

Geschichte der Kältemaschine

Auszug aus: „Die schöpferische Leistung von Carl von Linde im Spiegel der Entwicklung der Kältetechnik“, aus der Linde Jubiläumsschrift - 50 Jahre Kältetechnik, von Prof. Dr.-Ing Rudolf Plank

ergänzt durch eine Zusammenfassung der Entwicklung der ersten funktionstüchtigen Kaltdampfmaschine aus der Biografie von Carl von Linde:

„Aus meinem Leben und von meiner Arbeit“, von Bert Stenzel.

Die Kaltdampfmaschine	1
Die Kaltluftmaschine	2
Die Absorptions-Kältemaschine	2
Vergleich der Systeme zur Kälteerzeugung durch Linde	3
Entwicklung der ersten funktionstüchtigen Kaltdampfmaschine durch Linde	4
1. Verdichter von Linde mit Methyläther als Kältemittel	4
2. Verdichter mit Ammoniak	4
3. Verdichter in Anlehnung an Gaspumpen	5
Schlussbetrachtung	5

Die Kaltdampfmaschine

Jakob Perkins hatte schon 1834 sein britisches Patent 6662 angemeldet, in dem alle wesentlichen Teile einer Kaltdampfmaschine enthalten sind und deren Wirkungsweise richtig beschrieben ist. Es ist auch eine -allerdings noch recht unvollkommene - Ausführung einer solchen Maschine bekannt geworden, in der Äthyläther als Kältemittel verwendet wurde. Perkins machte diese Erfindung im Alter von 68 Jahren, nachdem er sich sein Leben lang mit der Entwicklung von Dampfkesseln und Dampfmaschinen befasst hatte. Mit den Kältemaschinen beschäftigte er sich offenbar nur ganz nebenbei, denn obwohl er nach Anmeldung des erwähnten Patenten noch 15 Jahre gelebt hat, kümmerte er sich kaum um die industrielle Verwertung dieser Erfindung. In seiner Lebensbeschreibung aus der Feder von Hugh P. und Margarete Vowles findet sich kein Wort über die Erfindung der Kaltdampfmaschine.

Erst James Harrison entwickelte diese Bauart (seit 1850) zu industrieller Bedeutung. Er lebte in Australien und hatte die wirtschaftlichen Möglichkeiten des organisierten Exportes von Gefrierfleisch nach London erkannt. In den Jahren 1856 und 1857 meldete er seine grundlegenden britischen Patente an, wobei er den schon von Perkins verwendeten, sehr feuergefährlichen Äthyläther als Kältemittel beibehielt, obwohl er auch andere Stoffe, darunter Ammoniak, in Erwägung gezogen haben soll. Harrison hatte in England und Australien mit Maschinenfabriken eng zusammengearbeitet und entwickelte in gemeinsamer Arbeit Bauarten von Kompressoren und Apparaten, die nach dem Stande der damaligen Technik volle Anerkennung verdienen. Er war aber selbst weder Ingenieur noch wissenschaftlich vorgebildet und hatte seine Tätigkeit in Australien als Journalist und Zeitungsverleger begonnen. Was er als Autodidakt geleistet hat, ist aller Bewunderung wert; doch da er selbst kaum in der Lage war, seine Leistungen kritisch zu beurteilen, blieb ihm der Erfolg schließlich versagt. - Auf dem ersten mit Gefrierfleisch beladenen Segler "Norfolk", der 1873 die Reise von Sydney nach London antrat, entstand unterwegs ein Schaden an der Harrison'schen Kältemaschine, der den Verlust der ganzen Ladung und damit den Ruin Harrisons zur Folge hatte.

Der dritte bedeutende Förderer des Kaltdampfmaschinenbaues war Charles Tellier in Paris, der 1864 seine ersten Anlagen mit Methyläther als Kältemittel baute, obwohl er auch die Verwendung von Ammoniak in Betracht gezogen hatte. Die Feuergefahr war damit zwar nicht behoben, aber doch einigermaßen gemindert; dafür aber musste Tellier viel höhere

Arbeitsdrücke in seinen Maschinen in Kauf nehmen. Diese höheren Drücke bereiteten ihm durch Undichtigkeiten und Kältemittelverluste erhebliche Schwierigkeiten, die er nie ganz zu überwinden vermochte. Seinen Bauarten war daher auch kein bleibender Erfolg beschieden. Sein Interesse galt hauptsächlich den Anwendungen der Kältetechnik; er widmete sich zuerst der Kühlung der Bierwürze in Brauereien. Später galt sein Interesse, wie bei Harrison, vorwiegend dem Transport von überseeischem Fleisch, der ohne Zuhilfenahme von Kältemaschinen nicht durchführbar war. - Tellier war aber kein begnadeter Ingenieur. Seine Konstruktionen wiesen erhebliche Mängel auf und konnten sich auf die Dauer nicht durchsetzen. Auch beherrschte er die wissenschaftlichen Grundlagen nicht genug, um das Erreichte an dem Erreichbaren messen zu können. Dennoch gebührt ihm ein Ehrenplatz in der Geschichte der Kältetechnik.

Die Kaltluftmaschine

Die erste Kaltluftmaschine baute 1844 der amerikanische Arzt John Gorrie in Florida. Das Arbeitsprinzip dieser Maschine, die nichts anderes war als eine Umkehrung der 1827 von den Brüdern Stirling entwickelten Heißluftmaschine, wurde zwar schon einige Jahre früher bekannt gegeben, aber Gorrie gebührt doch das Verdienst der ersten Verwirklichung, obgleich seiner Maschine noch erhebliche Mängel anhafteten und sich ihr Betrieb keineswegs rentierte. Von seinen Zeitgenossen wurde seine Leistung weder verstanden noch anerkannt.

Bald aber fand seine Arbeit in England Widerhall, wo zwei bedeutende Männer die Möglichkeiten und Aussichten der Kaltluftmaschine einer eingehenden Kritik unterzogen. Einer von ihnen war der bereits erwähnte Vertreter der angewandten Thermodynamik Rankine (1852), der andere - Sir William Siemens (1857), der das von ihm eingeführte Regenerativ-Verfahren auch auf die Kaltluftmaschine angewandt wissen wollte. In diesen Arbeiten wurden zum ersten Male klare wissenschaftliche Überlegungen bei der Beurteilung von Kältemaschinen angestellt. Sie bezogen sich aber auf ein technisch noch nicht ausgereiftes Objekt und beschränkten sich zunächst auch nur auf ein einzelnes Kälteerzeugungssystem, so dass daraus keine allgemeinen Schlüsse gezogen werden konnten. Trotz alledem lieferten sie die Basis für eine weitere planvollere Entwicklungsarbeit. Schon im Jahre 1862 schuf A. C. Kirk die erste industriell verwertbare Kaltluftmaschine, die er anschließend stufenweise verbesserte. Dabei konnte er sich, anders als Gorrie, immer auf seine gediegene technische Ausbildung stützen.

Eine weitere Vervollkommnung erfuhr die Kaltluftmaschine durch die Bemühungen von F. Windhausen, der 1869 mit seinen ersten Konstruktionen herauskam und damit gute Erfolge erzielte. Windhausen war ein hervorragender Ingenieur und Kenner seines Fachgebietes, aber weder ein origineller Schöpfer noch ein wissenschaftlich kritischer Geist. Es gelang ihm, grundlegende Erfindungen anderer weiter zu entwickeln und für den praktischen Gebrauch reif zu machen, nicht aber sich eine klare Vorstellung von den Vor- und Nachteilen der verschiedenen Kälteerzeugungssysteme zu machen.

Die weitere Entwicklung der Kaltluftmaschinen durch P. Giffard in Paris, die Bell-Coleman Refrigeration Co. in Glasgow, T. B. Lightfoot in London, sowie durch J. & E. Hall Ltd. in Dartford vollzog sich Ende der siebziger Jahre nach dem Erscheinen Lindes.

Die Absorptions-Kältemaschine

Das Prinzip einer Absorptions-Kältemaschine, in der Wasserdampf durch Schwefelsäure absorbiert wurde, hat John Leslie schon 1810 im Laboratoriumsmaßstab verwirklicht. Aber erst 40 Jahre später hat Edmond Carré diesen Gedanken aufgegriffen und seit 1850 kleine "Vakuum-Maschinen" für die Speiseeisbereitung und Getränkekühlung gebaut. Seit 1878

baute F. Windbausen solche Maschinen in größeren Einheiten, konnte damit aber keine bleibenden Erfolge erringen.

Die wesentlichsten Leistungen auf dem Gebiet der Absorptionsmaschinen vollbrachte Ferdinand Carré, der neben Linde zu den bedeutendsten Erscheinungen in der Kältetechnik gehört. Er sah ein, dass das System Schwefelsäure- Wasser wegen des hohen Vakuums und der chemischen Aggressivität der Schwefelsäure ungeeignet war und ersetzte es durch Gemische von Ammoniak und Wasser. Damit waren nicht nur alle Schwierigkeiten beseitigt, sondern es wurde auch zum ersten Male die ausgezeichnete Eignung des Ammoniaks als Kältemittel dargelegt. - Im Jahre 1859 meldete F. Carré sein grundlegendes Patent auf die Ammoniak-Absorptionsmaschine in Frankreich an, dem bis Ende 1862 vierzehn Zusatzpatente folgten. Er beschreibt darin sowohl periodisch wirkende Maschinen für kleine Leistungen als auch ununterbrochen wirkende Maschinen bis zu den. größten Leistungen; sie wurden zum Vorbild für alle späteren Bauarten. Die Carré'schen Absorptionsmaschinen waren die ersten, die industrielle Bedeutung erlangten.

Linde erhielt im Jahre 1870 den ersten Anstoß zur Beschäftigung mit Kältemaschinen durch ein Preisausschreiben für eine Kälteanlage zum Auskristallisieren von Paraffin aus Rohölen. Für den gleichen Zweck war schon 1861 eine Äthyläther-Kaltdampfmaschine von Harrison in den Ölwerken von Young, Meldrum & Binny in Bathgate (England) aufgestellt worden. Wegen der ständigen Feuersgefahr wurde diese Maschine 1864 durch eine Kaltluftmaschine von Kirk ersetzt.

Vergleich der Systeme zur Kälteerzeugung durch Linde.

Als Linde sich mit diesem Problem zu beschäftigen begann, konnte er nach dem Vorhergesagten feststellen, dass sowohl die Kaltluftmaschinen als auch die Absorptionsmaschinen einen für den damaligen Stand der Technik recht hohen Grad der Vollkommenheit erreicht und sich im praktischen Betrieb bewährt hatten. Dagegen wurden die Aussichten der Kaltdampfmaschinen weniger günstig beurteilt, weil sie konstruktiv mangelhaft waren und weil die verwendeten Kältemittel Gefahren bargen, die man nur ungern in Kauf nahm. Einen wirtschaftlichen Vergleich zwischen diesen drei Systemen und eine Untersuchung über den Grad der erreichten Vollkommenheit hatte bislang noch niemand angestellt; dafür fehlten auch die einwandfreien wissenschaftlichen Maßstäbe.

Linde legte sich daher im Jahre 1870 nach seiner eigenen Darstellung folgende Fragen vor:

1. Welches Verhältnis zwischen entzogener Wärme (Kälteproduktion) und aufgewendeter Energie ist als das naturgesetzlich höchst erreichbare zu betrachten?
2. Welcher Arbeitsvorgang ist zur Erreichung solcher Höchstleistungen auszuführen?
3. Wie verhalten sich hierzu die bestehenden Kältemaschinen?

Linde beantwortete diese Fragen in seiner klassischen Abhandlung "Über die Wärmeentziehung bei niedrigen Temperaturen durch mechanische Mittel", die 1870 in dem von ihm redigierten "Bayerischen Industrie und Gewerbeblatt" erschien. Er errechnete darin die Wirkungsgrade der Kaltluft- Kaltdampf- und Absorptionsmaschinen und stellte fest, dass keine der bis dahin gebauten Kältemaschinen mehr als ein Fünftel der naturgesetzlich erreichbaren Höchstleistung geliefert hatte. Er prüfte, ob und auf welchem Wege ein besseres Ergebnis zu erreichen sei. Den Inhalt dieser Überlegungen veröffentlichte er 1871 im gleichen Blatt in einer zweiten Abhandlung "Verbesserte Eis- und Kühlmaschine". In dieser Veröffentlichung hat Linde bereits den Kaltdampfmaschinen den wirtschaftlich höchsten Rang zuerkannt, obgleich die damals bestehenden Ausführungen eher den entgegengesetzten Schluss nahe zu legen schienen.

Entwicklung der ersten funktionstüchtigen Kaltdampfmaschine durch Linde

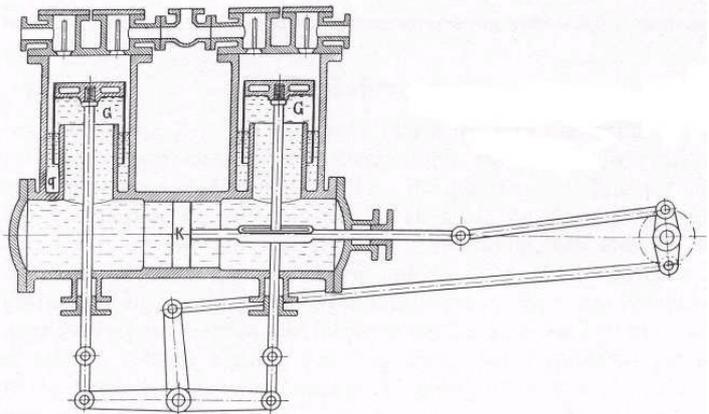
Zusammenfassung der Entwicklung aus der Biografie Carl von Linde „Aus meinem Leben und von meiner Arbeit“.

1873 trug Linde seine Gedanken auf dem internationalen Brauerkongress in Wien vor und der Brauereibesitzer Sedlmayer aus München erklärte sich bereit, die Entwicklungskosten einer derartigen Kältemaschine zu übernehmen.

1. Verdichter von Linde mit Methyläther als Kältemittel

1875 wurde der erste Verdichter für diese Maschine von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG in Augsburg nach den Vorgaben von Linde gebaut.

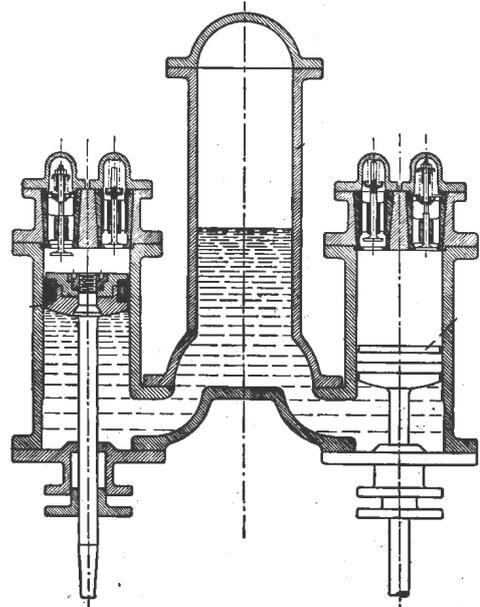
Dieser Verdichter hatte, um Undichtigkeiten zu vermeiden, Quecksilber als Sperrflüssigkeit in den Zylindern und Glycerin zur Schmierung und Abdichtung gegenüber der Atmosphäre. Als Kältemittel wurde Methyläther gewählt. – Die Ergebnisse waren noch nicht befriedigend, der Betrieb erforderte eine sehr aufmerksame Überwachung und konnte wegen der Trägheit der Flüssigkeiten, nur mit geringer Drehzahl erfolgen.



Diese Ausführung war deshalb nicht für die Praxis geeignet. Dr. Dienel schreibt in der "Geschichte der Linde AG" (S. 52): *Das System war so sensibel, dass der Betrieb nach Linde einem gewöhnlichen Maschinisten nicht anvertraut werden durfte. Der große apparative Aufwand machte die Maschine trotzdem nicht gasdicht. Der austretende Methyläther verursachte Explosionen im Maschinenraum; nach der schweren Verletzung eines Arbeiters und der ablehnenden Haltung des Maschinenmeisters der Brauerei, musste sich Gabriel Sedlmayr im Frühjahr 1874 sogar zur Einstellung der Versuche entschließen.* Damit wären auch die Bemühungen Lindes zur Verbreitung der Kaltdampfmaschine vermutlich gescheitert.

2. Verdichter mit Ammoniak

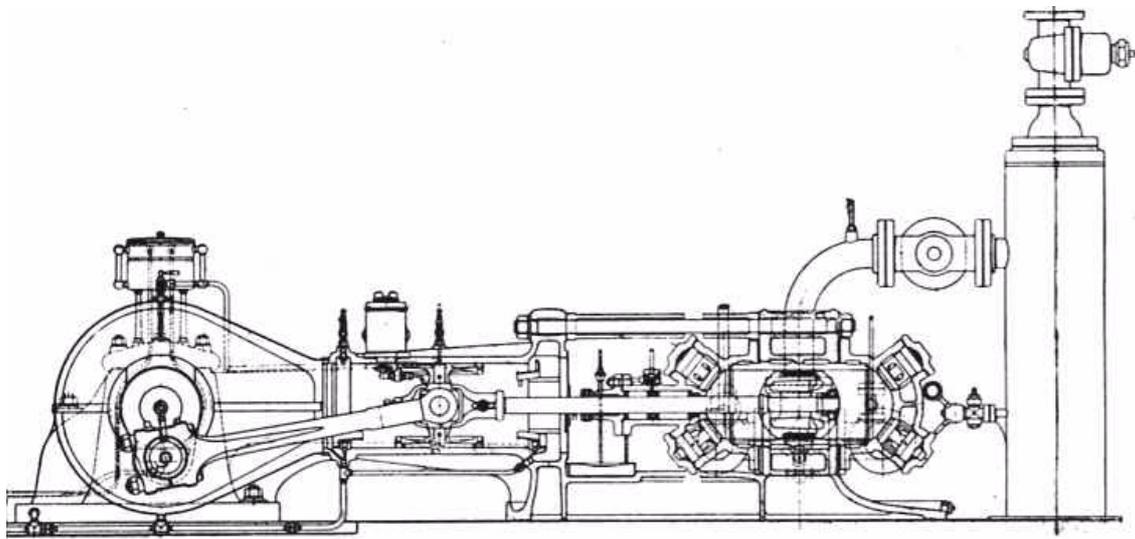
Erst durch den Rat von Kraus, Anteile von Patentrechten seines 1873 angemeldeten Patent auf eine verbesserte Kälteerzeugungsmaschine an ein Konsortium (Kraus, Sedelmayer und Butz) zu verkaufen, erhielt er ausreichende Geldmittel für weitere Entwicklungen. Dies führte dann zu der verbesserten 2. Ausführung mit Glycerin als Sperrflüssigkeit und einem Ausgleichsdom. Als Kältemittel wurde jetzt NH_3 gewählt. Diese Ausführung erfüllte alle Erwartungen. 1877 erfolgte die erste Lieferung dieser 2. Ausführung nach Triest in die Dreherische Brauerei, die dort zur vollsten Zufriedenheit bis 1909 in Betrieb war.



Heute befindet sich diese Maschine im Technischen Museum Wien, als Erstling der Lindeschen Kältemaschine.

3. Verdichter in Anlehnung an Gaspumpen

Danach erfolgte der Bau der 3. Ausführung als liegender doppelwirkenden Wechselstromverdichter mit Kolbenringen und Stopfbuchspackung in Anlehnung an Gaspumpen. Als Kältemittel wurde wiederum das jetzt schon bewährte NH_3 eingesetzt. Die Abdichtung der Kolbenstange erfolgte durch eine zweigeteilte Stopfbüchse, die im Mittelteil unter Saugdruck stand - eine geringe Undichtigkeit wurde in Kauf genommen. Die Schmierung von Lagern, Kreuzkopf und Stopfbüchse wurde durch Tropfschmierung mit Laterne sichergestellt. Die Kältemitteleinspritzung erfolgte mittels Drosselventil nach der Druckgastemperatur. Diese sollte nach Anweisung Lindes nicht höher als handwarm sein, um Schmierstoffzersetzungen zu vermeiden – später erkannte er, dass eine höhere Verdichtungsendtemperatur (ca. 100°C) die Effektivität des Prozesses steigerte.



Schlussbetrachtung

Mit dieser Ausführung gelang Linde der Durchbruch und damit begann auch der Siegeszug der Kaltdampfmaschine. Zur industriellen Verwertung wurde 1879 die „Gesellschaft für Linde's Eismaschinen“ in Wiesbaden als Aktiengesellschaft gegründet, womit der Aufstieg der Fa. Linde begann. - Die liegend-doppelwirkende Ausführung des Verdichters dominierte den Markt im Bereich der Industriekühlung über Jahrzehnte.

Weitere Informationen zur Kältemaschine finden Sie unter:

<http://de.wikipedia.org/wiki/K%C3%A4ltemaschine>