

Carl von Linde in München - Entwicklung der ersten Kältemaschinen

von Matthias Pühl

Vortrag gehalten auf der gemeinsamen Veranstaltung der Senioren des Deutschen Kälte- und Klimatechnischen Vereins e. V. (DKV), des Bezirksvereins München im DKV und der Mitglieder des Historische Kälte- und Klimatechnik e.V. (HKK) am 12. 5. 2006 in München.

Gliederung	Seite
Gliederung.....	1
Einführung.....	1
Carl von Linde.....	2
Einstieg in die Kältetechnik	4
Von der Theorie zur Praxis	6
Der dritte Entwicklungsschritt hin zu den Standardtypen.....	9
Kälteverteilungssysteme.....	10
Eintritt in den Kühlmaschinenmarkt	11
Der Schritt ins Unternehmertum	12
Das Wetter als Verbündeter	13
Zusammenfassung.....	15

Einführung

Der folgende Vortrag wird sich mit Carl von Lindes Arbeit an der Entwicklung der ersten Kältemaschinentypen beschäftigen, vor allem bezogen auf die Zusammenarbeit mit den befreundeten Brauereibesitzern, deren Unterstützung Carl von Linde die Entwicklung einer funktionstüchtigen Kältemaschine überhaupt erst ermöglichten. Der behandelte Zeitraum liegt daher vorwiegend in den 1870er Jahren; die spätere erfolgreiche Durchsetzung der typisierten Linde-Kältemaschinen und die Entwicklung der „Gesellschaft für Linde’s Eismaschinen“ waren ja bereits früher Thema eines Vortrages hier, wie ich erfahren habe.

Im Vordergrund sollen nicht die maschinentechnischen Details der Konstruktion der Kaltdampfmaschine stehen; in dieser Versammlung von Kältefachleuten sind sicherlich Experten zu finden, die sich damit besser auskennen. Ich selber bin Technikhistoriker und habe als Mitarbeiter von Dr. Dienel mit an der Erstellung der wissenschaftlichen Unternehmensgeschichte der Linde AG zum 125jährigen Jubiläum 2004 gearbeitet. Im

Zentrum meiner Betrachtung steht daher der sozusagen „geschichtliche“ Ablauf der Entwicklung, also die Zusammenarbeit Carl Lindes mit den Brauern – sehr kurz ausgedrückt, wäre Carl von Linde ohne „seine“ Brauereibesitzer wohl nicht weit gekommen mit der Entwicklung einer funktionstüchtigen und dauerbetriebstauglichen Kältemaschine.

Carl von Linde

Linde wurde 1842 als drittes von neun Kindern in eine lutherische Pfarrerfamilie in Berndorf in Oberfranken geboren. Sein Vater war Sohn eines Schumachers, seine Mutter Franziska stammte aus einer Kaufmannsfamilie, die aktives Mitglied der pietistischen Brüdergemeinde in Neuwied am Rhein war. Linde durchlief als einziger der vier Söhne das Gymnasium, entschied sich aber zum Ärger seines Vaters nach dem Abitur nicht zu einem Theologiestudium, sondern ging 1861 an das Zürcher Polytechnikum und studierte dort drei Jahre Maschinenwesen, was ihm offenbar wesentlich mehr Freude bereitete als der humanistische Schulunterricht. Wegen der Beteiligung an einem Studentenprotest gegen den Direktor musste er das Polytechnikum ohne einen schriftlichen Nachweis der von ihm besuchten Veranstaltungen verlassen, erhielt aber – sozusagen „unter der Hand“ - zwei Empfehlungsschreiben der berühmten Professoren Zeuner und Reuleaux, die ihm zu einer Stelle bei Borsig in Berlin verhalfen. Zwei Jahre später übernahm er 24-jährig die Leitung des Konstruktionsbüros der gerade neu gegründeten Lokomotivfabrik von Georg Krauss in München. 1868 wurde Linde außerordentlicher Professor am neu gegründeten Münchner Polytechnikum, das er 1879 verließ, um Vorstand der „Gesellschaft für Linde's Eismaschinen“ in Wiesbaden zu werden, deren Gründung er seit vier Jahren betrieben hatte. Den Vorstandsposten vertauschte Linde 1890, 48-jährig, mit dem Vorsitz im Aufsichtsrat der Gesellschaft - eine Position, die er dann bis 1931 inne haben sollte, um dann mit 89 Jahren sozusagen „ins zweite Glied“ zurückzutreten. Linde war Vater von vier Töchtern und zwei Söhnen, die beide, Richard als Maschinenbauingenieur, Friedrich als Physiker, den Doktorgrad erwarben und später in die Firma eintraten, ebenso wie ein Schwiegersohn, der Ingenieur Rudolf Wucherer.

Den größten Teil seines Lebens hat Linde als Unternehmer gewirkt. Von den 11 Jahren als Professor waren die letzten acht schon überwiegend der freiberuflichen Tätigkeit gewidmet, es folgten mehrere Jahrzehnte fast ausschließlich industrieller Arbeit. Aus der Perspektive des „angestellten Unternehmers“ erschließt sich sein Leben am besten.

Bei der Tätigkeit als Vorstand der Gesellschaft Linde von 1879 bis 1890 war, so Linde selbst, *„die geschäftliche Seite völlig in den Vordergrund gerückt“*. Linde kümmerte sich

vornehmlich um die Akquisition von Aufträgen, aber gleichzeitig auch um die Projektdurchführung und Entwicklung neuer Anwendungen, um Personalfragen, Lizenzen, Artikel und Patentprozesse. 1890 beendete er auf eigenen Wunsch diese aufreibende Tätigkeit, wechselte 48-jährig in den Aufsichtsrat und zog 1892 wieder nach München. Für diesen bemerkenswerten Wechsel nennt Linde einerseits „*Rücksichten auf meine Gesundheit, die durch chronische Kopfschmerzen und Magenschmerzen geschwächt war*“. Doch vor allem habe ihn „*das Verlangen nach der Rückkehr zu wissenschaftlicher Tätigkeit*“ zur Aufgabe der Vorstandsposition getrieben. Linde hatte schon 1889 in München eine Versuchsstation gebaut und dem polytechnischen Verein in Bayern befristet für Kältemaschinenversuche – ähnlich der Stiftung Warentest heute – überlassen, der die Überlegenheit der Linde-Maschinen wissenschaftlich beweisen sollte und bewies. Wahrscheinlich hatte er die Station bereits mit dem Ziel einer späteren Übernahme und dem Umzugs nach München errichtet. Jedenfalls forderte Linde, zurück in München, die Freigabe der Station. Seine Versuche, die Station als von ihm geleitete firmeneigene Forschungsabteilung für die Entwicklung und Verbesserung kältetechnischer Bauteile und Verfahren zu installieren, konnte er nur gegen massiven Widerstand des Aufsichtsrates der Gesellschaft Linde, dem die Station nicht notwendig und zu teuer erschien, in jahrelangen Diskussionen durchsetzen. 1892 nahm Linde eine Honorarprofessur, die 1900 in eine ordentliche Professur ohne Lehrverpflichtung umgewandelt wurde, an und hielt wieder Vorlesungen zur Theorie der Kältemaschinen an der Technischen Hochschule. Doch wie bei einem modernen Manager, der auch in der Kur nicht zur Ruhe kommen kann, war Lindes Rückkehr zur Wissenschaft nur kurzfristig und halbherzig. Zum einen steigerte er seine Vereinsaktivitäten auf ein dauerhaft höheres Niveau. 1892 wurde er Bezirksvorsitzender des VDI und Vorsitzender des Bayerischen Dampfkesselrevisionsvereins, 1894 ging er in den VDI-Vorstand, dessen Vorsitzender er 1904/05 wurde. 1895 wurde er ins Kuratorium der Physikalisch-technischen Reichsanstalt berufen, im gleichen Jahr in die wissenschaftlich-technische Kommission des VDI, 1899 in die Jubiläumstiftung der deutschen Industrie. 1898 trat er der Göttinger Vereinigung bei, aus der die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft hervorging. In VDI und Jubiläumstiftung förderte Linde höchst aktiv die Thermodynamik und später als Vorsitzender des Sonderausschusses für Flugtechnik den dynamischen Flug – den seinerzeit populären Bau von Luftschiffen lehnte er ab. 1896 wurde er Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, 1903 Vorstandsmitglied des Deutschen Museums.

Gleichzeitig nahm er wissenschaftlich-technische Arbeiten in der Münchner Versuchsstation auf. Von 1893/94 testete Linde in der Versuchsstation eine Kohlensäurekältemaschine, die

nach seinen Plänen von der Maschinenfabrik Augsburg gebaut worden war. Ziel war der Nachweis der Minderwertigkeit, also des schlechten Wirkungsgrades, der Kohlensäuremaschinen, die von den Konkurrenten Riedinger und Hall (England) gebaut wurden. 1894/95 kam er so über die Kohlensäureverflüssigung zur Luftverflüssigung. Linde erkannte recht bald die großen technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten der Gasverflüssigung. Sie eröffneten ihm ein neues, unbearbeitetes unternehmerisches Feld, oder, anders ausgedrückt, verlangten von ihm eine unternehmerische Aktivität, die ihn bis an sein Lebensende vollständig fordern sollte. Linde gab die weitere Bearbeitung der Tieftemperaturtechnik nicht nach Wiesbaden ab, sondern baute zusammen mit seinen Söhnen eine starke Münchner Filiale auf.

Mit der Gründung des Instituts für technische Physik 1902 wurde Linde dann wieder für einige Zeit - vielleicht zwei Jahre - von Fragen der Hochschulforschung in den Bann geschlagen.

Der Erste Internationaler Kältekongress in Paris 1908 führte dann bald zur Gründung des DKV am 15. Januar 1909; den Vorsitz übernahm Carl von Linde.

Wenngleich sich von Linde ab 1910 mehr und mehr aus dem aktiven Arbeitsleben zurückzog, behielt er einen Teil seiner Aufsichts- und Beratungstätigkeit bis zu seinem Lebensende bei. Sein Lebenswerk setzten seine beiden Söhne Friedrich und Richard sowie sein Schwiegersohn Rudolf Wucherer (er war mit der jüngsten Linde-Tochter Elisabeth verheiratet) fort.

Carl von Linde verstarb im Jahr 1934 im Alter von 92 Jahren. Im Laufe seines Lebens wurde er mit drei Ehrendoktorwürden, dem Bayerischen Verdienstorden, mit der Erhebung in den persönlichen Adelsstand und zahlreichen anderen Auszeichnungen geehrt.

Anmerkung:

Wie gerade erwähnt, wurde Carl Linde 1897 aufgrund seiner Verdienste *persönlich* geadelt; persönlich bedeutet, dass der Titel nicht erblich war. Im Folgenden werde ich des besseren Verständnisses halber überwiegend „Carl von Linde“ sagen, obwohl diese Schreibung ja streng genommen erst ab 1897 ganz korrekt wäre. Er selbst hat übrigens fast nie von seinem Adelstitel Gebrauch gemacht.

Einstieg in die Kältetechnik

Carl von Linde, der ja, wie eben erwähnt, seit 1868 außerordentlicher Professor an der Technischen Hochschule in München war, stieß 1870 durch ein Preisausschreiben für eine

Kühlanlage zum Auskristallisieren von Paraffin aus Rohölen auf das Forschungsgebiet Kältetechnik. „Es erfasste mich sofort der Gedanke, dass hier eine noch ungeklärte Aufgabe der mechanischen Wärmelehre vorliege“, beschreibt er selbst in seinen 1916 veröffentlichten Erinnerungen „Aus meinem Leben und von meiner Arbeit“ die in ihm geweckte Neugierde. Es gab zu dieser Zeit bereits eine Äthyläther-Kaltdampfmaschine zum Auskristallisieren von Paraffin aus Rohölen, die Harrison in Bathgate (England) aufgestellt hatte; wegen der dauernden Feuergefahr, die beim Betrieb dieser Äthyläther-Maschine bestand, wurde sie 1864 durch eine Kaltluftmaschine von Kirk ersetzt. Damit sind zwei der drei grundsätzlichen Kälteerzeugungsverfahren schon genannt; ich muss sicherlich in diesem Kreis nicht näher auf die Eigenheiten und Unterschiede der Kühlung durch Verdampfung mittels Dampfkompression, Dampfabsorption und durch Expansion unter äußerer Arbeitsleistung eingehen.

Als Carl von Linde begann, sich mit diesem Problem zu beschäftigen, konnte er anhand der bis zu jenem Zeitpunkt (1870) gewonnenen praktischen Erfahrungen feststellen, dass sowohl die Kaltluftmaschinen, wie auch die Absorptionsmaschinen einen für den damaligen Stand der Technik recht hohen Grad an Vollkommenheit erreicht und sich im praktischen Betrieb bewährt hatten. Dagegen waren die Aussichten der Kaltdampfmaschinen weniger günstig zu beurteilen, weil sie seinerzeit konstruktiv mangelhaft waren und vor allem, weil die verwendeten Kältemittel Gefahren bargen, die für den Dauerbetrieb eigentlich nicht akzeptabel waren.

Einen wirtschaftlichen Vergleich zwischen diesen drei Systemen und eine Untersuchung über den Stand der zeitgenössischen Technik hatte bis dato noch niemand angestellt; es fehlten daher auch verlässliche wissenschaftliche Maßstäbe. Carl von Linde machte sich nun daran, eine theoretische Grundlage für eine „verbesserte Eis- und Kühlmaschine“ zu legen. Er schrieb in dem von ihm redigierten „Bayerischen Industrie- und Gewerbeblatt“ des Polytechnischen Vereins unter dem Titel "Über die Wärmeentziehung bei niedrigen Temperaturen durch mechanische Mittel" zunächst über die Klassifikation der am Markt befindlichen Kälteprozesse bzw. Kältemaschinen und die Nutzung des thermodynamischen Kreisprozess von Sadi Carnot für die Bewertung der Kältemaschinen.

Neu war dabei, dass Linde die Entwicklungschancen eines Kälteverfahrens allein aus der Wärmetheorie ableitete. Dass es dabei nicht um konstruktive Fragen, sondern um den theoretisch erreichbaren Wirkungsgrad ging, machte die praktische Anwendung dieses Mittels schwierig, denn die von Linde untersuchten Maschinen erreichten im praktischen Betrieb nur 5 bis 10 Prozent der theoretisch möglichen Leistung.

Linde schlug dann 1871 in einem zweiten Beitrag unter dem Titel "Verbesserte Eis- und Kühlmaschine" Verbesserungen vor: Es sollte erstens bevorzugt die Kaltdampfmaschine eingesetzt werden, die zweitens, um einen maximalen Wirkungsgrad zu erreichen, mit möglichst geringen Temperaturunterschieden arbeiten sollte. Dafür nahm Linde große „Berührungsflächen“ sowohl im Kondensator als auch im Verdampfer in Kauf. Um den tatsächlichen Wirkungsgrad der Maschine zu erhöhen, empfahl Linde abschließend die Verwendung von Methyläther, einem Kältemittel mit größerer Verdampfungswärme.

Auch wenn Lindes Argumentation in theoretischer Hinsicht streng genommen „auf dünnem Eis“ stand, so gelang es ihm doch, mit der Entscheidung für das Kaltdampfverfahren das Augenmerk auf das zukunftsträchtigste Verfahren zu lenken. Die spätere industrielle Entwicklung in der Kältetechnik gab Linde Recht, als seit den 1880er-Jahren die Kompressionsmaschinen die Teilmärkte zu beherrschen begannen. Wichtig für die weitere Entwicklung war, dass Lindes Arbeit auf dem Gebiet der Kältetechnik von Anfang an das Lehrgebäude der mechanischen Wärmetheorie und die Entwicklung konkreter Maschinen miteinander verband.

Von der Theorie zur Praxis

Wie kam Linde dann von der Theorie zur Praxis? Die eben genannten kältetechnischen Abhandlungen im „Bayerischen Industrie- und Gewerbeblatt“ weckten das Interesse von Brauern, die für die Gärung und Lagerung ihres Biers nach einem ganzjährig zuverlässigen Kältebetrieb suchten.

Viele kontinentaleuropäische Brauereien stellten ab 1840 auf die untergärige Lagerbier-Herstellung (im Gegensatz zum „englischen“ obergärigen Braunbier) um, denn das Bier blieb länger frisch und schmeckte den Kunden besser. In Deutschland waren die untergärigen Bierbrauereien zu jener Zeit der wichtigste Abnehmer von Natur-Eis. Brauereien benötigten Eis nicht für den gekühlten Transport und anfangs weniger für dezentrale Lagerung und den Ausschank, sondern für die Bierherstellung selbst.

Die Expansionsmöglichkeiten der Lagerbierbrauereien waren durch die Kapazität ihrer kühlen Lagerkeller - zumeist Felsenkeller - begrenzt. Deshalb gingen große Brauereien systematisch zum Bau von Lagerhäusern mit Obereiskühlung und natürlicher Zirkulation über. Der technologisch führende Brauer Gabriel Sedlmayr machte 1842 den Anfang im Münchner Spatenbräu, 1845 folgte der Franziskanerbräu. Vorherrschend blieben aber zunächst die Sandsteinfelsenkeller.

Abgesehen von der unsicheren Versorgung bereitete die Natureiskühlung dem Brauer große hygienische Probleme. Das Natur-Eis brachte Keime in die Gär- und Lagerkeller. Die größere Hygiene und die Einsparung an Lagerplatz durch den Wegfall der Natureisstapelfläche waren die entscheidenden Argumente der Kältemaschinenhersteller im Kampf gegen das Natur-Eis. Ein Preisvorteil des Kunst-Eises konnte übrigens bis in die 1890er-Jahre nur im Vergleich zu den inflationären Natureispreisen nach milden Wintern errechnet werden.

Aus den eben genannten Gründen – Lagerplatz- und Hygieneprobleme- war das Interesse der Brauereibesitzer an Anlagen zur Erzeugung künstlicher Kälte sehr groß. Die Eismaschine, die von Linde beschrieben hatte, schien geeignet, um die dafür erforderlichen tieferen Temperaturen zu erreichen und eine genaue Regelung der Kühlung zu gewährleisten. Kein Wunder also, dass einige Großbrauer großes Interesse an dieser Erfindung zeigten.

Der Direktor der größten österreichischen Brauerei Dreher, August Deiglmayr, besuchte Linde im Sommer 1871 zusammen mit einem Wiener Maschinenfabrikanten und schlug ihm vor, eine Kältemaschine für den Gärkeller der Zweigbrauerei in Triest zu entwerfen, die in Wien gebaut werden könne. Der Gärkellerbetrieb in Triest war durch die "feuchtwarme Atmosphäre", wie Linde später schrieb, besonders heikel.

Doch der technisch erfahrene Linde konnte nicht guten Gewissens auf die scheinbar verlockende Anfrage Drehers eingehen: *"Ich musste ihm antworten, dass die Bereitwilligkeit wohl vorhanden sei, dass aber nicht erwartet werden dürfe, sofort eine den Anforderungen des praktischen Betriebs entsprechende Ausführung zu erhalten, dass vielmehr mit einem mehr oder weniger langen Versuchsstadium zu rechnen sein würde"*. Wien kam für diese Versuche nicht in Frage; Carl von Linde brachte München und vor allem den Münchner Großbrauer Gabriel Sedlmayr ins Spiel. Tatsächlich gelang es von Linde und August Deiglmayr, Gabriel Sedlmayr davon zu überzeugen, die Versuchskosten zu übernehmen und Räume in seiner Spatenbrauerei bereitzustellen. Linde erhielt so die Chance zu einer mehrjährigen Versuchsphase, an deren Ende eine Kältemaschine stand, die den Konkurrenzprodukten vor allem in punkto Betriebssicherheit und Langlebigkeit überlegen war. Im Gegenzug wurde Sedlmayr Mitinhaber der Patente. Das bayerische Patent forderte die Ausführung einer Maschine binnen Jahresfrist. Linde und Sedlmayr bestellten die Bauteile bei der Maschinenfabrik Augsburg im Januar 1873.

Am 7. Oktober war die Eismaschine fertig und wurde nach einer Besichtigung durch Linde nach München ausgeliefert, dort aber verzögerte sich die Montage, so dass Sedlmayr den für

die Patenterteilung geforderten Nachweis der Inangsetzung nur sozusagen "ganz knapp vor Toresschluss" am 20. Januar 1874 eingereichen konnte. Bei der Inbetriebsetzung der Maschine gab es noch „*Schwierigkeiten über Schwierigkeiten*“, wie Linde später in seinen Lebenserinnerungen schrieb; vor allem war die Maschine undicht, verlor also ständig Kältemittel.

Der Kältemittelverlust war ein Kostenfaktor, ein Betriebs- und ein Sicherheitsproblem. Die gebräuchlichen Kältemittel waren entweder (hoch-)giftig oder explosiv; Ammoniak galt um 1870 in Kältemaschinen noch grundsätzlich als nicht beherrschbar.

Die wichtigste abzudichtende Stelle bei der Kompressionskältemaschine war die Stopfbüchse zwischen der Kolbenstange und dem Zylindergehäuse, denn sie bildete die einzige bewegliche Dichtstelle zwischen hohem Innen- und dem atmosphärischen Druck. Wie seine Kollegen hatte auch Linde großen Respekt vor hohen Drücken. Das spiegeln seine anfänglichen Dichtungskonstruktionen: sie waren größer als die ganze Kältemaschine! Die Quecksilberdichtung von 1871/73 war eine Fehlkonstruktion; mit ihr sollten die beiden Kompressorkolben durch ein Quecksilbertauchbad abgedichtet werden. Die Drehzahl der Kältemaschine durfte dabei 12 Umdrehungen pro Minute nicht übersteigen, um das metastabile Wasser-Quecksilber-Methyläther-Gleichgewicht nicht zu gefährden. Aber trotz des großen apparativen Aufwands war die Maschine 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.

Doch Linde gab nicht auf. Mit seinem Schüler und Assistenten Friedrich Schipper konstruierte v. Linde einen neuen Kompressor, der sich vor allem durch eine wesentlich einfachere und wirkungsvolle Dichtung auszeichnete. Lindes neue Stopfbuchsenkonstruktion aus dem Jahr 1875 war sein vielleicht wichtigster konstruktiver Beitrag zur Verbesserung der Kaldampfmaschine. Als Dichtungsmittel in der neu konstruierten Stopfbuchsenkonstruktion verwendete er nunmehr Glyzerin und als Kühlmittel das wirkungsvollere Ammoniak. Die neue Maschine wog und kostete nur halb so viel wie ihre Vorgängerin; die neue Konstruktion war aber vor allem auch einfacher zu montieren und zu warten.

Linde bestellte den neuen Kompressor im Frühjahr 1875 bei der Maschinenfabrik Augsburg und meldete die neue Maschine zum bayerischen Patent an, das er 1876 für 10 Jahre erhielt; die deutschen Reichspatente erhielt v. Linde im August 1877. „*Schon die ersten Versuche mit*

diesem zweiten Kompressor“, so v. Linde nicht ohne Stolz, *„zeigten völlig befriedigende Ergebnisse“*.

Die Maschine wurde im September 1876 an die Brauerei Dreher in Triest verkauft, unter Leitung von Schipper aufgebaut und im Frühjahr 1877 in Gang gesetzt. Sie sorgte dort bis zum Jahr 1908 für Kühlung und Lufttrocknung und kam dann unter dem Titel "Erstling der Lindeschen Kältemaschine" in das Technische Museum Wien, wo sie heute noch zu besichtigen ist.

Der dritte Entwicklungsschritt hin zu den Standardtypen

Sofort nach Fertigstellung der ersten Maschine für Dreher stellte Linde seine Konstruktion noch einmal grundlegend um. Die bisherige Konstruktion des vertikalen Kältekompressors für Dreher hatte sich zwar als betriebssicher erwiesen, erlaubte aber noch immer keine hohen Drehzahlen. Jetzt wollte und konnte Linde an die größtmögliche Verkleinerung der Dimensionen der Maschine bei gleich bleibender Leistung gehen. Er hatte in der Zwischenzeit erkannt, dass eine sehr kleine Druckkammer für die Sperrflüssigkeit genügt und er das Dichtungsproblem an den Kolbenringen einfach umgehen konnte, indem er die in der Gaspumpentechnik gebräuchlichen doppelwirkenden Kolben verwendete. Linde schrieb selbst über seine doppelwirkenden horizontalen Kompressoren, sie seien eine *„völlige Annäherung an die üblichen Anordnungen von Gaspumpe“*. Durch diese Bauform wurde die Kältemaschine viel kleiner und konstruktiv einfacher: Carl von Linde bemerkte selbst dazu: *"Wie so oft bei der Lösung neuer Aufgaben vollzog sich dieselbe auch hier unter dem Übergang von komplizierten zu immer einfacheren Konstruktionsmitteln"*. Linde baute in die Stopfbüchse zwischen dem Ammoniak- und dem atmosphärischen Druck eine kleine Druckkammer für Glycerin, eine so genannte Laterne, die von außen einem höheren Druck als dem Ammoniakgasdruck unterworfen war. Undichtigkeiten an der Stopfbüchse führten allenfalls zu einem Eintritt von Glycerin in den Ammoniakkreislauf. Linde ordnete den doppel wirkenden Kompressor nun horizontal an. Ein Vorteil dieser Anordnung war wiederum die Platzersparnis und der nun mögliche Einbau in die flachen Gärkeller, wo die großen vertikalen Maschinen, wie sie in Amerika üblich wurden, keinen Platz gehabt hätten. Linde hatte durch neue Stopfbuchse und Kompressoranordnung das Leistungsgewicht der Kältemaschine erheblich gesteigert und damit den gewichtsbezogenen Maschinenpreis gesenkt: Lindes Maschinen waren die leistungsbezogen preiswertesten Kaltdampfmaschinen am Markt. Im Juli 1876 legte die Maschinenfabrik einen Prospekt mit Linde-Maschinen in sieben verschiedenen Größen vor. Der dritte neue Typ wurde der Standardtyp der Linde-

Maschinen bis über das Jahr 1930 hinaus.¹ Linde beantragte aber für diesen dritten Typ kein Patent, weil es für horizontale, doppelt wirkende Kompressoren 1876 bereits Patente gab, etwa von Pictét und anderen.

Kälteverteilungssysteme

Während der mehr als sechsjährigen Entwicklungs- und Experimentierphase der Kaltdampfmaschine musste auch für die Verteilung der erzeugten Kälte eine zuverlässige Lösung gefunden werden. Es lag auf der Hand, dass die Kältemaschinen, wenn sie nicht bloß ein Ersatzmittel bei vorübergehendem Eismangel bleiben sollten, zur Kühlung der Bierwürze nicht den Umweg über die Erzeugung von Eis machen durften, sondern die Würze direkt kühlen sollten. Linde entwickelte Gärbottichschwimmer, die über Gummischläuche an ein Rohrnetz angeschlossen wurden. Die Versuche ergaben befriedigende Ergebnisse, so dass sich der Großbrauer Sedlmayr 1877 dazu entschloss, eine entsprechende Kältemaschine zu kaufen. Damit war dann sozusagen "das Eis gebrochen"; Carl von Linde schreibt in seinen Lebenserinnerungen:

"Im Frühjahr 1878 kam ich dann nach Frankfurt und Mainz zu Besprechungen mit einigen Brauereibesitzern. An letzterem Orte wurde ich zu dem als technischen Berater im Aufsichtsrat mehrerer rheinischer Brauereien geltenden Herrn Generaldirektor Lang geführt, dem ich in sechsstündigem Gespräche über die Gesamtheit unserer bisherigen Errungenschaften berichten musste. Am nächsten Tage schloss er Lieferungsverträge für je eine Kälteanlage in der Mainzer Aktienbierbrauerei und in der Brauerei von Gebr. Dieterich in Düsseldorf mit mir ab."

Zur Kühlung der Gär- und Lagerkeller experimentierte man seit Anfang der 1870er-Jahre mit der direkten Nutzung der Kälte ohne den Umweg über das Eis. Linde selbst bemühte sich mehrere Jahre lang um die direkte Kühlung mit Zwangskonvektion. Noch im Jahre 1881 erklärten "hervorragende Bierbrauer", wie Carl von Linde schreibt: *"Ihre Kältemaschine ist für unsere Betriebszwecke sehr wertvoll, aber unser lagerndes Bier werden wir niemals einer Maschine anvertrauen, deren zeitweises Versagen eine Katastrophe bedeuten könnte"*. Der erste "mutige" Brauer war dann der Direktor der Dortmunder Aktienbrauerei, dem Carl von Linde auf seine Klagen wegen Mangels an Lagerraum auseinandersetzte, dass hier die maschinelle Kühlung die Lösung sein würde. Die Aktienbierbrauerei entschloss sich, für

¹ In der DDR wurden niedrig drehende liegende doppeltwirkende Ammoniakkompressoren lindescher Bauart

einen Block von sechs Kellern eine maschinelle Kühlung einzurichten, wodurch die zugehörigen Eislageräume für die Bierlagerung frei wurden. Carl von Linde schreibt dazu: *"Ein Zufall schien den ursprünglichen Bedenken recht geben zu sollen, als ich bald nach Eröffnung des Betriebes (1882) einen telegraphischen Hilferuf erhielt, wonach die Anlage dadurch stillgelegt sei, dass (infolge eines Bedienungsfehlers) ein Kompressordeckel mit Ventilgehäusen durch Flüssigkeitsschlag zerstört wurde. Da ich aber in der Lage war, von Augsburg aus die sofortige Entsendung eines Monteurs mit einem Ersatzstücke (aus einer Vorratsbestellung) nach Dortmund telegrafisch zu beordern, so dass mir 48 Stunden nach dem Eintritte des Unfalls ein Danktelegramm für die schnelle Beseitigung der Störung zugehen konnte, so trug der Unfall nur dazu bei, das Gefühl der Verlässlichkeit zu erhöhen"*.

Eintritt in den Kühlmaschinenmarkt

Eine wichtige Bedeutung für die Popularisierung und spätere Verbreitung der Linde'schen Kältemaschine hatte bereits der internationale Brauerkongress gehabt, der während der Weltausstellung 1873 in Wien stattfand. Linde trat auf diesem Kongress mit aller Entschiedenheit als Anwalt der Kaltdampfmaschine auf, während Windhausen einen aussichtslosen Kampf für die Kaltluftmaschine führte. Prof. Rudolf Plank urteilte 1954 in der Festschrift zum 75jährigen Bestehen der Gesellschaft Linde: *"Rückblickend kann man sagen, dass der Wiener Braukongress der Fachwelt, auch über die Brauerkreise hinaus, die Augen geöffnet hat. Man hatte verstanden, dass den Kaltdampfmaschinen in wirtschaftlicher Hinsicht der erste Platz gebühren müsste, wenn es gelänge, hochwertige konstruktive Gestaltungen zu finden und von den feuergefährlichen Kältemitteln loszukommen"*.

Nachdem v. Linde also gemeinsam mit befreundeten Brauern ein zuverlässig funktionierendes und wirtschaftlich arbeitendes Kältesystem entwickelt hatte, galt es, gemeinsam mit seinen Lizenznehmern, der Maschinenfabrik Augsburg und der Schweizer Firma Gebrüder Sulzer sowie den Vertretungen Satre & Averly in Lyon, Carels Frères in Gent und Morton in Großbritannien, einen größeren Kundenkreis zu erschließen.

1878 waren dann bereits 20 Linde-Kälteanlagen in Europa ausgeliefert. Dennoch dachte der Professor in jenem Jahr eigentlich überhaupt nicht daran, seine Aktivitäten in einem Unternehmen zu bündeln und sich ganz auf die Vermarktung und technische

Weiterentwicklung seiner Kältemaschinen zu konzentrieren. Vielmehr wollte er sich aus dem universitätsfernen Geschäft zurückziehen und wieder lehren und forschen. Doch bei Auftragsverhandlungen mit Karl Lang, dem technischen Berater und Aufsichtsrat mehrerer rheinischer Brauereien, bekam Carl von Linde 1878 nicht nur den Auftrag zur Lieferung von zwei Kälteanlagen, sondern auch den Rat, die Lehrtätigkeit aufzugeben und an die Spitze eines neu zu gründenden Unternehmens zu treten.

Der Schritt ins Unternehmertum

Nach einiger Bedenkzeit entschied v. Linde, seine gesicherte Beamtenposition als Hochschullehrer aufzugeben und sich ins riskante Unternehmertum zu stürzen. Mit Lang und dem Bankier Moritz von Hirsch, der das junge Unternehmen mitfinanzieren wollte, einigte sich v. Linde auf eine finanzielle Absicherung im Alter und bei Berufsunfähigkeit – im Gegenzug trat er an sie Patentrechte ab. Neben Lang, v. Hirsch und v. Linde wurden auch dessen bisherige Partner Gabriel und Johann Sedlmayr, der Lokomotivenfabrikant Georg Krauß und Heinrich von Buz, Direktor der Maschinenfabrik Augsburg, in den Aktionärskreis der „Gesellschaft für Linde’s Eismaschinen“ berufen. Schließlich beteiligte sich im Mai 1879 auch noch Gustav Jung, Besitzer der Mainzer Aktienbrauerei, an der Gesellschaft mit Sitz in Wiesbaden.

Das junge Unternehmen wurde finanziell zunächst kurz gehalten. Entgegen v. Lindes Forderungen, die Gesellschaft mit einem Gründungskapital von 400.000 Mark auszustatten, bestanden v. Hirsch und Lang darauf, nur 200.000 Mark einzusetzen – und auch das nicht in bar, sondern durch Einlage der Patente. Dem Aufsichtsrat gehörten bei Gründung der Gesellschaft am 21. Juni 1879 Lang (Vorsitzender), Sedlmayr, Krauß, v. Buz und Jung an.

Der Start des Unternehmens fiel auch personell bescheiden aus: Ein Vorstandsmitglied und ein Zeichner bildeten zunächst die gesamte Belegschaft. Und geschäftlich herrschte anfangs Flaute; Carl von Linde notierte in seinen Erinnerungen: *„Unser stiller Anfang wurde während der ersten Monate durch eine fast bedrückende Ruhe in dem Fortgang von Verhandlungen und Aufträgen für die Lieferung von Kälteanlagen beantwortet, so dass der Eindruck entstand, als sei das erste dringende Bedürfnis bereits befriedigt.“*

Doch das sollte sich schnell ändern. Das kleine Ingenieurbüro stand vor einer stürmischen Entwicklung, die es bald über die deutschen Grenzen hinaus zum bedeutendsten Anbieter von Kältetechnik machen sollte.

Das Wetter als Verbündeter

Hatte sich in den Brauereien die Kühlung der Gärkeller und Gärbottiche mit künstlichem Eis bei den Brauern rasch durchgesetzt, so musste das Wetter nachhelfen, um die direkte Kühlung in die Lagerkeller zu bringen.

Milde Wintertage bereiteten den Brauern „schlaflose Nächte“, mussten sie doch um ihr Lagerbier im Sommer fürchten. „*Noch vier Wochen solches Wetter*“, so schrieb der Linde-Ingenieur Robert Banfield im Dezember 1880 an seinen Kollegen Rudolf Diesel, „*und die Herren Brauer werden fleißig Angst haben und Maschinen bestellen*“. Zwei besonders milde Winter, 1883/84 in Deutschland und 1890/91 in den USA brachten jeweils den entscheidenden Durchbruch der Kältemaschinenindustrie gegenüber dem Natureisgewerbe bei den Brauereien.

Als nämlich im warmen Winter 1883/84 der Nachschub von Natureis ausblieb, fielen die letzten Vorbehalte hinsichtlich der Zuverlässigkeit künstlicher Kälte. Deshalb brach über die Gesellschaft Linde und die mit ihr kooperierenden Maschinenbauer eine „förmliche Sturmflut“ (v. Linde) von Aufträgen herein. Zum Glück hatte v. Linde genügend Eismaschinen der gängigen Größen auf Vorrat produzieren lassen, so dass der Bedarf rasch und dennoch qualitativ zuverlässig gedeckt werden konnte.

Bis zum Ende der 1880er Jahre rüstete die „Gesellschaft für Linde`s Eismaschinen“ 445 Brauereien mit 747 Kältemaschinen aus. Dank ganzjährig gesicherter Kühlung konnten die Brauereien nun auch im Sommer untergäriges Bier brauen und somit ihre Wirtschaftlichkeit deutlich steigern. Der Absatzboom in der Brauereiwirtschaft ließ wegen weitgehender Marktsättigung nach 1890 allmählich nach. Die zwischenzeitlich entwickelten vielen neuen Absatzfelder für die Kältetechnik – wie z. B. im industriellen Bereich Verfahren für die Rübenentzuckerung, für die Milchkühlung in Molkereien und die Kühlung in Schokoladenfabriken, Prozesskühlung für die Anilinfabrikation, Kältesysteme für die Kristallisation aus Laugen und für die Benzolextraktion sowie Kältemaschinen für die Kohlensäure- und die Chlorverflüssigung - sicherten dennoch weiterhin steigende Auftragseingänge.

So konnte das Unternehmen zum 50jährigen Jubiläum eine erfolgreiche Bilanz ziehen: Bis Ende 1929 hat die „Gesellschaft für Linde`s Eismaschinen“ 6.599 Großkältemaschinen verkauft, davon 2.057 an Brauereien (knapp ein Drittel), 1.865 für die Lebensmittelkühlung,

727 an Eisfabriken, darüber hinaus 14 Anlagen für die Schachtabteufung im gefrorenen Untergrund in Bergwerken und drei für die Pelzkühlung, um nur einige zu nennen.

Die Verbindung der Brauereidirektoren zur Gesellschaft Linde blieb zum Teil über mehrere Generationen hinweg erhalten. So übernahm Gustav Jung nach dem Tod von Karl Lang (1894) den Vorsitz im Aufsichtsrat. Sohn Adolf Jung folgte 1886 nach. Carl Sedlmayr nahm für seinen Vater Gabriel den Sitz im Aufsichtsrat ein, und ab 1915 folgte mit Anton Sedlmayr die dritte Generation dieser Familie. Die Familien Jung und Sedlmayr behielten ihre Aufsichtsratssitze bis nach dem Zweiten Weltkrieg.

Die weitere Entwicklung der 1879 gegründeten "Gesellschaft für Linde's Eismaschinen" kann ich hier nur sehr kurz zusammenfassen:

Nach dem Ersten Weltkrieg wuchs Linde zu einem Großbetrieb mit mehr als 1 000 Beschäftigten heran. In den folgenden Jahrzehnten dehnte das Unternehmen seine Tätigkeit auf nahezu alle Gebiete der Kältetechnik aus. Die Ausführung der Kälteanlagen überließ die Gesellschaft Linde zunächst bedeutenden Maschinenfabriken im In- und Ausland. Zu Beginn seiner Entwicklung kooperierte Linde mit der Maschinenfabrik Augsburg und den Gebrüdern Sulzer in Winterthur auf der Basis, dass die Maschinenfabrik Augsburg für Deutschland und Sulzer für den Rest der Welt bauen sollte. Lindes internationaler Erfolg war das Ergebnis einer konsequenten internationalen Ausrichtung trotz großer Rückschläge und finanzieller Einbußen. Das Unternehmen entwickelte sich vom kleinen Ingenieurbüro, das Kälteanlagen zunächst nur projektierte und deren Lieferung einschließlich der Aufstellung und Inbetriebsetzung übernahm, zum Weltkonzern. Zu Beginn der 1920er Jahre ging Linde mit dem Kauf der Maschinenfabrik Sürth auch zur eigenen Fertigung von Kältemaschinen über. Die Gesellschaft für Linde's Eismaschinen wurde als Ingenieurbüro gegründet und blieb es strukturell auch sehr lange; die Montage und Wartung der Kältemaschinen war dabei überwiegend den eigenen Monteuren überlassen.

Schon seit Beginn der 1950er-Jahre wurde die seinerzeit so genannte **Abteilung A** für Kältetechnik in wirtschaftlicher Hinsicht dauerhaft zu einem der „**Sorgenkinder**“ bei Linde. Die Kältetechnik kam zu Beginn der 1950er-Jahre wirtschaftlich erst später als andere in Schwung, auch litt sie unter der Verschärfung der Wettbewerbsbedingungen zum Ende der 1950er-Jahre. Ab den 1960er Jahren verlor dann die Kältetechnik bei Linde tendenziell allmählich an Bedeutung, die Großkälte wurde zurückgefahren, und mit der Abgabe der Kühlschranks-Sparte Anfang der 1970er Jahre verließ Linde auch den Publikumsmarkt; übrig

blieb die Gewerbekälte, in der Linde zwar eine starke Marktposition hatte, vor allem in Europa, die aber wirtschaftliche immer schwierig blieb.

Mit dem Verkauf der Linde-Kältetechnik an Carrier endete vor kurzem die vielfältige Geschichte der gewerblichen Kältetechnik bei Linde; seit 2004 bewahrt und dokumentiert die Abteilung Linde Corporate Heritage im Linde-Unternehmensarchiv hier in Höllriegelskreuth das „Erbe“ dieses Geschäftsbereichs.

Zusammenfassung

Dass Carl v. Linde das junge Unternehmen innerhalb von zehn Jahren zum international führenden deutschen Anbieter von Kältemaschinen entwickeln konnte, liegt an einer Reihe von Erfolgsfaktoren. Dazu gehört sicherlich vor allem auch die Fähigkeit, gescheiterte Konzepte, selbst wenn sie ihn theoretisch überzeugt hatten, schließlich zu verwerfen, und auf seiner lernbereiten Zusammenarbeit mit den Anwendern der Kältemaschinen. Als Unternehmer stützte sich Carl von Linde von Beginn an auf die enge Zusammenarbeit mit potenziellen Anwendern seiner Technologie, vor allem auf die Bierbrauer. Bei der Produktion wiederum vertraute er auf einige wenige Maschinenbauunternehmen. Dabei behielt sich v. Linde vor, dass ausschließlich seine Ingenieure und Monteure beim Kunden die Maschinen installierten und in Betrieb setzten. Damit sicherte er sich den direkten und exklusiven Kontakt zum Kunden. Diese bereits vor der Gründung der "Gesellschaft für Linde's Eismaschinen" geschaffenen Strukturen sollten dann über Jahrzehnte für die Linde-Kältetechnik prägend bleiben.

Vielen Dank!