Abwasserkühlung Ablauf Kläranlage

Es wird erwartet, dass das aus der Produktion kommende Prozesswasser eine Temperatur von etwa 45 °C aufweist. Diese Temperatur liegt deutlich über dem für den mesophilen, anaeroben Abbau optimalen Temperaturbereich von etwa 36-39 °C und über dem beantragten Überwachungswert für die Einleittemperatur von 30 °C im Sommer bzw. 20 °C im Winter.

Um einen optimalen biologischen Abbau in der anaeroben Reinigungsstufe zu gewährleisten und um die Energieeffizienz der Produktion zu erhöhen erfolgt eine erste Stufe der Abwasserkühlung im Zulauf zur Kläranlage. Dies erfolgt mit Freistrom-Plattenwärmetauschern, da diese auch bei feststoffhaltigen Medien einen weitgehend verblockungsfreien Betrieb gewährleisten. Als Kühlmedium wird das in der Produktion eingesetzte Frischwasser genutzt, um einen Teil der im Abwasser befindlichen Abwärme zurückgewinnen zu können.

Das Abwasser bereits vor der Abwasserreinigungsanlage auf die Einleittemperatur zu kühlen ist aus zwei Gründen nicht sinnvoll. Zum einen sinkt die Aktivität der anaeroben Mikroorganismen außerhalb des oben genannten Temperaturbereichs deutlich und zum anderen wäre dies aufgrund der geplanten Rückführung von biologisch gereinigtem Abwasser mit einem deutlichen Wärmeverlust sowie damit einer reduzierten Energieeffizienz verbunden.

Zur Einhaltung des beantragten Überwachungswertes der Temperatur des in den schwarzen Kocher einzuleitenden Abwassers (30 °C im Sommer bzw. 20 °C im Winter) ist somit zusätzlich eine Abwasserkühlung im Ablauf der Kläranlage notwendig. Die Kühlung des Abwassers erfolgt ebenfalls über Freistrom-Plattenwärmetauscher. Als Kühlmedium wird Kühlwasser eingesetzt, welches über Verdunstungskühltürme zurückgekühlt wird. Die Aufstellung der benötigten Platten-Wärmetauscher und der Kühltürme erfolgt neben dem Maschinenhaus der Kläranlage.

Es werden drei Kühltürme installiert, die im Parallelbetrieb geschaltet sind um das Kühlwasser zurück zu kühlen. Der Betrieb von drei Kühltürmen ist insbesondere im Winterfall notwendig um die geforderten 20 °C im Ablauf der Kläranlage zu erreichen. Im Sommer ist in der Regel der Betrieb von zwei Kühltürmen ausreichend. Die Regelung der Kühlleistung kann sowohl über die Drehzahl des Kühlturmventilators (Luftmenge) erfolgen als auch über die eingesetzte Kühlwassermenge (Drehzahlregelung Kühlwasserpumpe). Regelparameter sind die Temperaturen im Abwasser und Kühlwasserkreislauf (Abbildung 3).

Die Kühltürme werden gemäß den Anforderungen zum hygienegerechten Betrieb von Verdunstungskühlanlagen nach 42. BImschV bzw. VDI-Richtlinie 2047 Blatt 2 gestaltet. Insbesondere werden konstruktive Maßnahmen berücksichtigt, um die Verunreinigung des Kühlwassers durch Mikroorganismen, insbesondere Legionellen zu vermeiden. Eine Betriebskontrolle erfolgt durch kontinuierliche Messung von Temperatur, pH-Wert und Leitfähigkeit des Kühlwassers. Die gemäß 42. BImSchV notwendigen mikrobiologischen Kontrollen erfolgen durch geeignete Labore.

Aus schallschutztechnischen Gründen werden die Kühltürme mit Aufprallabschwächern sowie Schallkulissen am Lufteintritt und Luftaustritt ausgestattet.

Entscheidendes Kriterium für die Dimensionierung der Kühltürme und Wärmetauscher ist aufgrund des in der nachfolgenden Formel dargestellten Zusammenhangs, die treibende Temperaturdifferenz (ΔT).

$$Q = k\ A\ \Delta T$$

Je kleiner diese Temperaturdifferenz wird desto größer wird die benötigte Wärmeübetragungsfläche (A) und damit die benötigte Investitionssumme. Dies ist beispielhaft in

Abbildung 3 für einen Wärmetauscher dargestellt. Wirtschaftlich sinnvoll ist eine Auslegung in der Regel, wenn die Temperaturdifferenz im Bereich von ≥ 5 K liegt. Darunter kommt es zu einem exponentiellen Anstieg der Investitionskosten.

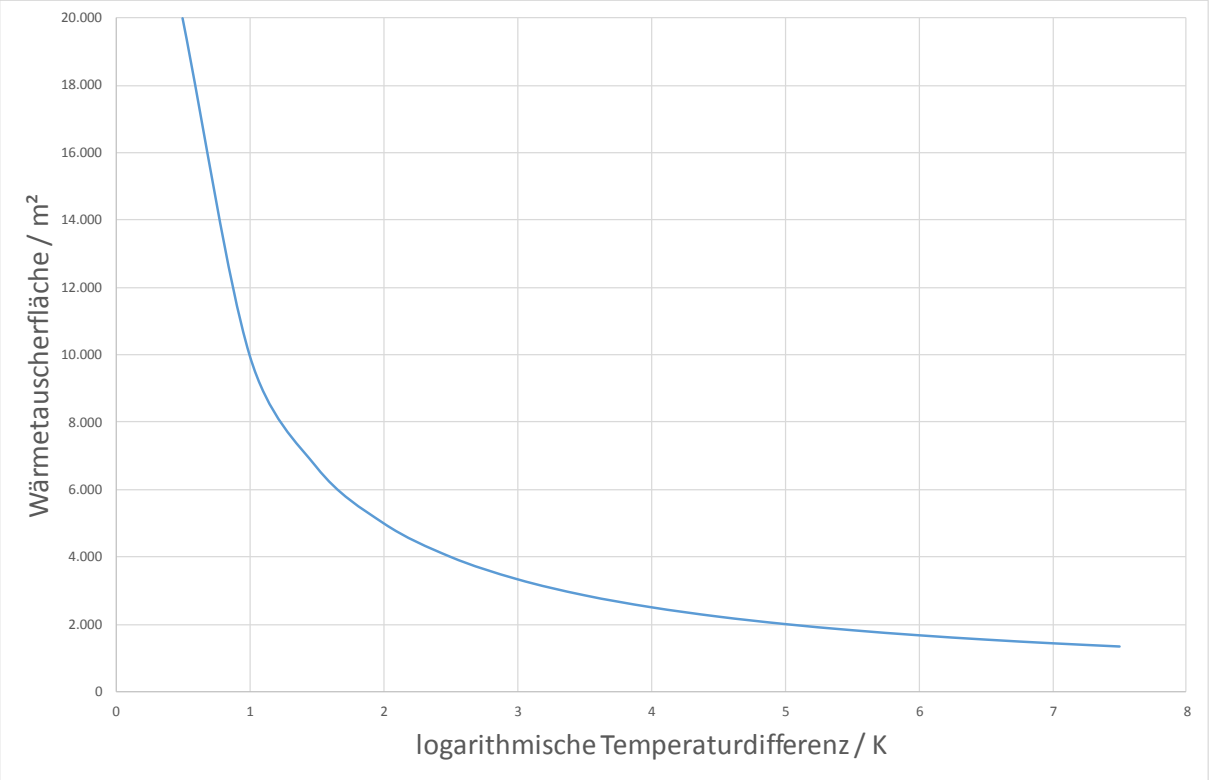

Abbildung 1: Abhängigkeit Wärmetauscherfläche von Temperaturdifferenz

Beim Verdunstungskühlturm ist die erreichbare Kühlwassertemperatur durch die Feuchtkugeltemperatur limitiert. Diese liegt im Raum Aalen im Sommer bei 22 °C (Abbildung 2), im Winter muss mit 12 °C gerechnet werden.

Die Auslegung der Abwasserkühlung mit den Kühltürmen erfolgt unter Einrechnung einer möglichen Änderung durch klimatische Einflüsse der Feuchtkugeltemperatur auf z.B. 23°C.

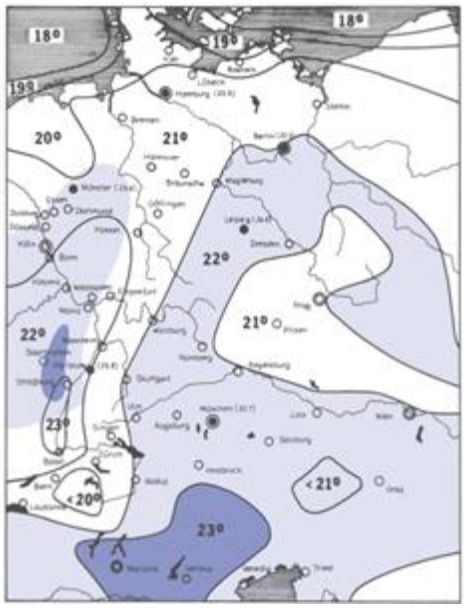

Abbildung 2: Mittlere maximale Feuchtkugeltemperatur (Quelle: Gohl)

Vor diesem Hintergrund wurde die 2. Stufe der Abwasserkühlung unter Berücksichtigung technisch sinnvoller Temperaturdifferenzen so ausgelegt, dass eine ökonomisch und ökologisch vertretbare Einleittemperatur gewährleistet werden kann.

- 4 K Temperaturdifferenz zwischen Feuchtkugeltemperatur und Temperatur Kühlwasservorlauf
- 4 K Temperaturdifferenz der kalten und warmen Seite der Wärmetauscher

Tabelle 1 und Tabelle 2 zeigen die wesentlichen Kenndaten für die Dimensionierung der Freistrom-Plattenwärmetauscher und der Verdunstungskühltürme, die im Ablauf der Kläranlage installiert werden sollen.

Dimensionierung Wärmetauscher		**Sommer**	**Winter**
Warme Seite = Abwasser			
Volumenstrom	m³/h	465	465
Temperatur Vorlauf	°C	38	38
Temperatur Rücklauf	°C	30	20
Kühlleistung gesamt	kW	4.321	9.723
Kalte Seite = Kühlwasser			
Volumenstrom	m³/h	465	698
Temperatur Vorlauf	°C	26	16
Temperatur Rücklauf	°C	34	28
Anzahl Wärmetauscher		3 x 50 %	
Abmessungen (L x B x H)	m	5,4 x 1,1 x 3,5	

Tabelle 1: Kenndaten Freistrom-Plattenwärmetauscher

Dimensionierung Kühlturm		**Sommer**	**Winter**
Volumenstrom	m³/h	465	698
Temperatur Vorlauf	°C	34	28
Temperatur Rücklauf	°C	26	16
Feuchtkugeltemperatur	°C	22	12
Anzahl Kühltürme	Stück	2 (3)	3
Kühlleistung gesamt	kW	4.321	9.723
Ventilator je Kühlturm	kW	37	
Länge gesamt	m	17,3	
Breite gesamt	m	8,3	
Höhe gesamt	m	9,0	

Tabelle 2: Kenndaten Verdunstungskühltürme

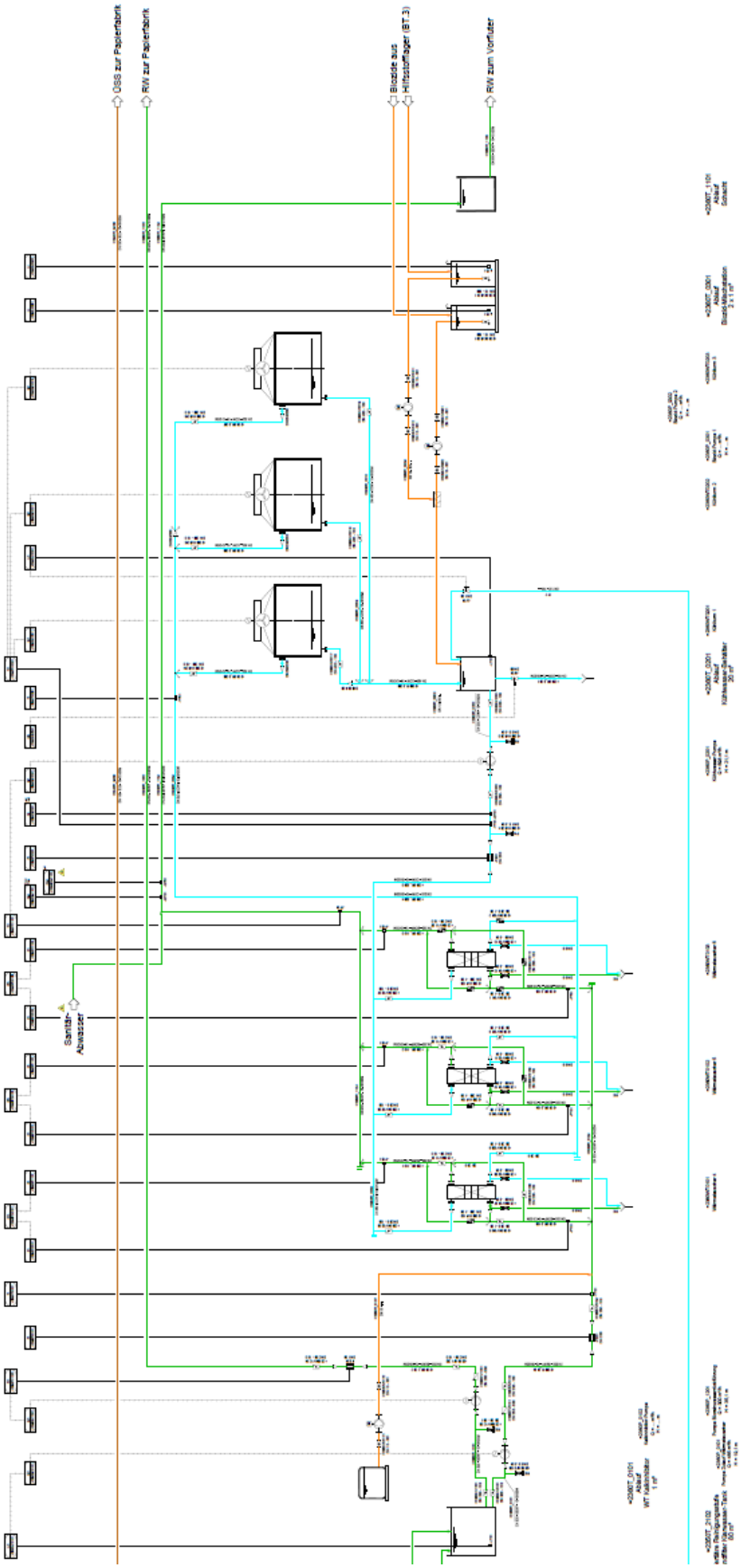

Abbildung 3: Einbindung Kühltürme (Auszug aus Fließbild Nr. 17.595.03.014a)

Betriebswirtschaftliche Auswirkungen Kühlturmbetrieb

Aufgrund der Anforderungen an die Einleittemperatur von 20 ° im Winter (01.11.-31.03.) bzw. 30° im Sommer (01.04.-31.10.) ist von einem ganzjährigen Betrieb der Kühltürme auszugehen. Eine Abschätzung des Energiebedarfs pro Jahr kann Tabelle 3 entnommen werden. Nicht berücksichtigt ist dabei der für die Förderung des Abwassers benötigte Energiebedarf (Druckverlust Wärmetauscher).

		Sommer	**Winter**	**pro Jahr**
Einleittemperatur	°C	30	20	---
Betriebsstunden	h/a	5.136	3.624	8.760
Kühltürme in Betrieb	Stück	2	3	---
Leistungsbedarf Kühlturme	kW	2 x 36,2	3 x 36,2	---
	MWh/a	372	394	765
Leistungsbedarf Kühlwasserpumpe	kW	40	66	---
	MWh/a	204	239	443
Energiebedarf gesamt	**kW**	**112**	**175**	**---**
	MWh/a	**576**	**633**	**1.209**

Tabelle 3: Abschätzung Energiebedarf Kühltürme

Der Betrieb des 3. Kühlturms im Sommer würde aufgrund der physikalische Gegebenheiten nur zu einer sehr geringen Reduzierung (unter 1°K) der Abwassertemperatur führen. In Abbildung 1 sind bereits die physikalischen Grenzen der Temperaturdifferenz zu der technischen und ökologisch / ökonomisch sinnvollen Auslegung der Wärmetauscherflächen dargestellt.

Zusätzlich ist für diese hochbelasteten Anlagenteile eine ausreichende Zeitspanne für die erforderlichen Reinigungs- und Instandhaltungsarbeiten erforderlich. Dies ist in der Sommerzeit im Wechsel an den Kühlturmanlagen geplant.

Aalen, den 21. Februar 2019