

Vergleichsrechnung Lützkendorf.

Wasserstoffherstellung über Linde (Fall Ia) oder über Kupferlaugewäsche (Fall Ib).

Hierzu Skizze Nr. 281a.

Das aus dem Schmalfeldt-Generator anfallende Gas kann bei der weiteren Verarbeitung entweder durch eine Lindeapparatur gegeben werden (Fall Ia) oder in einer Kupferlaugewäsche von dem nach der Konvertierung noch im Gas enthaltenen Kohlenoxyd befreit werden (Fall Ib). Auf beide Methoden ist ein für die Hydrierung brauchbarer Wasserstoff zu erhalten. Während jedoch in der Lindeapparatur ohne weiteres ein 98%iger Wasserstoff zu erzielen ist, liegt die Wasserstoffreinheit im Fall Ib normalerweise erheblich niedriger. Das kommt daher, dass sich die im Schmalfeldtgas nach der Konvertierung enthaltenen Mengen CH_4 und N_2 fast quantitativ im synthesefertigen Wasserstoff wiederfinden.

Die dem Hydrierkreislauf zugeführten Inertgase (CH_4 und N_2) reichern sich im Kreislauf an. Um einen bestimmten Wasserstoffpartialdruck zu halten, muss dauernd Gas aus dem Kreislauf entspannt werden. Der dadurch entstehende Verlust ist umso größer, je mehr Inertgase durch das Frischgas dem Kreislauf zugeführt werden, mit anderen Worten, je niedrigerprozentig der zugeführte Wasserstoff ist.

Es ist nun von Interesse festzustellen, bei welcher Wasserstoffkonzentration das an sich billigere Verfahren Ib betrieblich gerade so teuer oder teurer wird als das Verfahren Ia.

Annahmen:

Arbeitsdruck 700 atü

einzuhaltender Wasserstoffpartialdruck 500 atü

Inertgas besteht aus N_2 und CH_4

Es wird angenommen, dass die in die Synthese eintretenden Inertgase voll durch Entspannung aus dem Kreislaufgas entfernt werden müssen, also weder durch Auswaschen durch die Reaktionsprodukte noch durch Undichtigkeiten entfernt werden.

Stündlich dem Kreislauf zugeführte Frischgasmenge 10 000 Ncbm.
7^Ncbm Entspannungsgas enthalten demnach

$$\begin{array}{l} 5^{\text{Ncbm}} \text{H}_2 \text{ und} \\ 2^{\text{Ncbm}} (\text{N}_2 + \text{CH}_4) \end{array}$$

Fall I a: Durch den Linde-Wasserstoff (98%ig) werden stündlich zugeführt 200^Ncbm N₂, demnach sind stündlich aus dem Kreislauf zu entspannen

$$200^{\text{Ncbm}} \text{N}_2 + 500^{\text{Ncbm}} \text{H}_2$$

Fall I b: Wasserstoff aus Kupferlaugewäsche:

1.) H₂ 94%ig

stündlich zugeführt 600^Ncbm (N₂ + CH₄)
" abzuführen 600 " " + " + 1500^Ncbm H₂

2.) H₂ 90%ig

stündlich zugeführt 1 000^Ncbm (N₂ + CH₄)
" abzuführen 1 000 " " + " + 2500^Ncbm H₂

3.) H₂ 86%ig

stündlich zugeführt 1 400^Ncbm (N₂ + CH₄)
" abzuführen 1 400 " " + " + 3500^Ncbm H₂

Der Preis des synthesefertigen Wasserstoffs, 100%ig gerechnet, kann mit 9 Rpfg. ^Ncbm eingesetzt werden.

Im Fall I a kann das aus der Synthese entspannte Gas der Linde-Trennapparatur wieder zugeführt werden. Für dieses Gas sind die Zerlegungskosten in der Trennapparatur und die Kompressionskosten auf 700 atü neu aufzubringen. Sie können mit 4 Rpfg. je^Ncbm H₂ 100%ig eingesetzt werden.

Infolgedessen entsteht durch die Gasentspannung eine Zusatzbelastung von 500^Ncbm/h \cdot 0,04 RM/^Ncbm = 20.- RM/h

Je 1000^Ncbm Rein H₂ ^{100%ig} sind dies $\frac{20,00}{9,800} = 2,20$ RM/1000^Ncbm H₂ rein. ^{100%ig}

Im Fall I b hat das entspannte Gas nur Heizwert. Der Heizwert des Wasserstoffs wird mit 2 Rpfg. je^Ncbm eingesetzt. Mithin entsteht je^Ncbm entspannten Wasserstoffs ein Verlust von 7 Rpfg., wobei noch besonders darauf hinzuweisen ist, dass dieser Wasserstoff für die Synthese verloren geht, während im Fall I a der entspannte Wasserstoff der Synthese wieder zugeführt wird.

Es ergibt sich danach folgende Zahlentafel:

	stündl. Verluste	erzeugte Wasserstoffmenge	Verlust je 1000 ^N cbm
bei Fall Ib 1.)	105.- RM	9 400 ^N cbm/h	11.20 RM
2.)	175.- RM	9 000 ^N cbm/h	19.45 RM
3.)	245.- RM	8 600 ^N cbm/h	28.50 RM

Es sind nun noch die Kosten der Anlageteile zu vergleichen, in denen die beiden Verfahren sich unterscheiden:

Fall I a:

Kosten je 1000 Ncbm H₂ 100%ig:

in CO ₂ -Wäsche (zur 0,2% CO ₂)	11.62
in CO ₂ -Feinreinigung	1.17
in Lindezerlegung	10.80
	<hr/>
	23.59
Verlust je 1000 Ncbm H ₂ 100%ig	2.20
	<hr/>
Gesamtkosten Fall Ia je 1000 Ncbm H ₂ 100%ig	25.79

Es stehen für die Synthese zur Verfügung

$$9\ 800 - 500 + 500 = 9\ 800\ \text{Ncbm/h H}_2\ 100\%ig$$

Fall I b:

Kosten je 1000 Ncbm H₂ 100%ig:

in CO ₂ -Wäsche	10.20
in CO -Wäsche	6.66
	<hr/>
	16.86

hierzu Verlust Fall Ib 1.)	RM	11.20
" " " Ib 2.)	"	19.45
" " " Ib 3.)	"	28.50

Daraus ergeben sich die Gesamtkosten je 1000 Ncbm H₂ 100%ig

nach Fall Ib 1., zu	RM	28.06
" " Ib 2.) " "		36.31
" " Ib 3.) " "		45.36

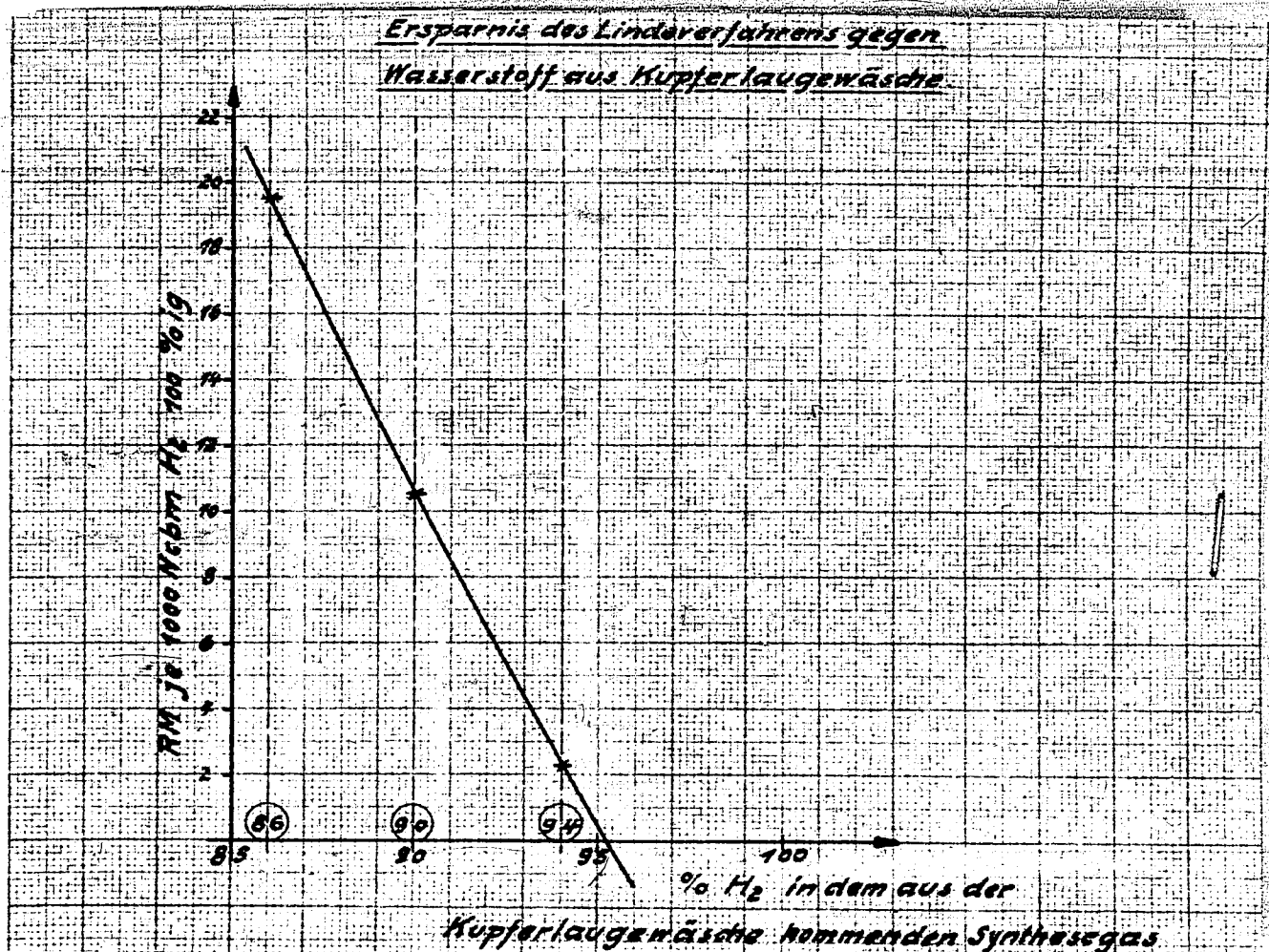
Dabei stehen zur Verfügung für die Synthese

im Fall Ib 1.)	9 400 - 1500 =	7 900 Ncbm/h H ₂ 100%ig
" " Ib 2.)	9 000 - 2 500 =	6 500 " " "
" " Ib 3.)	8 600 - 3 500 =	5 100 " " "

Ersparnis des Lindeverfahrens je 1000 Ncbm H₂ 100%ig

gegen Fall Ib 1.)	28.06 - 25.79 =	2.27 RM je 1000 Ncbm H ₂ 100%
" " Ib 2.)	36.31 - 25.79 =	10.52 " " " " "
" " Ib 3.)	45.36 - 25.79 =	19.57 " " " " "

Die Auftragung dieser Werte ergibt folgendes Schaubild:



Die Kurve schneidet die Abszissenachse bei 95,3 % H₂. Falls der Wasserstoffgehalt des aus der Kupferlaugewäsche kommenden Gases grösser ist, als dieser Wert, ist es günstiger nach dem Verfahren I b zu arbeiten.

Umgekehrt ist das Linde-Verfahren dann vorzuziehen, wenn sich ergibt, dass das aus der Kupferlaugewäsche kommende Gas einen niedrigeren Wasserstoffgehalt als 95,3 % H₂ hat.

Bei der in der beigeschlossenen Vergleichsrechnung vorausgesetzten Gaszusammensetzung ist also das Linde-Verfahren wirtschaftlicher trotz der höheren Anschaffungskosten.

Sehr der Beachtung wert ist der Umstand, dass praktisch immer für die Hydrierung bei Verwendung des Linde-Verfahrens die grössere Wasserstoffmenge zur Verfügung steht.

Handwritten signature and date:
M. H. ... 9.12. ✓

Vergleichsrechnung Lützkendorf.

Gasanalysen für die Erzeugung von Wasserstoff.

Teil I a : Wasserstoffherstellung mit Linde-Apparat.

	Schmalfeldt-Wassergas		Gas hinter der Konvertierung		Rohwasserstoff nach CO ₂ -Wäsche (vor CO ₂ -Feinreinigung)		Rohwasserstoff u. CO ₂ -Feinreinigung (vor Lindeanlage)		Reinwasserstoff aus Lindeanlage		Die Lindeanlage ist angeboten für eine Erzeugung von 10 000 Nm ³ /h H ₂ (98%ig). Die Ausbeute an Wasserstoff in der Linde-trennapparatur ist mit 96% des der Apparatur zugeführten Wasserstoff eingesetzt. Die Ausbeute liegt nach dem Angebot von Linde über 96%.
	Ncbm/h	%	Ncbm/h	%	Ncbm/h	%	Ncbm/h	%	Ncbm/h	%	
CO ₂	1 450	12,0	4 270	28,7	20	0,2	-	Spuren	-	-	
CO	3 270	27,0	450	3,0	434	4,27	434	4,28	< 17	< 0,2	
H ₂	6 650	55,0	9 470	63,5	9 012	88,69	9 012	88,66	8 650	98,0	
CH ₄	360	3,0	360	2,4	347	3,48	347	3,43	-	-	
N ₂	360	3,0	360	2,4	347	3,48	347	3,43	159	1,8	
	12 090	100,0	14 910	100,0	10 160	100,0	10 140	100,0	8 826	100,0	
			16 250 m ³ /h (15°, 1 ata)		11 090 m ³ /h (15°, 1 ata)						

Teil I b : Wasserstoffherstellung über Kupferlangwäsche.

	Schmalfeldt-Wassergas		Gas hinter der Konvertierung		Rohwasserstoff nach CO ₂ -Wäsche		Rohwasserstoff u. CO ₂ -Feinreinigung	
	Ncbm/h	%	Ncbm/h	%	Ncbm/h	%	Ncbm/h	%
CO ₂	1 450	12,0	4 270	28,7	102	1,0	-	-
CO	3 270	27,0	450	3,0	434	4,2	20	0,2
H ₂	6 650	55,0	9 470	63,5	9 020	88,04	8 740	92,48
CH ₄	360	3,0	360	2,4	347	3,38	345	3,66
N ₂	360	3,0	360	2,4	347	3,38	345	3,66
	12 090	100,0	14 910	100,0	10 250	100,0	9 450	100,0
			16 250 m ³ /h (15°, 1 ata)		11 180 m ³ /h (15°, 1 ata)		10 300 m ³ /h (15°, 1 ata)	

Handwritten notes:
 Teil I a und b
 für 1.12.40