

DESY-Notiz A 2.67
Hamburg, den 24. Okt. 1960
M 6 - Bo/P

Grundsätzliches zu unseren Wasser-Rückkühlanlagen

In dieser Notiz werden die grundlegenden Daten für die Projektierung der Kühlanlagen gebracht und es werden Vorschläge gemacht, welche Gestalt diese Anlagen grundsätzlich haben können. Der stufenweise Ausbau des Beschleunigers mit einer Endenergie von anfangs 6 GeV und später 7,5 GeV wird berücksichtigt. Änderungen in den Daten der Kühlwasserverbraucher, sofern sie nicht wesentlicher Natur sind, könnten noch berücksichtigt werden.

Bilanz der abzuführenden Verluste

Es existieren zwei Gruppen von Kühlwasserverbrauchern:

- a) Verbraucher mit niedrigem Temperaturniveau. Die Begründung dafür liegt in der Aufstellung im Ringtunnel, dessen Lufttemperatur auf + 20°C gehalten werden soll und im Verbraucher selbst.

	<u>6 GeV</u>	<u>7,5 GeV</u>
Magnetwicklungen	320 kW	500 kW
$\Delta t = 5^\circ$ 17,5°C/22,5°C		
Magnet-Eisen	200 kW	300 kW
$\Delta t = 5^\circ$ 17,5°C/22,5°C		
HF-Beschleunigungsstrecken	80 kW	320 kW

- b) Verbraucher mit höherem Temperaturniveau. Diese befinden sich ausserhalb des Ringtunnels.

	<u>6 GeV</u>	<u>7,5 GeV</u>
HF-Sender	340 kW max.	800 kW + 30% für Vorstufen
Drosselspule	300 kW	450 kW
Maschinen- und Gleichrichter- kühlungen im Maschinenhaus		ca. 300 kW
Gleichstrommagnete mit direkter Leiterkühlung für die Experimente 1. Ausbaustufe		4000 kW

Zu b):

Für die Hochfrequenz-Senderöhren und ihre evtl. Vorstufen werden von allen Lieferanten die Kühlwassermengen vorgeschrieben, und die Temperaturdifferenz des Umlaufkühlwassers beträgt dann etwa 10° . Die Wärmeaustauscher dafür haben auf ihrer Sekundärseite folgende Daten:

	<u>6 GeV</u>	<u>7,5 GeV</u>
Kühlwasser-Vorlauf	30°C	30°C
Kühlwasser-Rücklauf	40°C	38°C
Kühlwasser-Menge	$30 \text{ m}^3/\text{h}$	$115 \text{ m}^3/\text{h}$

Für die übrigen Verbraucher, die ebenfalls in Sekundärkreisläufen von Wärmeaustauschern mit Umlaufwasser gekühlt werden, kann das Temperaturniveau höher liegen. Es wird vorgesehen:

Kühlwassereintritt: + 30°C
Kühlwasseraustritt: + $60 - 70^{\circ}\text{C}$

Die Primärwasser-Kreisläufe aller Verbraucher unter b) werden parallelgeschaltet, und das Wasser wird je nach der zu liefernden Abkühlungsleistung über einen oder mehrere Kühltürme geführt. Massgebend für die Auslegung von solchen Verdunstungskühlern ist die Temperatur des feuchten Thermometers ("Kühlgrenze"). Nach der bei-

liegenden Darstellung der Häufigkeitsverteilung der Feucht-Tempera-

tur in Hamburg kann für die Auslegung der Verdunstungskühler eine Feucht-Temperatur von 19°C gewählt werden, denn nur an wenigen Tagen im Jahr wird dieser Wert überschritten. Mit der Kaltwassertemperatur darf man sich der Kühlgrenze nicht beliebig nähern, da sonst die Baugrösse des Kühlturms unendlich gross sein müsste. Für uns soll ein in der Praxis üblicher Wert: $+ 24^{\circ}\text{C}$ festgelegt werden. Die Differenz zwischen Vor- und Rücklauf-Temperatur bestimmt die Baugrösse sowohl der Wärmeaustauscher als auch der Verdunstungskühler. Es existiert ein Minimum für die Kosten beider zusammen, abhängig von der Temperaturdifferenz, welches bei einer Rücklauf-Temperatur von 40°C liegt und dabei sowohl die Verwendung von Rohrbündel-Wärmeaustauschern als auch von Plattenwärmeaustauschern gestattet. Für die Kühllasten nach b) werden somit Verdunstungsrückkühler mit folgenden Daten benötigt:

5×10^6 kcal/h; Wasser-Eintritt: 40°C ,
Wasseraustritt 24°C , Wassermenge: $312 \text{ m}^3/\text{h}$,
Frischwasserbedarf: ca. $16 \text{ m}^3/\text{h}$.

Die Rücklauf-Temperaturen auf der Primärseite der Wärmeaustauscher müssten sein:

HF-Sender: $+ 34^{\circ}\text{C}$
alle übrigen: $+ 41^{\circ}\text{C}$

Zu a):

Für die unter a) genannten Kühllasten müssen Kühlanlagen für insgesamt ca. 1×10^6 kcal/h bereitgestellt werden. Die Kühlung soll in erster Linie mit Wasser aus unserem eigenen Netz erfolgen.

Zwischen das Rohwasser und die zu kühlenden Apparate werden Wärmeaustauscher geschaltet, so dass die Kühlung nur mit Umlaufwasser erfolgt. Im Sommer kann mit einer höchsten Rohwassertemperatur von

11,5°C gerechnet werden. An den Wärmeaustauschern treten dann folgende Temperaturen auf:

	<u>Eintritt</u>	<u>Austritt</u>
Primär	11,5°C	17,0°C
Sekundär	22,5°C	17,5°C

Die benötigte Wassermenge auf der Primärseite beträgt dann 180 m³/h. Das entspricht der vollen Förderleistung von drei Brunnen in der Art des bereits vorhandenen. Der übrige Brunnenwasserbedarf wird sich etwa wie folgt gestalten:

Frischwasserbedarf für Kühltürme bei vollem Ausbau der Experimente (8 - 10 MW)	32 m ³ /h
Maximaler Frischwasserbedarf für die Klimaanlage im Sommer	8 m ³ /h
Linear-Beschleuniger	<u>20 m³/h</u> 60 m ³ /h

Die veranschlagte Ausbauleistung für unsere Wasserversorgung beträgt 250 m³/h.

Die Rückkühlung mit Rohwasser ist die einfachste und unter Berücksichtigung der Betriebskosten auch die billigste Art der Kühlung. Es wird voraussichtlich keine Schwierigkeiten bereiten, die benötigten Wassermengen zu fördern; das benutzte Wasser muss jedoch wieder in den Boden zurückgegeben werden, und der Versickerung auf unserem Gelände (d.h. mit den gegebenen Bodenflächen) haften Unsicherheiten an. Es lassen sich nur schwer Voraussagen darüber machen, ob die gegebenen Wassermengen schnell genug versickern, welche Bodensätze sich über der Oberfläche bilden, ob eine Mitführung von Luftsauerstoff zur Eisenoxydbildung im Boden führt und schliesslich: um welchen Betrag sich das Grundwasser im Laufe der Zeit erwärmen wird.

Aus diesem Grunde soll betrachtet werden, welche anderen Kühlungsarten, bei denen Brunnenwasser eingespart wird, eingesetzt werden können. Folgende Verfahren kommen in Frage:

1. Rückkühlung über einen Kühlturm in den kühleren Jahreszeiten.

An ca. 180 Tagen im Jahr ist die Feucht-Temperatur $\leq 8^{\circ} \text{C}$.

Für einen Kühlturm ergäbe sich bei einer geforderten Wassertemperatur von $11,5^{\circ} \text{C}$ ein realisierbarer Abstand von $3,5^{\circ}$ zur Kühlgrenze. Nähere Betrachtungen zeigen jedoch, dass die Typengrösse des Kühlturmes bei der geforderten Abkühlungsleistung sehr gross wird. Dazu müssen die Anlagekosten für die Rohwasserförderung und für die Versickerung in voller Höhe aufgebracht werden. Ausserdem könnten sich für die Versickerung Schwierigkeiten infolge des - im Verlaufe eines Jahres - ungleichmässigen Anfalls des Wassers ergeben.

2. Kühlung mit Kältemaschinen, wobei indirekt mit Wasser als Zwischen-Kälteträger gearbeitet wird. Dadurch könnten (gegenüber Frigen) billigere Ammoniak-Kältekompressoren eingesetzt werden. Ausserdem hat diese Kühlart den Vorteil, dass die gleichen Wärmeaustauscher entweder mit Brunnenwasser oder mit Umlaufwasser von den Kältemaschinen betrieben werden können. Es werden folgende Temperaturen zu Grunde gelegt:

Rückkühlung von Wasser von 17°C auf $11,5^{\circ} \text{C}$

Verdampfungstemperatur $+ 8^{\circ} \text{C}$

Verflüssigungstemperatur $+ 31^{\circ} \text{C}$

Kondensatoren: Die Kühlung kann alternativ erfolgen

a) mit Brunnenwasser $+ 11,5^{\circ} \text{C} / + 28^{\circ} \text{C}$

b) mit Umlaufwasser und Ventilator-Kühlturm $+ 24^{\circ} \text{C} / + 28^{\circ} \text{C}$
bei einer Feucht-Temperatur von $+ 19^{\circ} \text{C}$.

Die Ausführungen a) und b) unterscheiden sich durch den Anschaffungspreis, ihre Betriebskosten und den Rohwasserbedarf.

Die Ausführung a) benötigt weniger Kosten und hat einen Rohwasserbedarf von ca. $68 \text{ m}^3/\text{h}$; für b) werden ca. $15 \text{ m}^3/\text{h}$ Brunnenwasser benötigt.

Es wird nun ein Kostenvergleich der drei zur Diskussion stehenden Kühlarten durchgeführt. Dabei wird eine Gesamtbetriebszeit des Synchrotrons von 40.000 Stunden (= 10 Jahre) angenommen, wobei der Beschleuniger 20.000 Stunden mit einer Endenergie von 6 GeV und 20.000 Stunden mit einer Endenergie von 7,5 GeV betrieben wird. Die Stromkosten werden einheitlich mit DM 0,10 kW/h eingesetzt.

Rohwasserkühlung

Wenn statt zwei Brunnen fünf ausgebaut werden, entstehen einschliesslich des Aufwands für die Versickerung, mit zusätzlichen Rohrleitungen, Absperrorganen und für Anlagen zur Druckhaltung Anlagekosten in Höhe von ca. DM 450.000.-. Die Stromkosten für die Förderung des Brunnenwassers bis zur Kraftstation betragen 0,03 DM/m³. Damit ergibt sich folgende Kostenbilanz:

Anlagekosten	DM 450.000.-
Förderkosten für 20.000 Stunden 6 GeV	" 56.000.-
Förderkosten für 20.000 Stunden 7,5 GeV	" 105.000.-
Reparatur- u. Wartungskosten für die Brunnen DM 2.000.-/Jahr	" 20.000.-
Betriebskosten für die Versickerung ca. DM 4.000.- pro Jahr	" <u>40.000.-</u>
	ca. DM 670.000.-

Kältemaschinen mit Rohwasserkühlung

Der Bedarf an elektrischer Leistung beträgt ca. 170 kW bei der vollen Kälteleistung, und es wird angenommen, dass sich die Kältekompressoren verlustlos nach unten steuern lassen.

Anschaffungskosten für Kältemaschine	DM 200.000.-
Stromkosten für 20.000 Stunden bei 6 GeV	" 190.000.-
Stromkosten für 20.000 Stunden bei 7,5 GeV	" 340.000.-
Förderkosten für Kühlwasser, 20.000 Std. 6 GeV	" 20.000.-
Förderkosten für Kühlwasser, 20.000 " 7,5 GeV	" 40.000.-
Anlagekosten für 1 Brunnen einschl. Zubehör	" 80.000.-
Anlagekosten für die Versickerung von 68 m ³ /h, Schätzpreis	" 50.000.-
Betriebskosten für die Versickerung, DM 1.500.- pro Jahr	" 15.000.-
Reparatur- und Wartungskosten für die Kältemaschinen, DM 2.000.- pro Jahr	" 20.000.-
	DM 955.000.-
	=====

Kältemaschinen mit Kühlturmrückkühlung

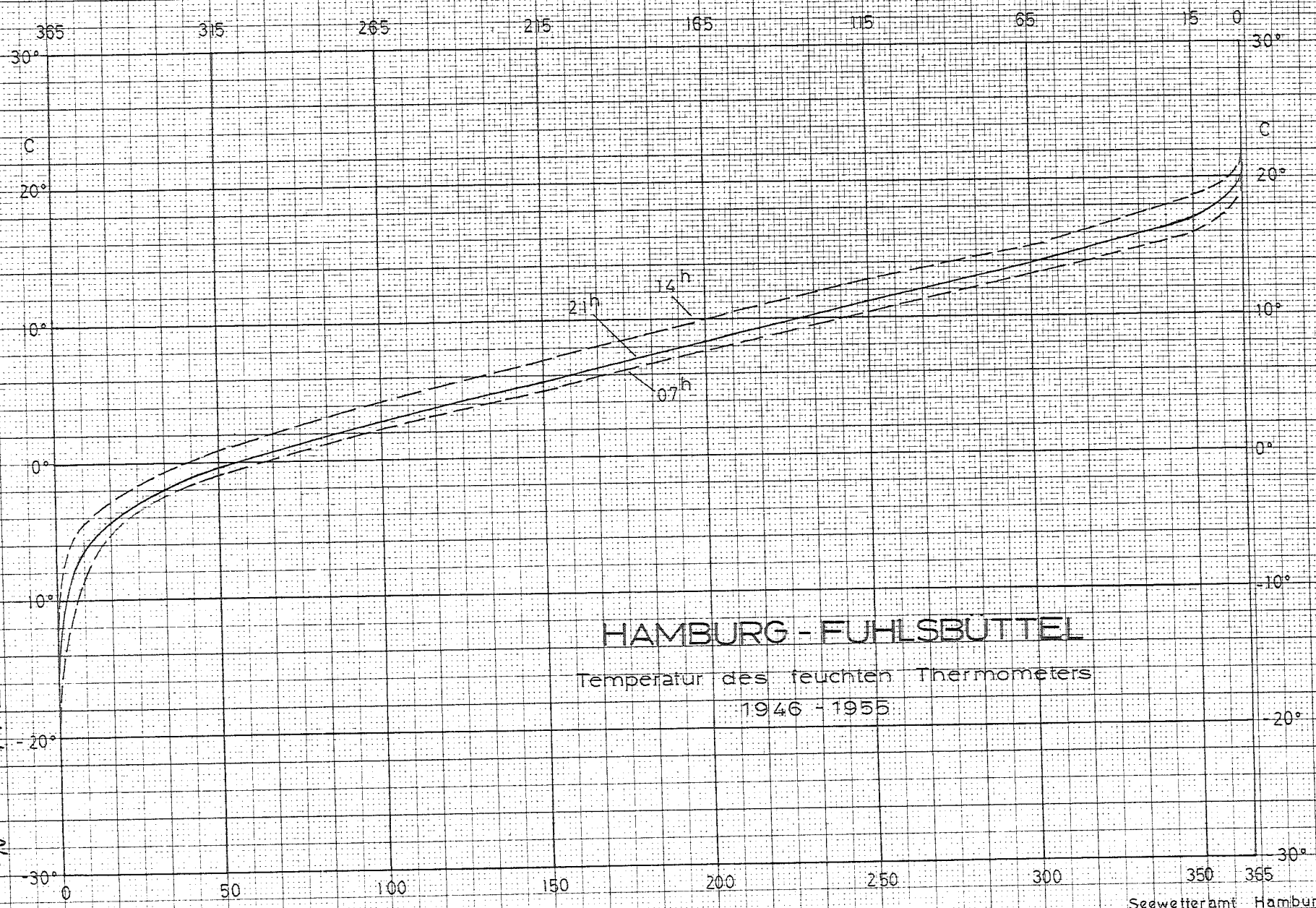
Der Energiebedarf für den Kühlvorgang ist der gleiche wie oben; zusätzlich treten Stromkosten für die Umwälzung des Umlaufwassers und für die Kühlturmventilatoren auf. Das Zusatzwasser kann von den sowieso vorhandenen Brunnen geliefert werden.

Anschaffungskosten	DM 260.000.-
Stromkosten für die Kühlung	" 530.000.-
Stromkosten für Pumpen und Ventilatoren	" 100.000.-
Förderkosten für Zusatzwasser	" 15.000.-
Reparatur- und Wartungskosten für die Kälte- maschinen und den Kühlturm	" 25.000.-
	DM 930.000.-
	=====

Die angegebenen Preise können nur ungefähre Werte sein und sollen die Grössenordnung der zu erwartenden Kosten bei den verschiedenen Kühlarten geben. Insbesondere werden sich bei Teilaussteuerungen höhere Stromkosten als die angegebenen ergeben, was den Betrieb mit Kältemaschinen im Vergleich zur reinen Rohwasserkühlung noch teurer macht.

Da in der ersten Zeit beim Betrieb des Beschleunigers mit einer Endenergie von 6 GeV die Kältemaschinen für die Klimatisierung des Ringtunnels, die sowieso vorhanden sein müssen, nicht voll ausgenutzt werden, können diese mit zur Apparatekühlung herangezogen werden und etwa die Hälfte der anfallenden Kühlleistung von Verbrauchern nach a) (ca. 260.000 kcal/h) übernehmen. Die andere Hälfte könnte mit Rohwasser gekühlt werden, wofür etwa 50 m³/h benötigt werden. Damit würden für die Anfangszeit zwei Brunnen ausreichend sein, und es können Erfahrungen mit der Versickerung gesammelt werden.





HAMBURG - FUHLSBÜTTEL

Temperatur des feuchten Thermometers
1946 - 1955

Zeichnung Nr.
642/94
2. M. 66