

Stirling Kaltgasmaschinen

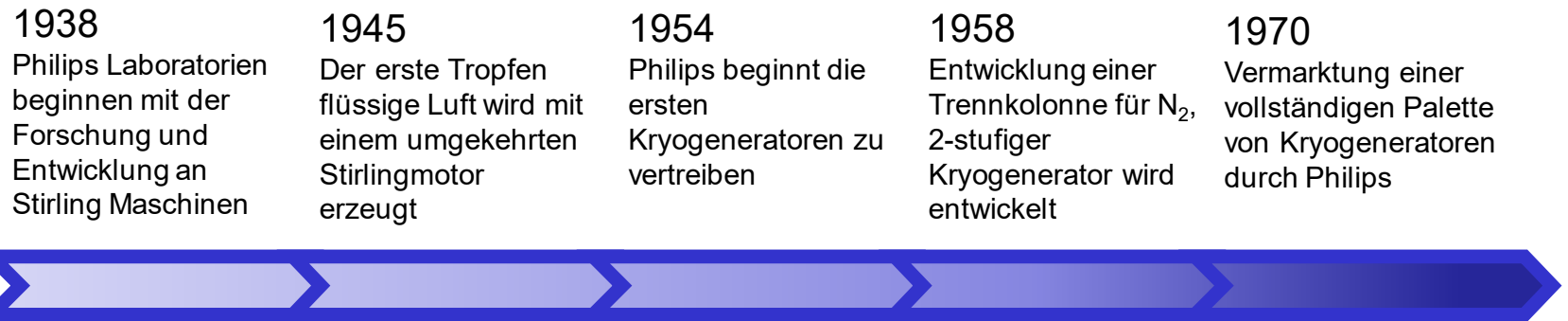
gestern – heute – morgen

Referent: Roman Brüderl, HKK e.V.

HKK Historische Kälte- und
Klimatechnik e.V.



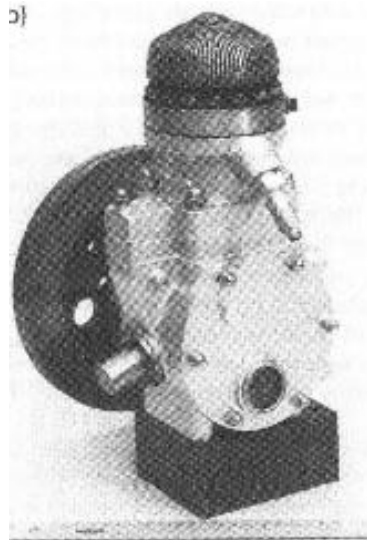
Entwicklung des Kryogenerators unter Philips und Stirling Cryogenics



Entwicklungen bei Philips in Eindhoven im NatLab unter H. Rinia



H. Rinia *1905 †1985



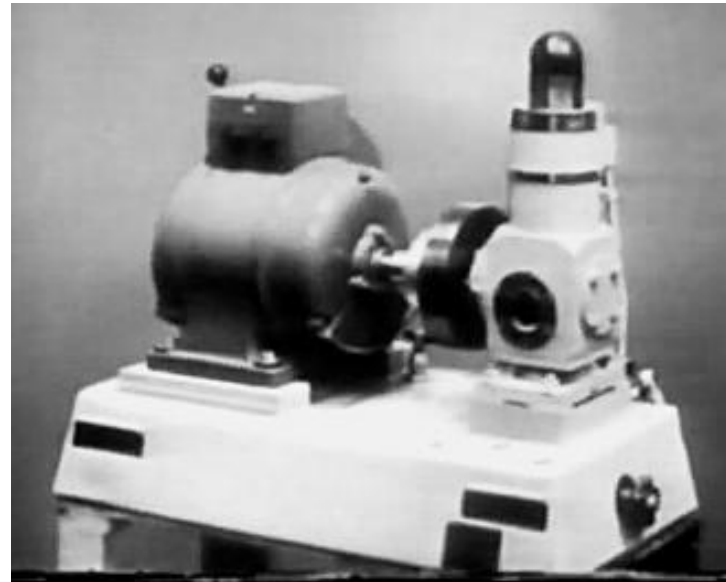
Typ 10 erreichte
1941 erstmals unter -100°C ,
1945 dann -190°C
und es gelang Luft
zu verflüssigen

Quelle: Philips, Hargreaves

Entwicklungen bei Philips in Eindhoven unter Köhler



J.W.L Köhler *1907 †1986



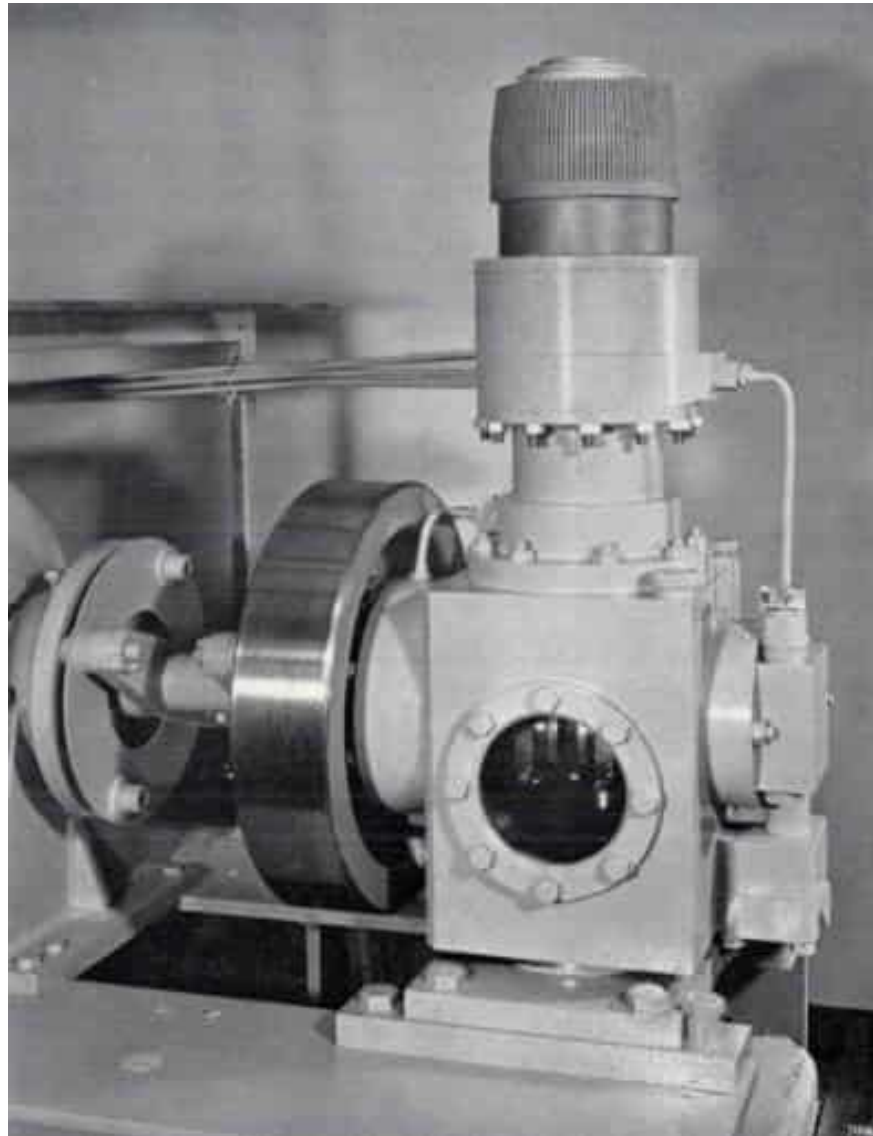
Demonstrationsmodell von 1953

Table 1. Modes of operation of a Stirling machine

	Mode	Heat flux	Temperature levels	Rotation	Phase
1	Engine $Q \rightarrow W$	↓	$T_e > T_c$	+	V_e leads V_c
2	Heat pump $W \rightarrow Q$ (refrigerator)	↓	$T_e < T_c$	+	V_e leads V_c
3	Engine $Q \rightarrow W$ (cold-air eng.)	↑	$T_{e'} < T_{c'}$	-	$V_{c'}$ leads $V_{e'}$
4	Heat pump $W \rightarrow Q$	↑	$T_{e'} > T_{c'}$	-	$V_{c'}$ leads $V_{e'}$

Quelle: Philips, Hargreaves

Erste Versuchsmaschine von Philips um 1950



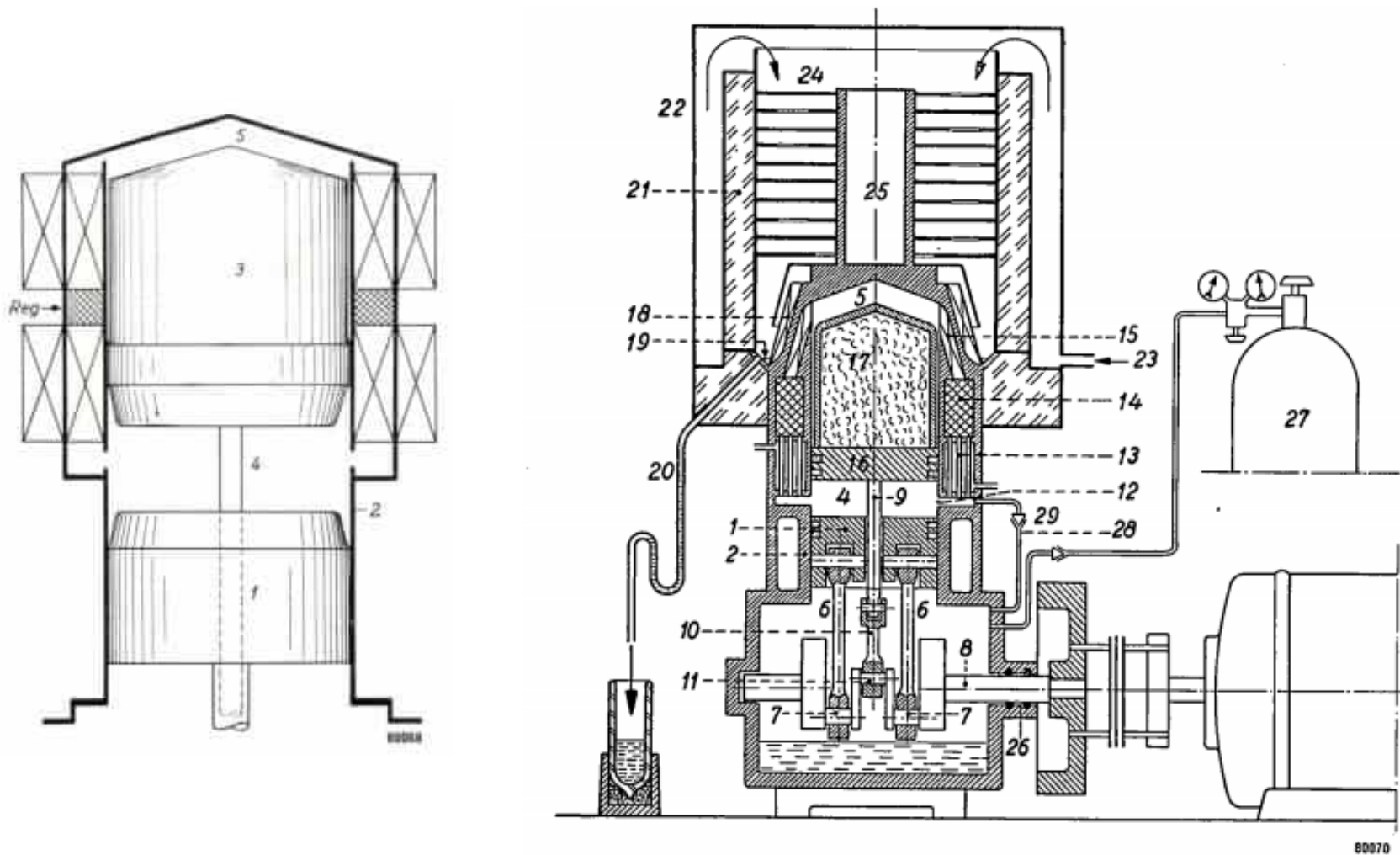
Quelle: Philips TR

Erste Luftverflüssigungsanlage von Philips um 1950



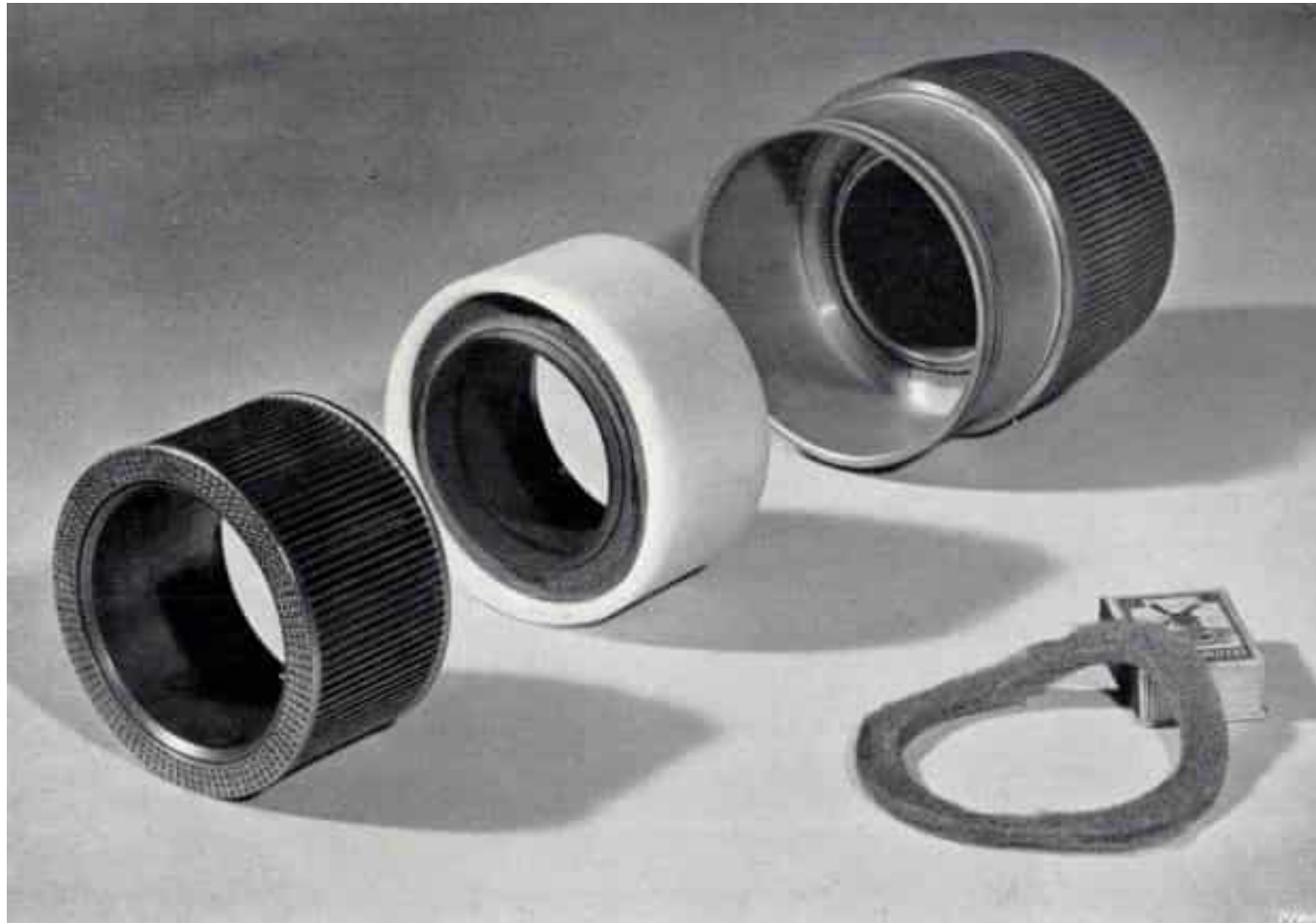
Quelle: Philips TR

Schnitt durch die Einzylinder Maschine von Philips



Quelle: Philips TR

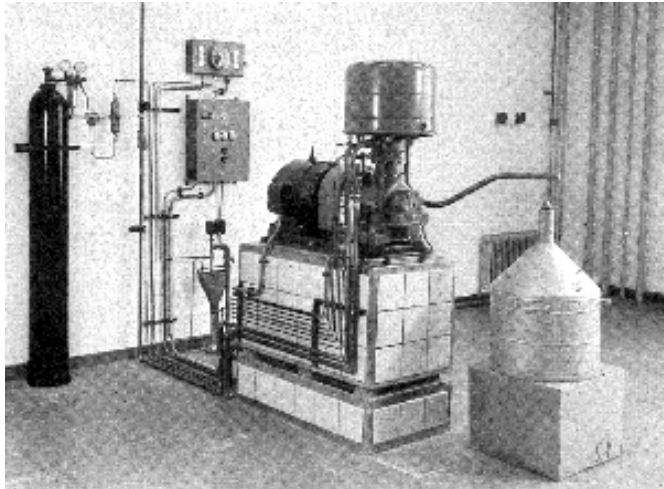
Kühler - Regenerator - Verflüssigungskopf



Quelle: Philips TR

Entwicklung von 4 Grundtypen

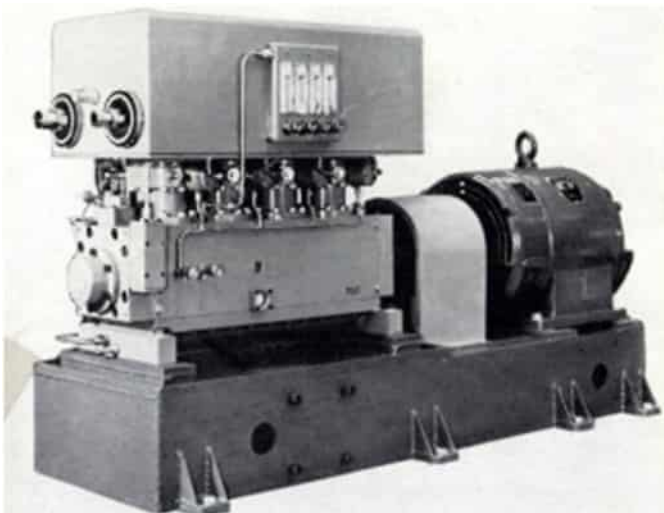
Typ A
7,5 l/h
9 kW



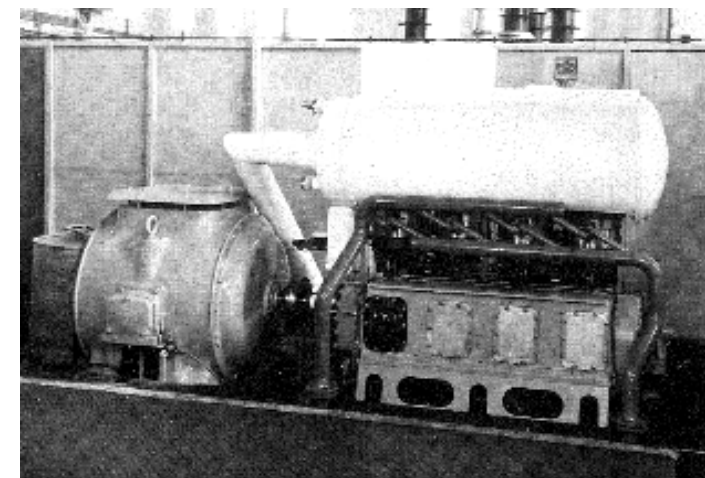
Typ C
100 l/h
135 kW



Typ B
30 l/h
36 kW

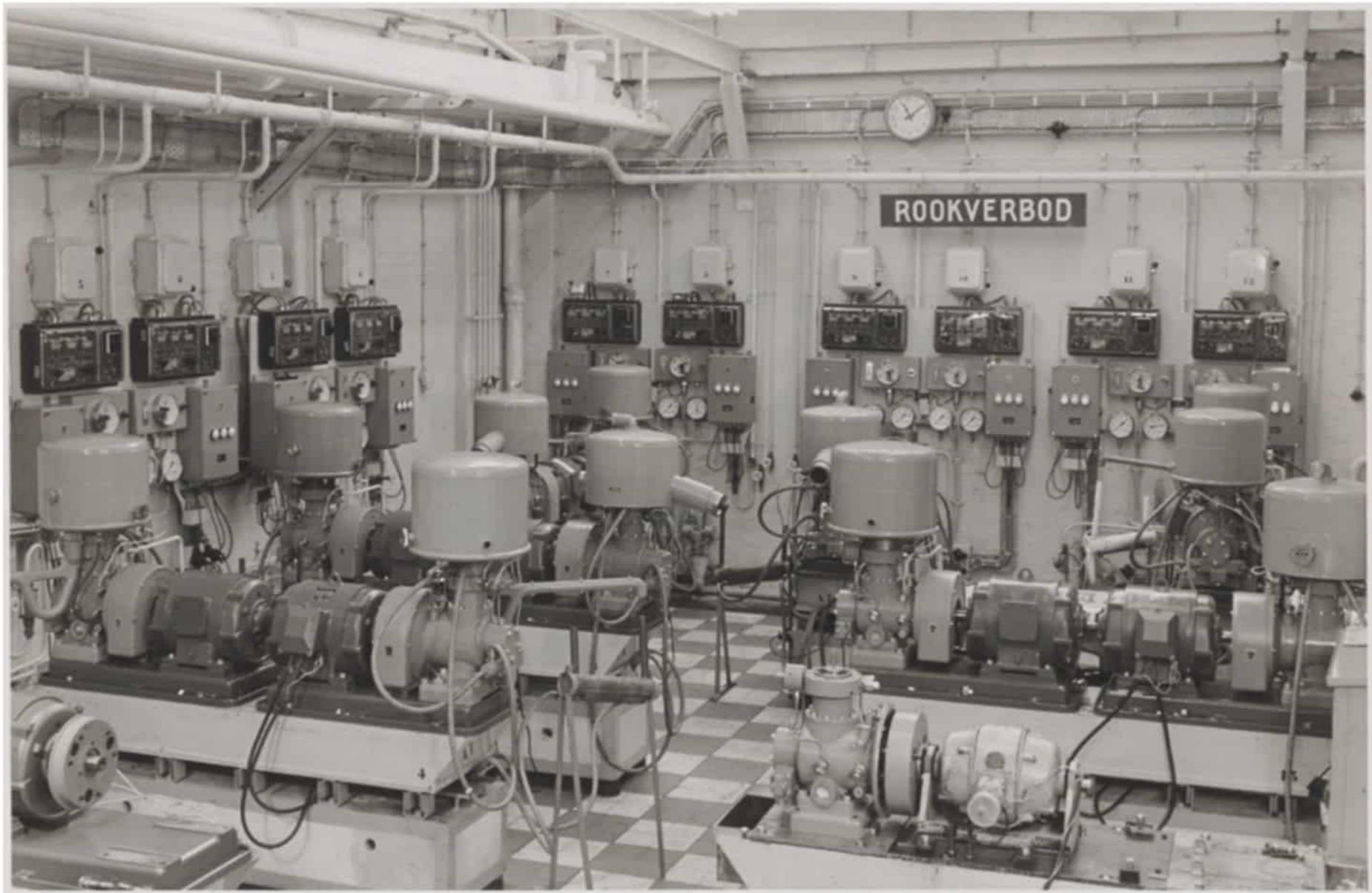


Typ D
350 l/h
400 kW



Quelle: Philips TR

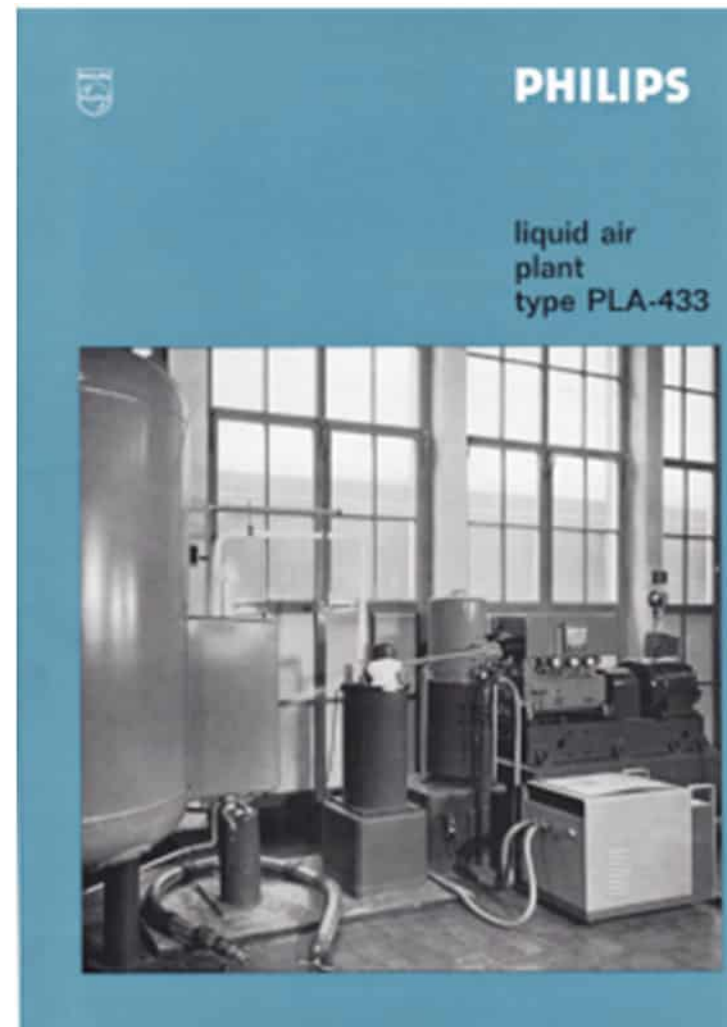
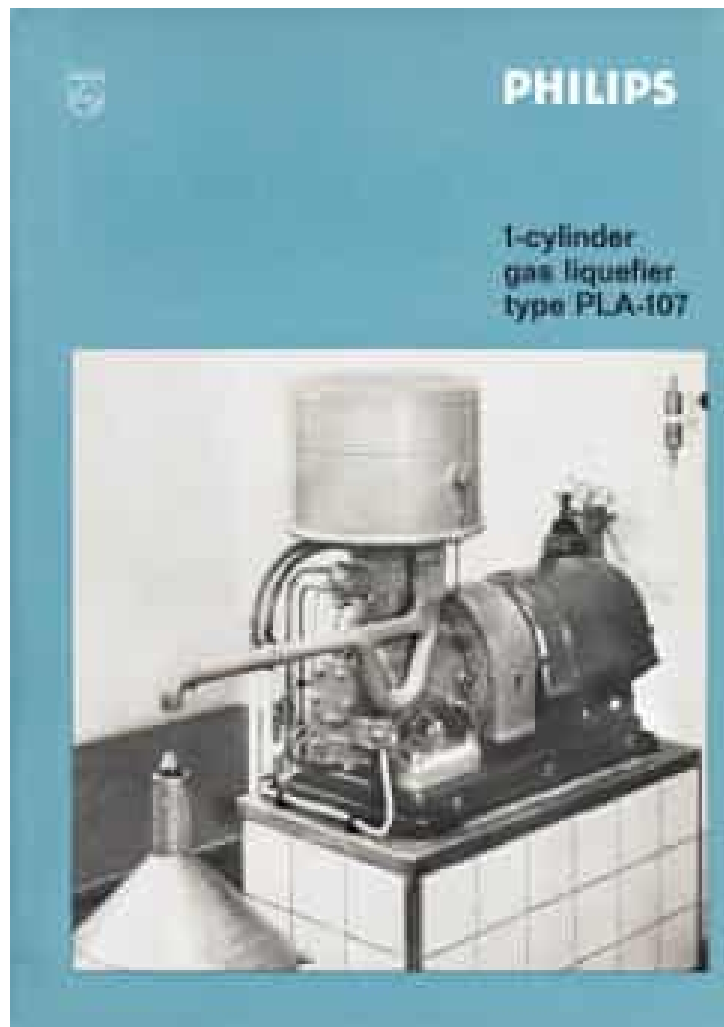
Prüfstand Johan de Witt / Philips um 1960



Quelle: Philips

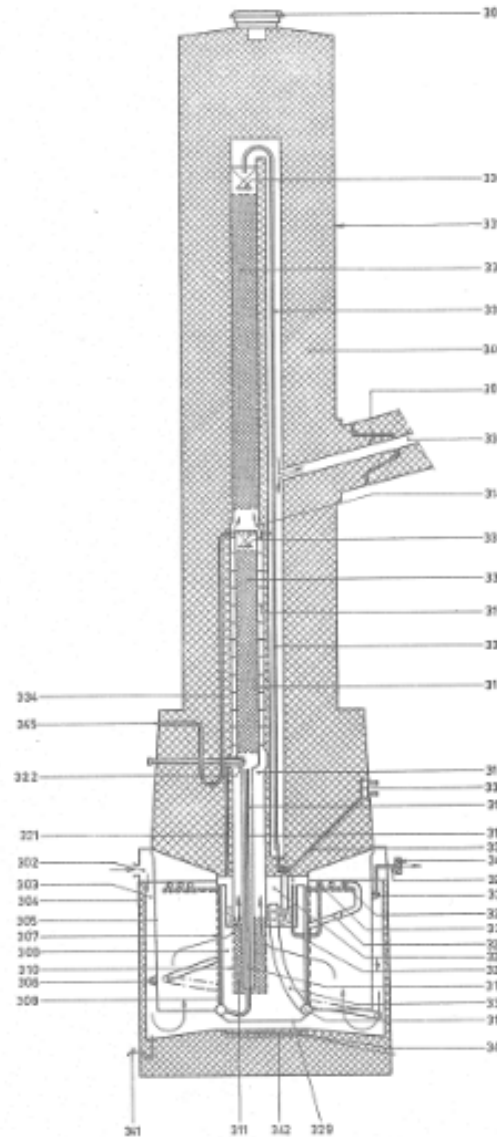
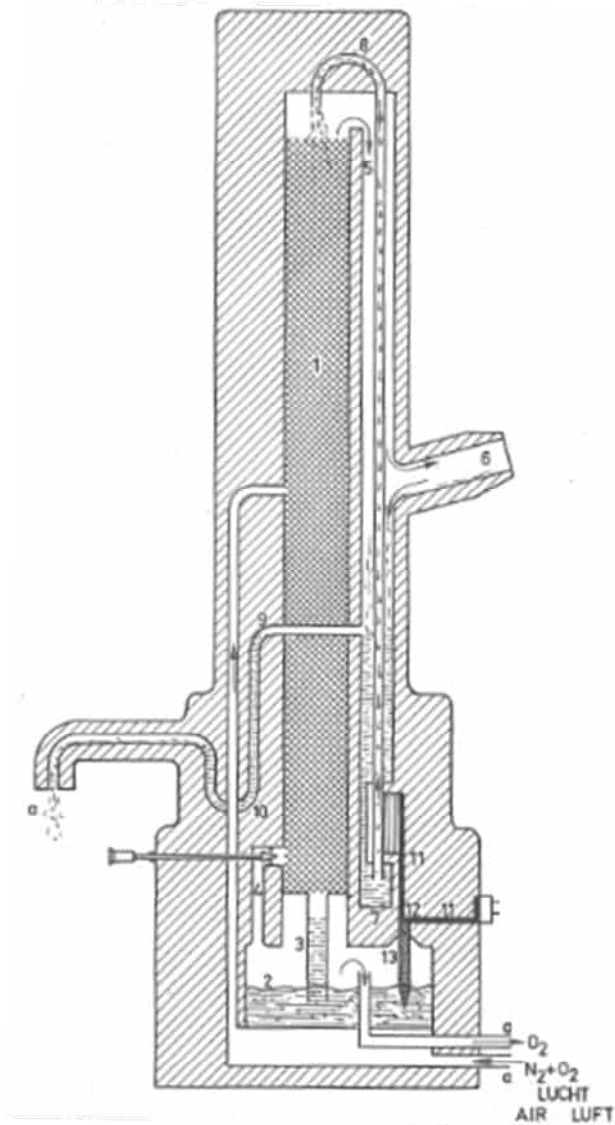
Philips PLA-107 und PLA-433

Luftverflüssiger



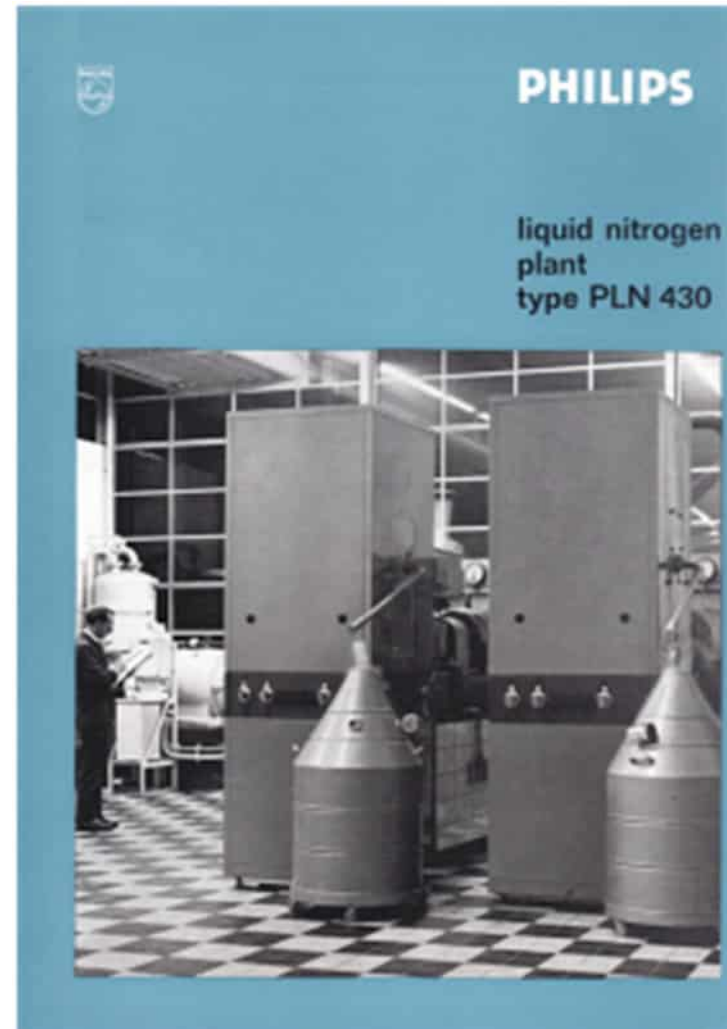
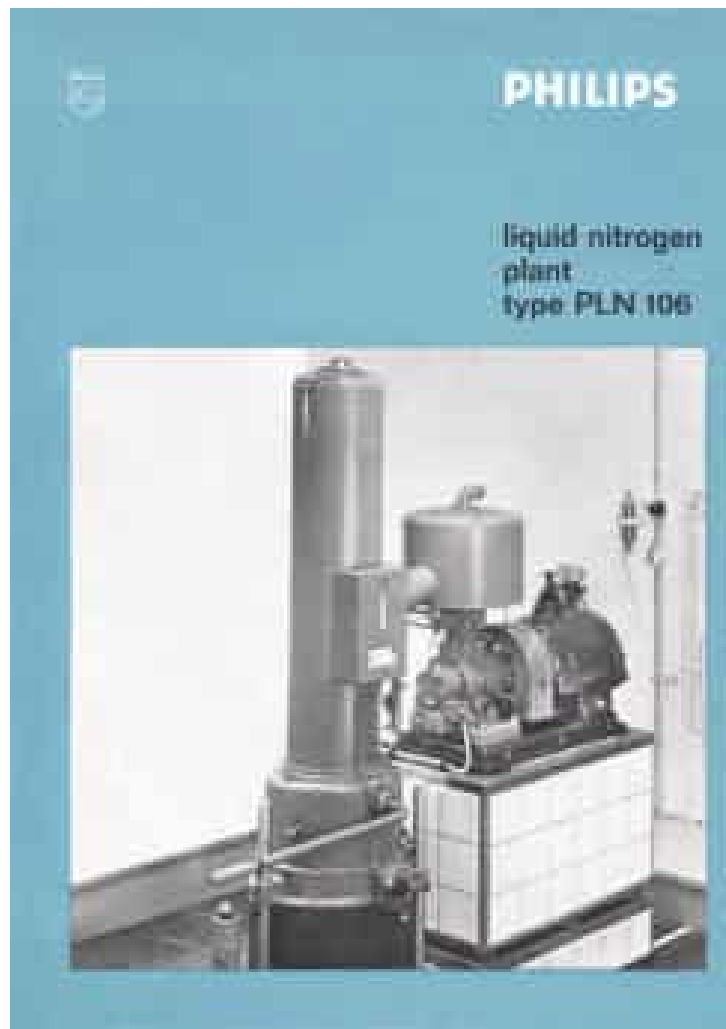
Quelle: Philips

Philips Trennkolonne PW 7050 zur Gewinnung von LN2



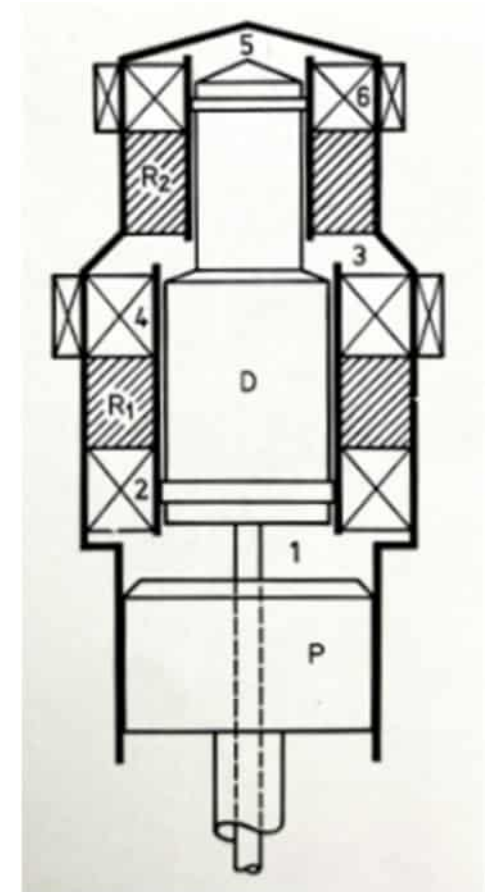
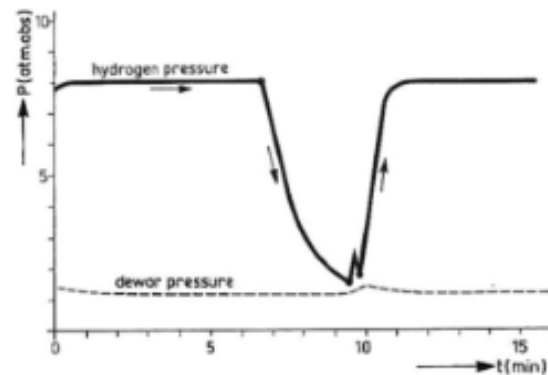
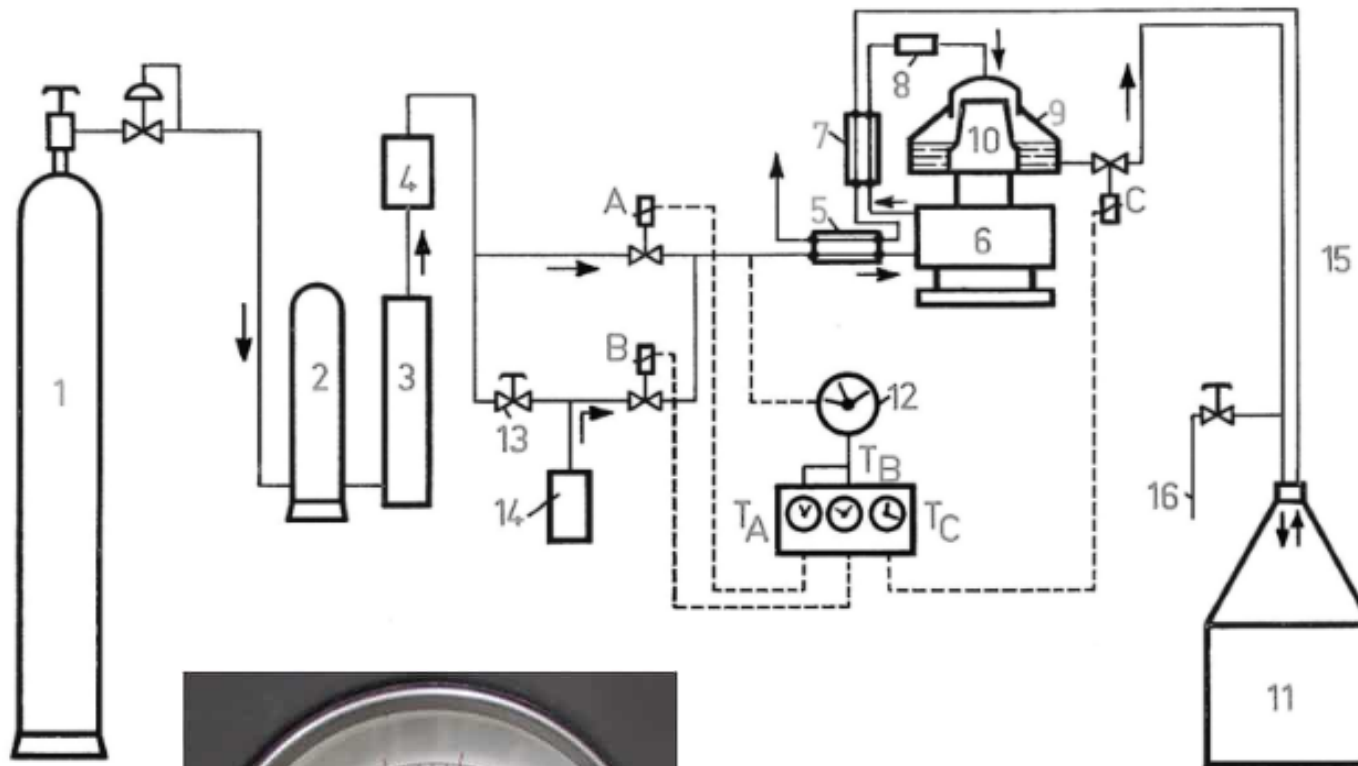
Quelle: Philips, HKK e.V.

Philips PLN-106 und PLN-430 Stickstoffverflüssiger



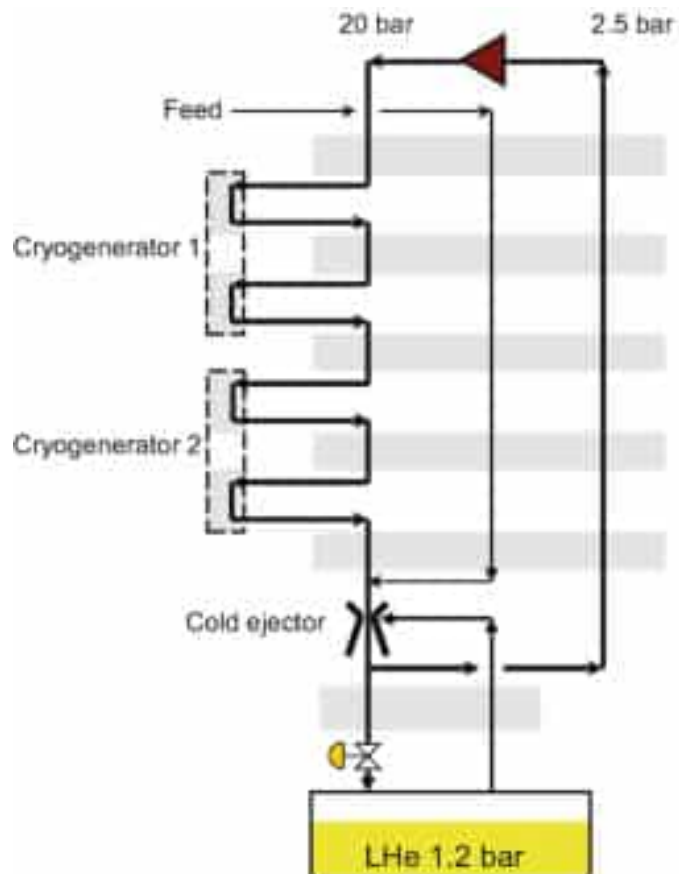
Quelle: Philips

Wasserstoff Verflüssigungsanlage PLH-104 (4,5 l/h)



Quelle: Philips, TU Clausthal

Helium Verflüssigungsanlage PLHe-209 (9l/h)



Quelle: Philips

Verfügbare Gaskältemaschinen 1971

	Type	Leistung
Luftverflüssiger	PLA-107	7,5 l/h
	PLA-433	30 l/h
Anlagen zur Erzeugung von flüssigem Stickstoff	PLN-106	6,5 l/h
	PLN-430	28 l/h
Cryogeneratoren zur Rekondensation oder Verflüssigung technischer Gase ...	PPG-102	1 kW bei -196°C
	PPG-400 (PPs-401)	3,6 kW bei -196°C
	PPG-2500 (C 2)	25 kW bei -196°C
Cryogeneratoren für Kaltluftumwälzung	PGA-105	1 kW bei -180°C
Tiefkühltruhen 100 l Inhalt	ECB-100	bis -180°C
380 l Inhalt	ECB-380	bis -180°C
Tiefgefriertruhe	EFT-300	bis -190°C
Flüssiggaspumpen	PW 7210	100 l/h bei 6 m Flüssiggashöhe
	PW 7212	200 l/h bei 50 m Flüssiggashöhe
	PW 7222	200 l/h bei 50 m Flüssiggashöhe (explosionssgeschützt)

Weitere Möglichkeiten für Temperaturen bis -261°C sowie Heliumverflüssigung ergeben sich mit den folgenden Typen:

	Type	Leistung
Cryogeneratoren zur Rekondensation oder Verflüssigung technischer Gase ...	PPH-110	80 Watt bei 20°K
	PPH-440	340 Watt bei 20°K
Cryogeneratoren zum Experimentieren	PEH-100	80 Watt bei 20°K
Wasserstoff- bzw. Neonverflüssiger	PLH-104	6 l/h bzw. 3,2 l/h
Cryogenerator für geschlossene Transfersysteme bis 15°K mit Helium als Kälteträger	PGH-105	65 Watt bei 20°K
Heliumverflüssiger (ohne Vorkühlung durch flüssige Luft oder Stickstoff)	PLHe-209	9 l/h

Quelle: Pohlmann 1971

Entwicklungsschritte der Regeneratoren



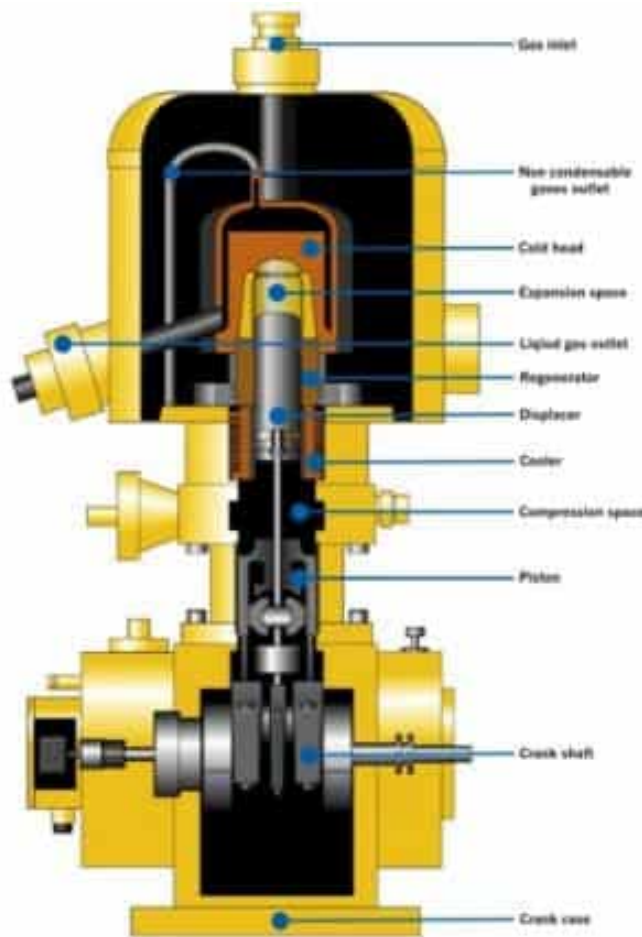
1950er – 1985
Gehäuse: Hartpapier
Füllung: Kupferwolle

1985 – 1995
Gehäuse: Edelstahl
Füllung: Kupferwolle

1995 – heute
Gehäuse: Edelstahl
Füllung: gesintertes
Edelstahlgewebe

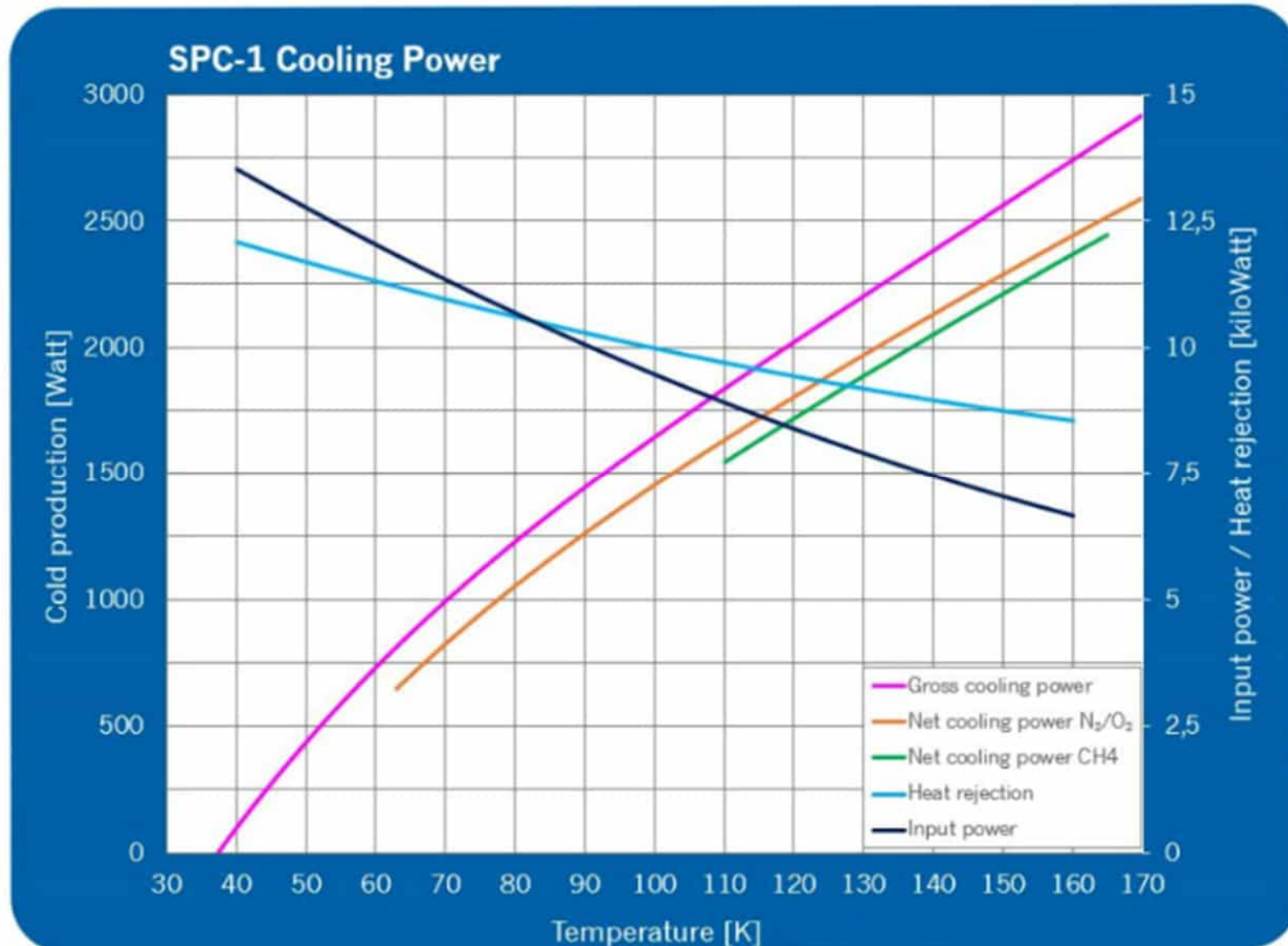
Quelle: Stirling Cryogenics

SPC-1 Kryogenerator von Stirling Cryogenics BV



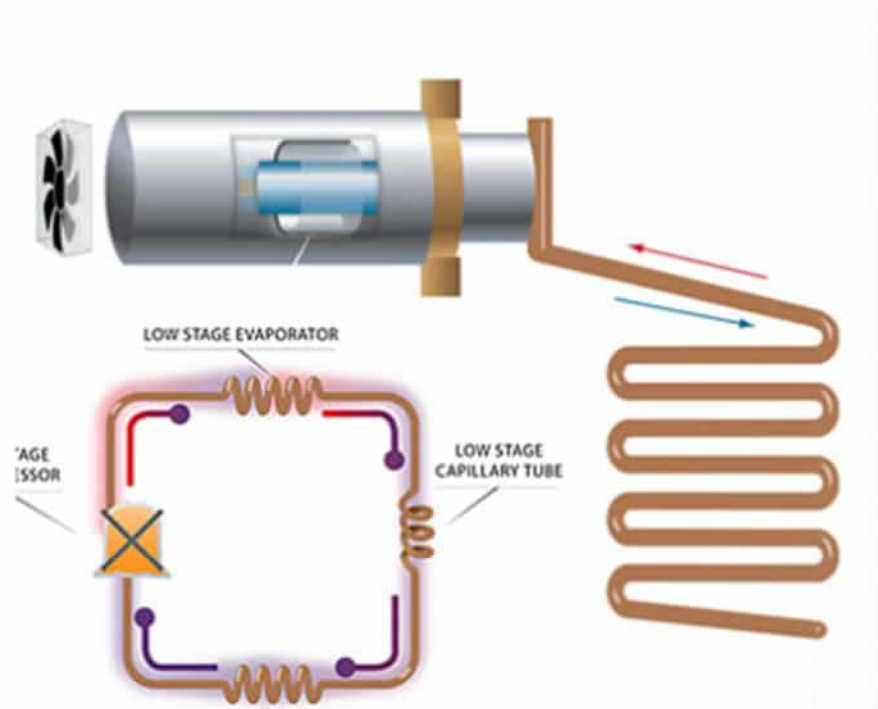
Quelle: Stirling Cryogenics

SPC-1 Kryogenerator Leistungsdaten

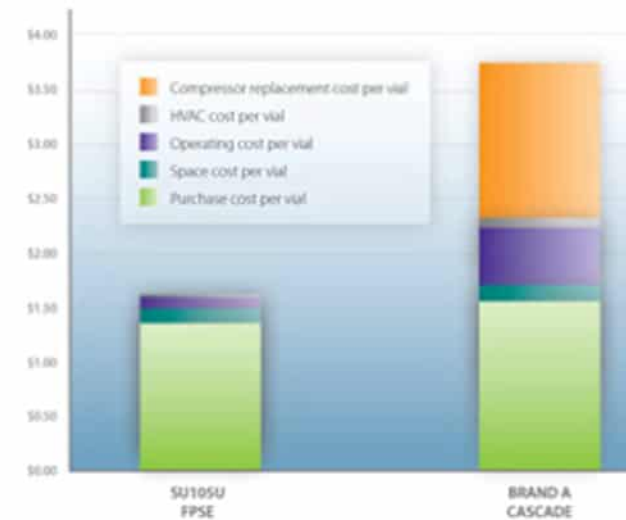


Quelle: Stirling Cryogenics

Freikolben Stirling von STIRLING ULTRACOLD

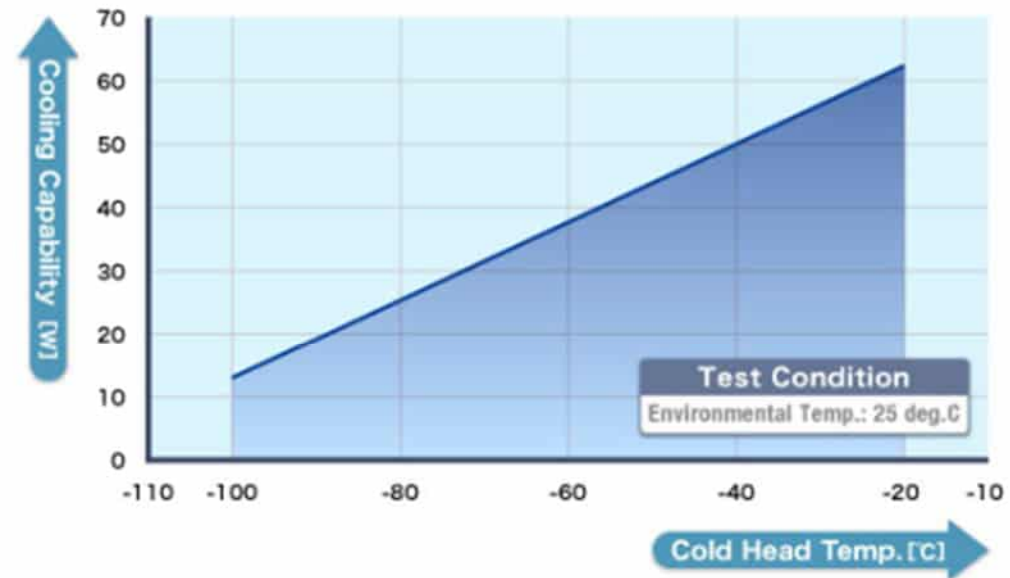


**LIFETIME COST OF OWNERSHIP PER VIAL
FPSE VS. CASCADE**



Quelle: Ultracold

Freikolben Stirling von TWINBIRD



SC-TD08 von Twinbird Japan

Quelle: Twinbird

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

HKK Historische Kälte- und
Klimatechnik e.V.

