hohen Untergrund ist es nicht mehr möglich Lecksuche direkt am Band durchzuführen.

### 2.1 Schwierigkeiten bei der Verwendung von CO<sub>2</sub> als Kühlmittel

Nicht nur der hohe Untergrund limitiert die Lecksuche bei CO<sub>2</sub>-Klimaanlagen. Es sind auch die physikalischen und chemischen Eigenschaften, die eine Dichtheitsprüfung erschweren.

So ist als erstes zu nennen, dass der Mensch als Betreiber, CO<sub>2</sub> ausatmet und damit die Gegebenheiten sich mit jedem Atemzug ändern können. Des weitern, diffundiert CO<sub>2</sub> durch die verwendeten flexibeln Werkstoffe wie Elastomere (siehe Abb. 2) oder lagert sich in diesen an.

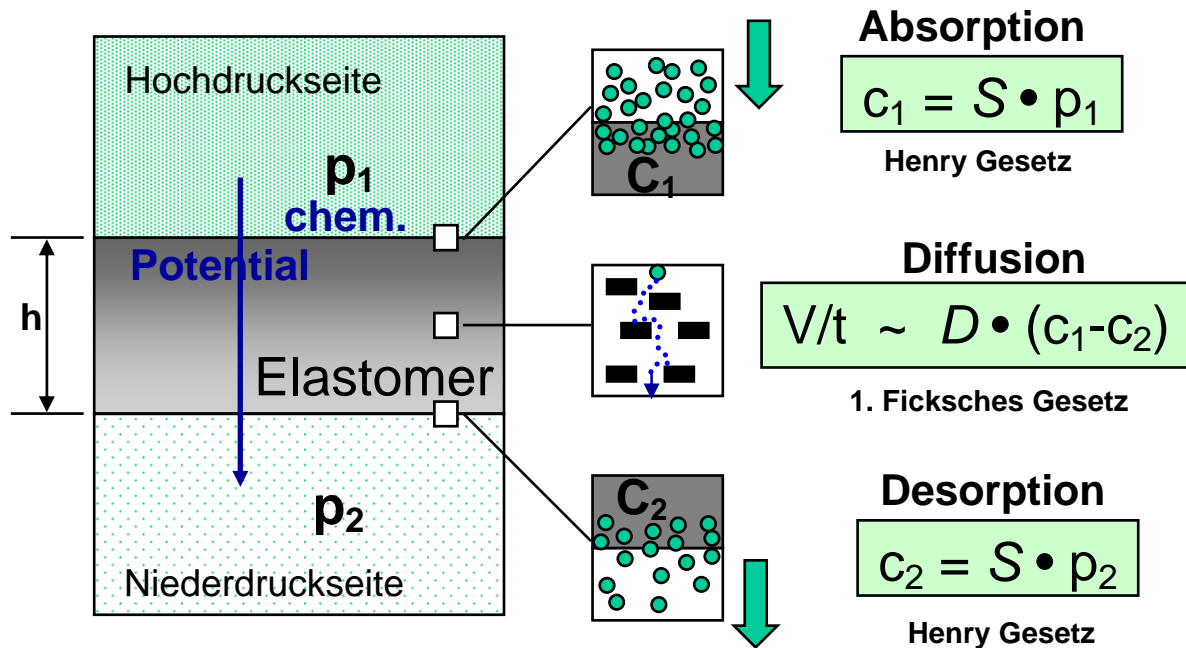


Abb.2 Permeationsvorgang durch Elastomere

## 2.1 Lecksuchmethoden

Die beschriebenen Schwierigkeiten lassen eine Lecksuche während des Produktionsprozesses nicht zu. Als einzige großserientechnisch verwendbare Möglichkeit bleibt die Verwendung von Helium als Prüfgas. Aus diesem Grunde ist es notwendig einen Korrekturfaktor zwischen CO<sub>2</sub> und einem Prüfgas wie Helium zu ermitteln. Dabei sollte der Versuchsaufbau die Simulation der verschiedenen Betriebszustände erlauben. Neben den unterschiedlichen Druckniveaus müssen ebenso die in Automobilen vorkommenden Temperaturverhältnisse simuliert werden können. Diese Situationen können mit Klimaschränken und Druckminderern erreicht werden. Die Unterschiede der verschiedenen Ansätze beschränken sich auf:

- Überdruck oder Vakuumprüfung
- Art des verwendeten Sensors

Bei der Verwendung von Überdruck in der Prüfkammer wird diese mit einem Spülgas so lange geflutet bis der Untergrund des CO<sub>2</sub> aus der Umgebungsluft vernachlässigbar klein ist.

Die Vakuummethode reduziert den Untergrund in dem der Testbehälter, in dem sich der Prüfling befindet evakuiert wird. Mit dieser Vorgehensweise lassen sich sehr gut reproduzierbare Verhältnisse erzeugen.

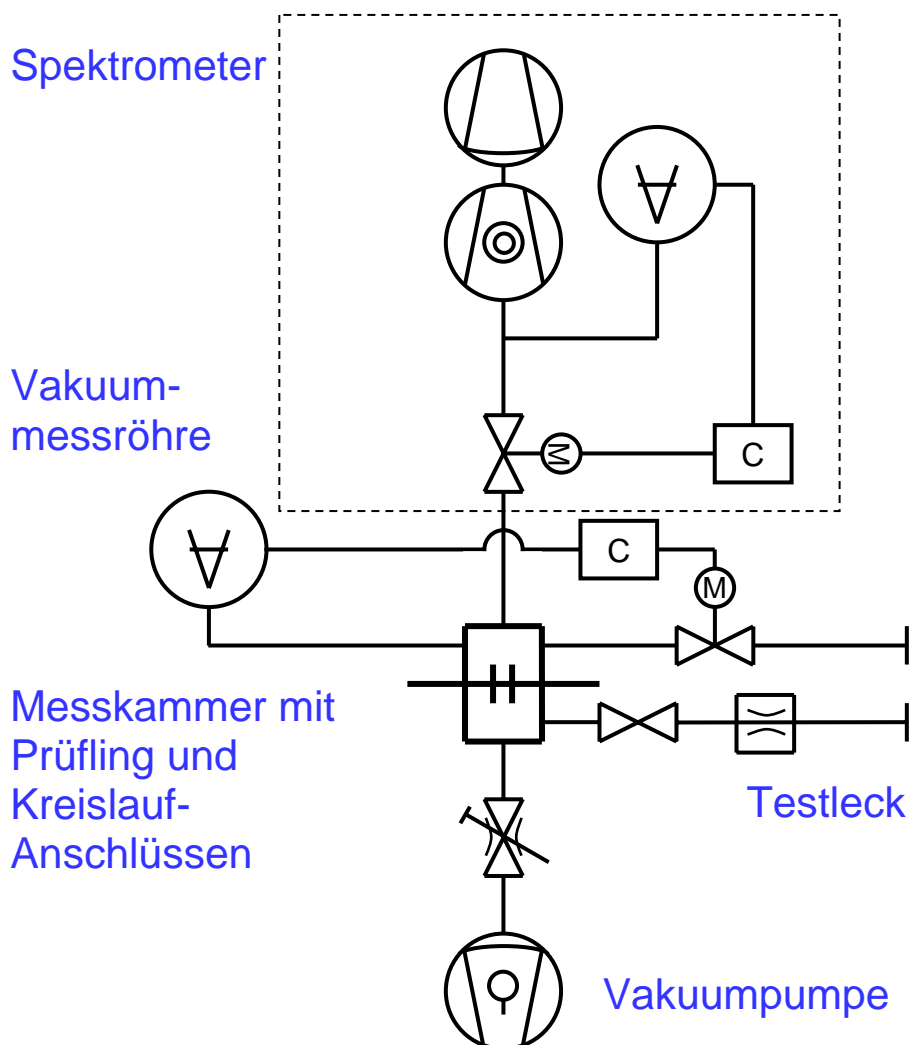
Als Sensoren werden entweder IR Spektrometer oder Massenspektrometer verwendet. IR Spektrometer sind zuverlässige Analysatoren, die in der Industrie in vielfältigen Anwendungen eingesetzt werden. Limitierend für den Einsatz als Sensor ist die Tatsache, dass nicht alle Gase detektiert werden können. So ist es z.B. nicht möglich Helium zu bestimmen. Mit diesem Sensor kann also kein Korrelationsfaktor zwischen CO<sub>2</sub> und Helium ermitteln.

Mit Massenspektrometer lassen sich prinzipiell alle Gase detektieren. Es handelt sich um einen sehr empfindlichen Sensor, der nur im Vakuum arbeitet. Um Gase unter Atmosphärendruck einzulassen sind entsprechende Maßnahmen zur Druckreduktion notwendig.

Mit Hilfe eines Aufbaus, bestehend aus einer Vakuumkammer und einem Massenspektrometer, lassen sich die Korrelationsfaktoren zwischen CO<sub>2</sub> und Helium bestimmen.

## 2.2 Massenspektrometrische Lecksuche unter Vakuum

Für die Lecksuche an Klimaleitungen wurde der in Abb. 3 skizzierte Aufbau verwendet.



**PATENT**  
**No. 103 54 234.5**

**PENDING**

Abb.4: Schematischer Aufbau der Testeinrichtung

Das Ablaufdiagramm des Messzyklus sieht wie folgt aus:

- Evakuieren der Messkammer
- Spülzyklen mit Stickstoff
- Einstellen eines konstanten Druckes in der Testkammer mit Hilfe des druckgeregelten Gaseinlasses
- Messung des CO<sub>2</sub> Anteils mit dem massenspektrometer
- Umrechnung dieser Konzentration in eine Leckrate über eine Softwareroutine des Massenspektrometers

Auf die Konstruktion der Testkammer muss in diesem Aufbau größten Wert gelegt werden. Die Kammer muss so aufgebaut sein, dass die zu testen des Klimaleitung gegen Atmosphäre dicht ist und kein CO<sub>2</sub> von außen eindringen kann. Ebenso muss diese Verbindung den Einbau in eine Klimakammer zulassen. Eine der Voraussetzung für eine realistische Messung ist die Möglichkeit den Testaufbau in einen Kühlkreislauf einer Klimaanlage einbauen zu können.

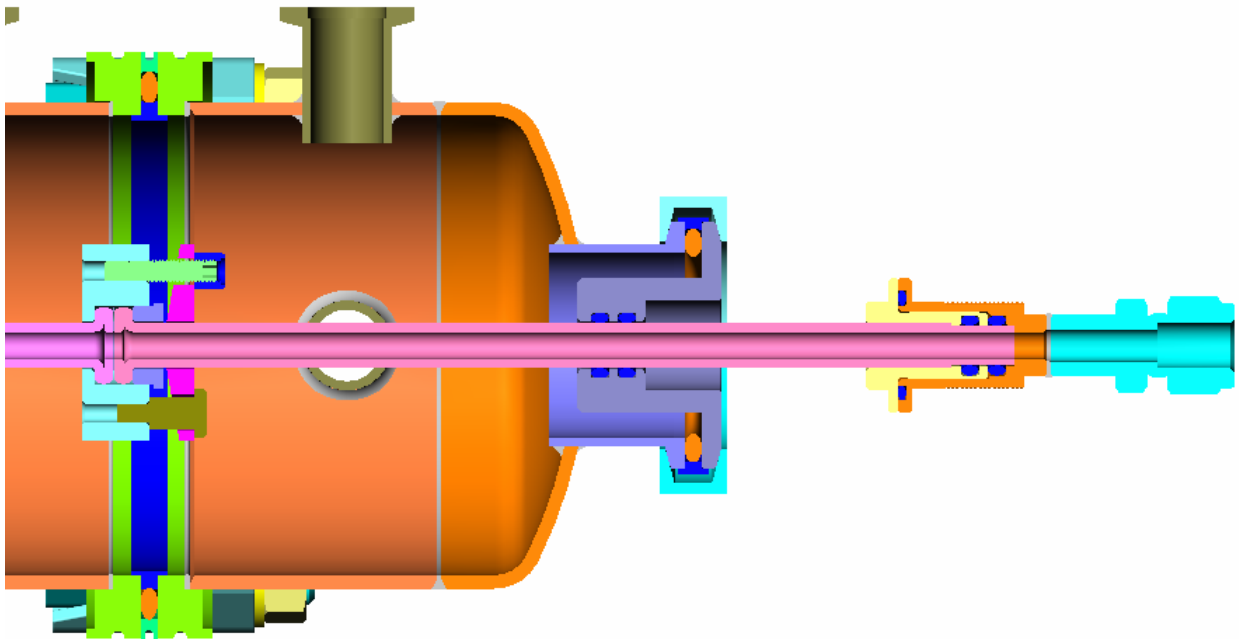


Abb. 5: Aufbau der Testkammer

In Abb. 4. ist der Aufbau der Testkammer mit den Vakuumschlüssen und dem Prüfling zu erkennen. Getestet wird in diesem Falle eine Klemmverbindung zwischen zwei Klimaschläuchen.

### 3. Zusammenfassung

Mit Hilfe des vorgestellten Aufbaus lassen sich Leckraten von  $<0,5$  g/a in einer CO<sub>2</sub> Klimaanlage detektieren. Voraussetzung sind :

- ein niedriger CO<sub>2</sub> Untergrund, der in diesem Aufbau durch das Evakuieren einer Vakuumkammer erreicht wird
- ein empfindlicher Sensor, der alle Gase mit gleicher hoher Genauigkeit messen kann. In dem vorgestellten Aufbau wird ein Massenspektrometer verwendet.