

Funktionsbeschreibung der Audiffren-Singrün-Kältemaschine – kurz auch A-S Rotor genannt

Die Maschine wird auch als **Rot-Silber-Automat** bezeichnet (wegen des silbern gehaltenen Verdampferteils und des roten Verflüssigerteils)

Das ist die erste vollhermetische Kältemaschine der Welt. Sie wurde im letzten Jahrzehnt des 19. Jh. vom französischen Abbé und Physiker Marcel Audiffren erfunden und vom Konstrukteur und Unternehmer Albert Singrün zur Produktionsreife geführt. Das deutsche Patent stammt von 1894.

Zuvor hatte Carl von Linde die Ammoniakkältemaschine zur Anwendungsreife geführt, die für große Kälteleistungen produziert wurde, z. B. vorwiegend für Brauereien. Für kleinere Leistungen der gewerblichen Kühlung und für Haushalte gab es noch keine Möglichkeit der Maschinenkühlung, weil die damaligen Kältemittel Schwefeldioxid SO_2 , Kohlendioxid CO_2 , Ammoniak NH_3 und Methylchlorid CH_3Cl wegen der Undichtheiten der Kältemaschinen nicht für diese Anwendungen geeignet waren. Diese Bedarfsfälle wurden mit Blockeis abgedeckt.

Audiffren gelang eine revolutionäre Lösung mit der vollkommen gekapselten dichten Maschine, wobei Verdichter, Verdampfer, Verflüssiger und Expansionorgan in einem Gerät als untrennbare Einheit verwirklicht wurden. Er beschritt einen völlig neuen konstruktiven Weg.

Die Funktion des A-S-Rotors

Die Funktion wird an Hand einer schematischen Zeichnung aus der Anfangszeit der Produktion beschrieben. Die Kurbelwelle ist auf beiden Seiten fest mit der Kapsel verbunden und rotiert mit dieser, während das auf der Welle gelagerte Verdichtergehäuse durch ein zusätzliches Gegengewicht – **b** - in der nach unten hängenden Position gehalten wird. Das rechte Wellenteil ist als Hohlwelle ausgeführt, in der das Kältemittel zum und vom Verdampfer geführt wird.

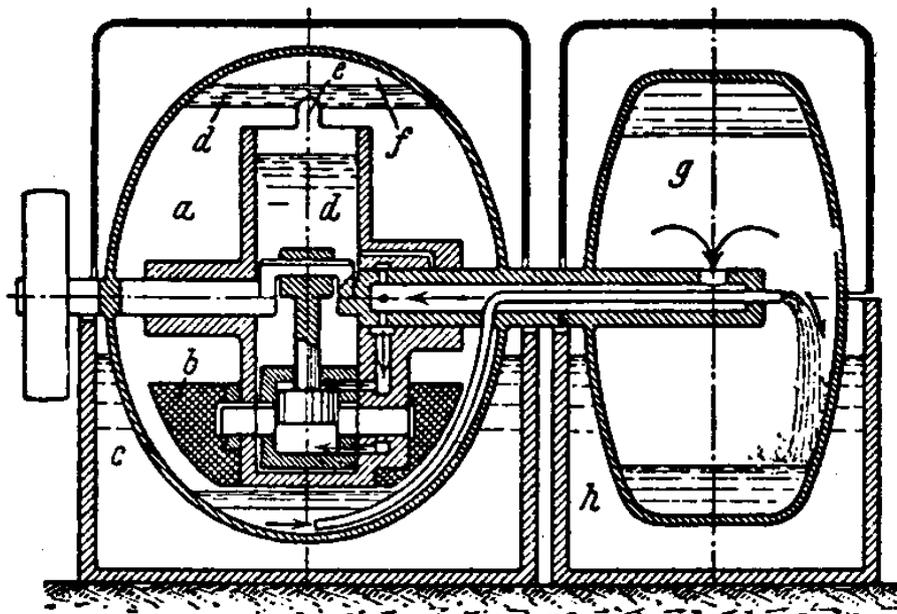


Abb: Erste vollkommen gekapselte Kältemaschine
nach AUDIFFREN-SINGRÜN (Brown, Boveri).

a Verflüssiger, **b** Gegengewicht, **c** Kühlwasser, **d** Öl,
e Ölabbreiter, **f** verflüssigtes SO_2 , **g** Verdampfer,
h Sole.

Im Einzelnen funktioniert die Maschine nach folgender Beschreibung:

Als Kältemittel wird Schwefeldioxid verwendet. Die Schmierung der Gleitstellen innerhalb der Kapseln erfolgt durch Öl, das dem Kältemittel im Kältekreislauf beigemischt ist. Das Kältemittel hat eine größere Dichte als das Öl und ist im Öl nicht löslich.

Das Gehäuse wird über die links angeordnete Riemenscheibe angetrieben und ist außen in den Wandungen der Wasserbehälter gelagert. Im linken Kapselteil befindet sich der Verdichter und Verflüssiger, im rechten der Verdampfer. Dazwischen ist das Expansionsorgan angeordnet.

Mit der Rotation von Kapsel und Welle werden über den Hubzapfen der Welle das Pleuel und der Kolben wie üblich bewegt, wobei der Kolben wie beim Kreuzkopfverdichter, starr mit dem Pleuel verbunden ist – das Schwenken während des Arbeitsspiels ist in den Zylinder verlagert. Damit pendelt der Zylinder im Gehäuse um die Senkrechte in Umfangsrichtung. Das Ansaugen des verdampften Kältemittels erfolgt aus dem Verdampferraum – **g** - durch die Hohlwelle, von der aus es über einen Umfangsschlitz in die Gehäusebohrung und durch zwei axiale Bohrungen in den doppelwirkenden Zylinder eintritt. Die axialen Bohrungen sind so angeordnet, dass sie als Steueröffnungen für das Ansaugen wirken. Über die als federbelastete Druckventile ausgeführten und im **Bild 1** nicht zu sehenden Auslassöffnungen gelangt das verdichtete Kältemittel in die Verflüssigerkapsel und kondensiert an der im kalten Wasser laufenden Kapselwand. Durch die Fliehkraft und mehrere in Umfangsrichtung angeordnete Mitnehmerschaukeln im Kapselinneren bilden das flüssige Kältemittel und das Öl einen Flüssigkeitsring - **d, f** - im Gehäuse, wobei das leichtere Öl auf dem Kältemittel schwimmt. Der Verflüssigungsruck wird durch die Kühlbedingungen bestimmt, das sind Wassertemperatur, Durchflussmenge und Wärmeübergangszahl.

An dem am weitesten von der Drehachse entfernten Punkt der Kapsel tritt das Kältemittel in das als Kapillare ausgeführte Expansionsorgan ein, im **Bild 1** rechts unten in der Verdichterkapsel zu sehen, und gelangt durch die Hohlwelle in die Verdampferkapsel, in der es infolge der Druckabsenkung in der Kapillare verdampft. Die Verdampfungswärme wird dem Wasser- bzw. Solebad entzogen, in dem die Verdampferkapsel analog zur Verdichter-Verflüssiger-Kapsel rotiert. Das verdampfte Kältemittel gelangt im Gegenstrom zum expandierenden Kältemittel durch die Hohlwelle in den Saugbereich des Verdichters, womit der Kreislauf geschlossen ist. Durch den Gegenstrom erfolgt eine geringe Überhitzung des expandierenden und Unterkühlung des anzusaugenden Kältemittels.

Für die Ölversorgung der Schmierstellen des Verdichters ist auf der dem Zylinder gegenüberliegenden Seite ein Abstreifer angeordnet, der in die rotierende Ölschicht eintaucht und das Öl auf das Triebwerk leitet und im gesamten Gehäuse vernebelt.

Ein ganz wesentlicher Aspekt der Konstruktion ist die eingebaute „Eigensicherheit“ durch die Dimensionierung des Gegengewichts – **b** - im **Bild 1**- am Verdichterteil. Es ist darauf abgestimmt, dass der max. zulässige Druck z.B. bei Kühlwasserausfall nicht überschritten wird, indem dann der Verdichter infolge des dadurch erhöhten Drehmoments, mit umläuft und keine Verdichtung mehr stattfindet – ein absolut sicherer Schutz ohne Druckschalter oder Elektronik und sicher auch mitentscheidend für Betriebssicherheit und lange Lebensdauer der Konstruktion!

Weitere Lösungsvarianten

Neben der im **Bild 1** gezeigten Einzylindermaschine existieren Zweizylindermaschinen mit V-Anordnung der Zylinder. Für die Eispritzung sind auch Hochdruckschwimmer ausgeführt, für die Ölabscheidung gibt es andere Konstruktionen und eine Fliehkraft-Anfahrentlastung existiert. Das Schnittmodell des Frigotheums beinhaltet diese Lösungen.

Beschreibung des Schnittmodelles des A-S-Rotors im Frigotheum



Bild 2: Der A-S-Rotor vor der Öffnung

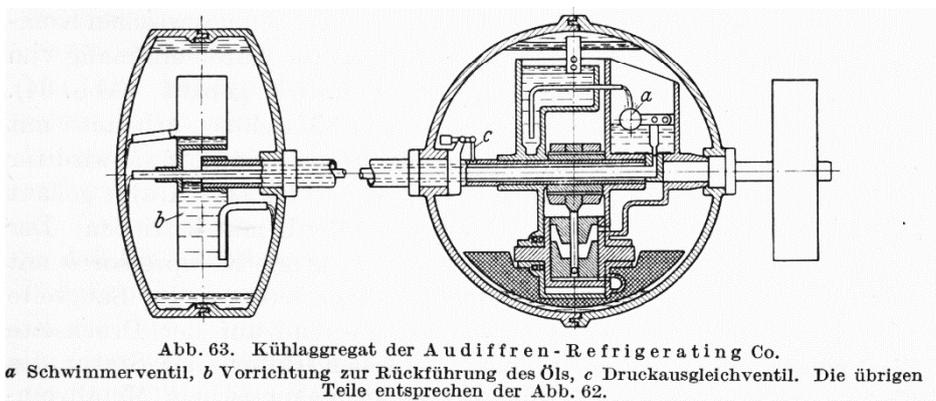


Bild 3: Funktionsschema des A-S-Rotors nach Bild 2

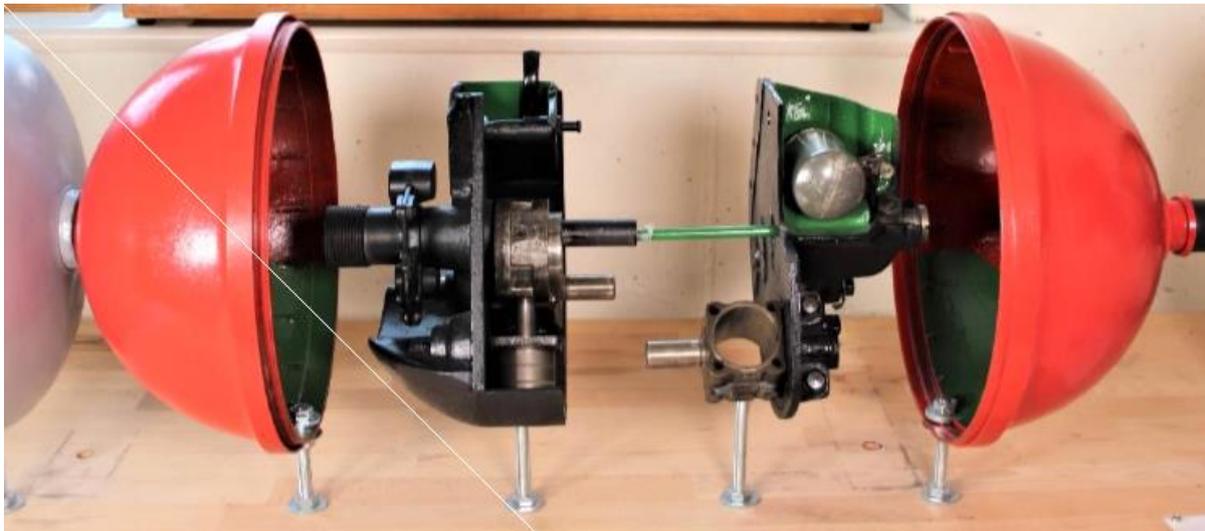


Bild 4: Die geöffnete Verdichter-Verflüssiger-Kapsel

Der A-S-Rotor nach **Bild 2** stammt aus der Sammlung Bacher. Die Bronzekapseln wurden geöffnet, um das Innenleben darstellen zu können. Produziert wurde der A-S-Rotor von der Firma BBC in Saarbrücken. Es handelt sich um eine Zweizylindermaschine mit doppelwirkenden Kolben und den anderen o. g. Merkmalen.

Rechts ist der Hochdruckschwimmer zu sehen, der die Einspritzung in die Verdampferkapsel regelt (überfluteter Betrieb).



Bild 5: Hochdruckschwimmer zur Einspritzregelung

Das Kältemittel gelangt in das Schwimmergehäuse, indem es von einem Aufnehmer am Verdichterblock von einer Öffnung entgegen der Drehrichtung aus dem Flüssigkeitsring aus Kältemittel und Öl aufgenommen und in einen Sammler geleitet wird. Der Sammler dient auch als Ölabscheider. Das vom Aufnehmer miterfasste Öl schwimmt im Sammler auf dem Kältemittel auf und tritt über den oberen Rand wieder in die Kapsel zurück, während das Kältemittel in das Schwimmergehäuse übergeleitet wird.

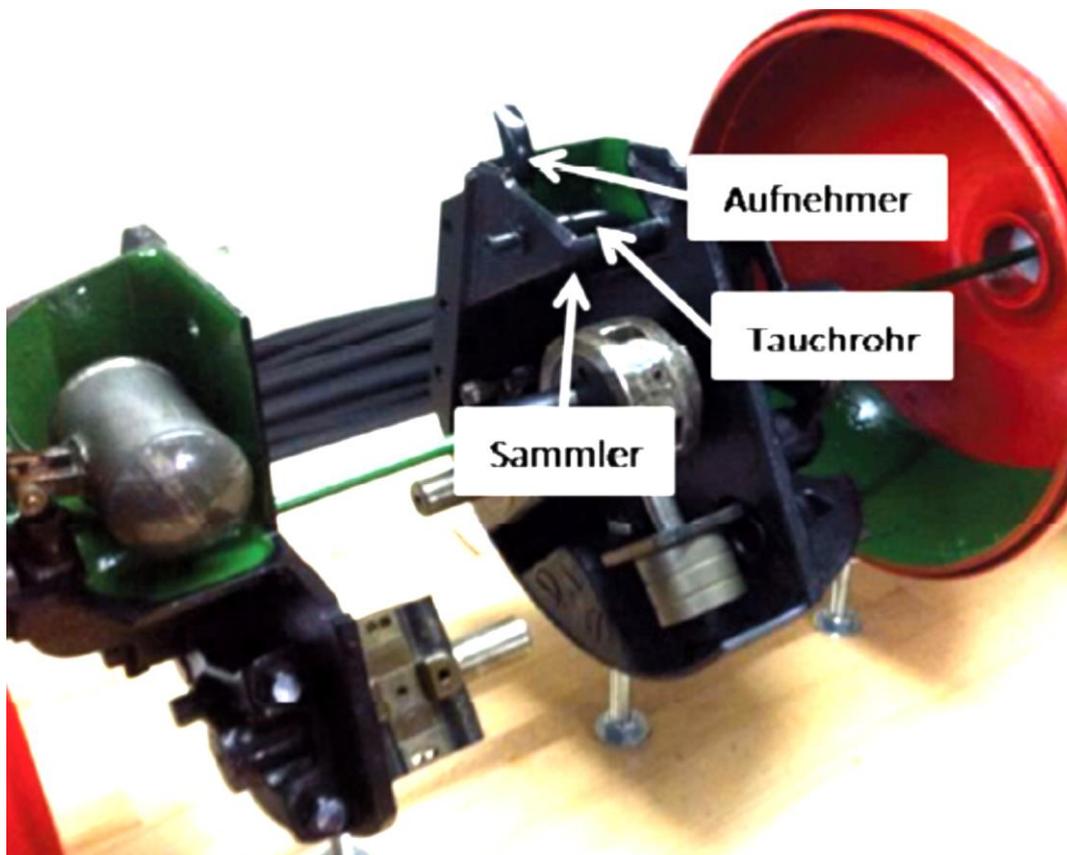


Bild 6: Kältemittelaufnehmer, Sammler und Schwimmer

Während das schematische **Bild 1** die Verdampferkapsel ohne Einbauten zeigt, befindet sich in der zerlegten Maschine eine Einrichtung zur Ölrückführung in die Verdichter-Verflüssiger-Kapsel.



Bild 7: Ölrückführung aus der Verdampferkapsel

Das mit dem Kältemittel auf die Verdampferseite gelangende Öl befindet sich, wie schon für die Verflüssigung beschrieben, gemeinsam mit dem verdampfenden Kältemittel durch die Fliehkraft und die Schaufeln am Gehäuseumfang, ringförmig am Aussenumfang der Kapsel. Der Ölrückführungsmechanismus nimmt mit der oberen Schaufel ein Teil des Kältemittel-Öl-Gemisches auf, das durch die Schwerkraft in das Trenngefäß fällt. In diesem Behälter erfolgt die Phasentrennung beider Stoffe. Das Öl, welches auf dem Schwefeldioxid aufschwimmt, wird oberhalb des unteren Behälters durch die hohen Fließgeschwindigkeiten des Sauggases mitgerissen und somit zurück zu den Triebwerksteilen und in die rote Kugel befördert.

Der Mechanismus rechts in der Kapsel **Bild 3** ist ein Ventil zu Anlaufentlastung. Im Stillstand der Maschine wird ein Ventil offengehalten. Die Anlaufentlastung besteht aus zwei Gewichten, **Bild 7**, die mit einer Schubstange verbunden sind. Diese Schubstange trennt durch Verschließen der Bohrung in der Hohlwelle Verdampfer und Verflüssiger. Die Anlaufentlastung dreht sich mit der Drehung der Kapseln, da sie fest mit der Hohlwelle verbunden ist. Ist die Drehzahl noch gering, liegen die Gewichte der Anlaufentlastung durch Federkraft an der Hohlwelle an. Dabei ist die Öffnung zwischen Druck- und Saugseite nicht verschlossen und das Druckgas gelangt durch diese Öffnung in den Saugraum zurück - es kann sich keine Druckdifferenz aufbauen. Bei Erreichen der Mindestdrehzahl wird durch die Wirkung der Fliehkraft die Bypassöffnung verschlossen und der Verdichtungsprozess beginnt.



Bild 8: Fliehkraftregler zur Anlaufentlastung und die beiden Zylinder

Ein weiterer A-S-Rotor des Frigotheumsbestandes wurde im Rahmen eines Semesterprojektes von Studenten der ESaK zu einer funktionierenden Kälteanlage vervollständigt. Dabei erwies es sich als günstig, dass die Kapseln nicht geöffnet werden mussten, weil Kältemittel und Schmieröl in dem hermetischen System noch vollständig vorhanden waren. Das Gerät befindet sich in den Räumen der Bundesfachschule. Es kühlt einen Kühlschrank.



Bild 9: Funktionsfähiger A-S-Rotor

Quellen:

Joachim Naumann: [Die erste vollhermetische Kältemaschine](#), Broschüre der Sächsischen Kältefachschule Reichenbach, 2008

Robert Hiller: [Dokumentation zum Semesterprojekt A-S-Rotor](#), Unveröffentlichte Semesterarbeit an der ESaK Maintal, 2014

Rudolf Plank u. Johann Kuprianoff: *Haushaltkältemaschinen und kleingewerbliche Kühlanlagen*, Springer, 1933

Fotos: Ibe, Hiller, Adolph

Text: Adolph, Oktober 2019