



ZAK Energie GmbH
Überprüfung Leistungserhöhung Ofenlinie 1
WEHRLE Auftrag AU#10596



Josef Brand

Tel: +49 7641 585-144
brand@wehrle-werk.de

WEHRLE-WERK AG

Bismarckstr. 1-11
79312 Emmendingen
Deutschland

1. AUFGABENSTELLUNG

Der Zweckverband für Abfallwirtschaft Kempten (ZAK) betreibt am Standort die Ofenlinie 1 zur thermischen Behandlung von Abfällen. Der von WEHRLE gelieferte Dampfkessel wurde ursprünglich für eine Dampfleistung von 37,8 t/h ausgelegt und genehmigt. Im Auftrag des ZAK soll WEHRLE als Lieferant des Kessels prüfen, ob eine Erhöhung der Dampfleistung möglich ist und welche Auswirkungen sich hieraus ergeben.

Folgende neuen Lastfälle sollen betrachtet werden:

- Angestrebte Dampfleistung 42,0 t/h bei einer Primärlufttemperatur von 115°C.
- 110%-Überlast (46,2 t/h) bei einer Primärlufttemperatur von 115°C.
- Brennstoffwärme wie zuvor bei 110%, jedoch Primärlufttemperatur 150°C.

Die Überprüfung ist in die folgenden Schritte zu unterteilen:

- Wärmetechnische Nachrechnung des Kessels auf die erhöhte Dampfleistung
- Überprüfung des Naturumlaufsystems
- Prüfung Kessel und der relevanten Kesselausrüstung
 - Sicherheitsventile mit Ausblasesystem
 - Speisepumpen
 - Einspritzkühler zur Regelung der Heißdampftemperatur

Die Untersuchung beschränkt sich auf den Dampfkessel. Die Feuerung samt Verbrennungsluftsystem, Rauchgasreinigung und sonstige Nebensysteme sind nicht Bestandteil der Betrachtung und sind durch ZAK hinsichtlich ihrer Eignung zu prüfen. Die Betrachtung stützt sich im Wesentlichen auf die Unterlagen aus dem Archiv WEHRLE sowie auf die vom Kunden beigestellten Informationen.

2. BESCHREIBUNG DAMPFKESSEL

Die Ofenlinie ist ausgeführt als Naturumlaufkessel in Tail-End-Bauweise, bestehend aus drei vertikalen Strahlungszügen, einem horizontalen Kesselzug zur Aufnahme der Verdampfer- und Überhitzerbündel und einem vertikalen Ecozug mit liegenden Ecobündeln. Der gesamte Strahlungsteil sowie die Kesselwände des Horizontalzugs sind in gasdichter Rohr-Steg-Rohr-Konstruktion ausgeführt. Der Economiser ist in ein ungekühltes Blechgehäuse eingebaut.

Die Heizflächenanordnung im Konvektionszug in Rauchgasrichtung ist Verdampfer 1 und 2, danach folgen Überhitzer 3, 2 und 1 und schließlich im vertikalen Ecozug die vier Ecobündel. Der Überhitzer 3 ist im Gleichstrom, Überhitzer 2 und Überhitzer 1 im Gegenstrom geschaltet. Die vier Ecobündel sind alle im Gegenstrom geschaltet und werden vom Speisewasser von unten nach oben durchströmt. Zwischen den Überhitzerstufen angeordnet sind Einspritzkühler zur Regelung der Heißdampftemperatur am Kesselaustritt.

Die technischen Daten sind wie folgt:

Herstellnummer	7152
Herstelljahr	1994
Zul. Dampferzeugung	37,8 t/h
Zul. Betriebsdruck	53 bar
Zul. Heißdampf Temperatur	400 °C
Betriebsdruck Austritt normal	40 bar
Speisewassertemperatur	146 °C
Abgastemperatur verschmutzt	220 °C

3. KESSELBERECHNUNG

Für die Kesselberechnung wird ausgehend von den heutigen Betriebsbedingungen die Leistungserhöhung berechnet. Für die Lastpunkte wird dabei von den folgenden Randbedingungen ausgegangen:

Heizwert Müll	11.000 kJ/kg
Aschegehalt Müll	0,26 kg/kg
Wassergehalt Müll	0,24 kg/kg
Primärluftanteil	65 %
Feuerungsverlust	2,3 %
O ₂ -Gehalt im Abgas	7,7 Vol% (tr)
Speisewassertemperatur	146 °C

Betrachtet werden die folgenden Lastfälle:

LP 1:	heutiger Betrieb 100%, Dampfleistung 37,8 t/h, Primärluftvorwärmung 115°C
LP 2	neuer 100% Lastpunkt, Dampfleistung 42 t/h, Primärluftvorwärmung 115°C
LP 3-A:	Überlast 10% bezogen auf LP 2, Luftvorwärmung 115°C
LP 3-B:	wie LP 3-A, jedoch Luftvorwärmung auf 150°C

Die Lastpunkte 3-A und 3-B sind keine Dauerbetriebspunkte, werden aber betrachtet als kurzfristiger Überlastbereich zum Abfangen feuerungsseitiger Regelschwankungen. Lastpunkt 3-B berücksichtigt die maximal genehmigte Primärlufttemperatur von 150°C und stellt somit den Lastpunkt mit maximalen Wärmeeintrag in den Kessel dar. Die Berechnung Lastpunkt 1 (heutiger Betrieb 42 t/h) dient als Bezug, um die Änderungen infolge der Leistungserhöhung zu bewerten.

Die wichtigsten Berechnungsergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

		LP 1	LP 2	LP 3-A	LP 3-B	
Brennstoffmenge	t/h	10,35	11,54	12,72	12,72	
Feuerungswärmeleistung	MW	31,63	35,25	38,88	38,88	
Primärluftmenge	Nm³/h	31.750	35.385	39.050	39.050	
Primärlufttemperatur	°C	115	115	115	150	
Sekundärluftmenge	Nm³/h	17.100	19.050	21.030	21.030	
Sekundärlufttemperatur	°C	25	25	25	25	
Rauchgas im Kessel	feucht	Nm³/h	55.400	61.750	68.100	68.100
	trocken	Nm³/h	47.370	52.800	58.230	58.230
H2O-Gehalt	Vol%	14,5	14,5	14,5	14,5	
CO2-Gehalt	Vol%	9,8	9,8	9,8	9,8	
O2-Gehalt	feucht	Vol%	6,6	6,6	6,6	6,6
	trocken	Vol%	7,7	7,7	7,7	7,7
Rauchgastemperaturen						
adiabate BK-Temperatur	°C	1.323	1.322	1.322	1.337	
Ende 1. Zug	°C	930	947	963	969	
Ende 2. Zug	°C	804	826	847	851	
vor Verdampfer 1	°C	713	737	760	763	
vor Verdampfer 2	°C	662	686	709	711	
vor Überhitzer 3	°C	592	615	637	638	
vor Überhitzer 2	°C	500	512	530	534	
vor Überhitzer 1	°C	428	437	451	453	
vor Economiser	°C	369	378	390	391	
Kesselaustritt	°C	221	227	234	234	
Rauchgasgeschwindigkeiten						
BK / 1. Zug	m/s	3,59	4,06	4,53	4,55	
2. Zug	m/s	4,66	5,28	5,91	5,94	
3. Zug	m/s	4,36	4,97	5,59	5,61	
Verdampfer 1	m/s	3,19	3,65	4,12	4,13	
Verdampfer 2	m/s	3,81	4,36	4,92	4,93	
Überhitzer 3	m/s	3,68	4,20	4,74	4,75	
Überhitzer 2	m/s	3,31	3,75	4,22	4,24	
Überhitzer 1	m/s	3,03	3,42	3,85	3,85	
Economiser	m/s	4,66	5,26	5,89	5,90	

Heißdampfmenge	t/h	37,80	42,00	46,20	46,86
Heißdampfdruck	bara	41,0	41,0	41,0	41,0
Heißdampftemperatur	°C	400	400	400	400
Druck Kesseltrommel	bara	46,2	47,0	48,0	48,2
Sattdampftemperatur	°C	259	261	262	262
Wasser-/Dampftemperaturen					
vor Eco	°C	146	146	146	146
nach Eco	°C	220	224	228	227
vor Überhitzer 1	°C	259	261	262	262
nach Überhitzer 1	°C	294	297	300	300
vor Überhitzer 2	°C	287	284	281	279
nach Überhitzer 2	°C	345	345	345	343
vor Überhitzer 3	°C	319	309	305	309
nach Überhitzer 3	°C	400	400	400	400
Einspritzwassermengen					
Kühler 1	t/h	0,34	0,70	1,13	1,29
Kühler 2	t/h	1,03	1,61	1,99	1,71
Wasser-/Dampfgeschw.					
Eco	m/s	0,38	0,42	0,46	0,46
Überhitzer 1	m/s	13,66	14,66	15,67	15,96
Überhitzer 2	m/s	16,23	17,55	18,87	19,16
Überhitzer 3	m/s	19,30	21,13	23,04	23,47

Die wesentlichen Ergebnisse hieraus sind:

- Um die angestrebte Dampfleistung von 42 t/h zu erreichen, muss die Feuerungswärmeleistung von 31,63 auf 35,25 MW gesteigert werden. Die Rauchgasmenge erhöht sich dementsprechend auf etwa 62.000 Nm³/h (feucht, im kontinuierlichen 100%-Lastfall).
- Die Erhöhung der Primärlufttemperatur von 115 auf 150°C führt zu einer Erhöhung der Dampfmenge um etwa 0,7 t/h. Die adiabate Verbrennungstemperatur steigt hierdurch nur leicht um 15°C. Über die Kesselzüge baut sich dieser Temperaturunterschied ab und egalisiert sich am Kesselaustritt praktisch.
- Mit der höheren Feuerungsleistung und Rauchgasmenge erhöht sich das Rauchgastemperaturprofil entlang des Kessels. Am Eintritt in den konvektiven Zug und vor dem Endüberhitzer steigt die Temperatur um etwa 25°C an. Dies kann sich nachteilig auf die Verschmutzung der konvektiven Heizflächen sowie die Überhitzerkorrosion auswirken.
- Die Abgastemperatur nach Eco steigt um 5-10°C.

- Mit der Rauchgasmenge steigen natürlich auch die gasseitigen Geschwindigkeiten. In den Strahlungszügen liegt die Geschwindigkeit leicht über dem von WEHRLE empfohlenen Wert von 5 m/s, was Erosion und Korrosion fördern kann. Auch im Eco liegt die RG-Geschwindigkeit mit etwa 6 m/s im Grenzbereich.
- Über die Einspritzkühler wird die Heißdampftemperatur auf 400°C geregelt. Es besteht genügend Abstand zur Sättigung, so dass auch Beheizungsschwankungen und Laständerungen ausgeregelt werden können.
- Trotz stärkerer Beheizung im Eco besteht noch ausreichender Abstand zur Sättigung, so dass es zu keiner Teilverdampfung kommt.
- Durch die erhöhte Dampfleistung steigen die Druckverluste über die Überhitzer und somit der Trommel-Betriebsdruck um etwa 1 bar an.

4. ÜBERPRÜFUNG NATURUMLAUF

In das Naturumlaufsystem eingebunden sind die Rohrwände des 1. bis 3. Kesselzuges, die Rohrwände des Horizontalzuges sowie die beiden Verdampferbündel.

Ausgehend von der wärmetechnischen Kesselberechnung wird der Naturumlauf für die geplante Leistungserhöhung überprüft. Hierzu werden die aus der wärmetechnischen Berechnung ermittelten maximalen Wärmestromdichten angesetzt. Nachfolgend die tabellarische Zusammenstellung von Umlaufzahl, Dampfgehalt und Geschwindigkeit in den beheizten Siederohren und den unbeheizten Überströmrohren:

		Vorderwand 1	Seitenwände 1	Rückwand 1	Seitenwände 2	Rückwand 2	Seitenwände 3	Rückwand 3	Verdampfer 1	Verdampfer 2
Umlaufzahl		20,7	15,6	13,8	19,2	18,6	21,0	40,5	11,8	13,6
Dampfgehalt	Ma-%	4,8	6,4	7,2	5,2	5,4	4,8	2,5	8,5	7,3
	Vol-%	62,8	69,4	72,2	64,7	65,3	62,4	45,7	75,5	72,4
Geschw. Siederohr	m/s	1,3	1,4	1,7	0,7	0,9	0,4	0,4	0,5	0,4
Geschw. Überstr.-Rohr	m/s	4,8	7,2	6,4	3,4	4,0	2,4	3,9	4,8	3,6

Die wesentlichen Ergebnisse hieraus sind:

- Die Dampfmassenanteile liegen in allen Heizflächen unter 10% und sind somit nicht kritisch.
- Die Geschwindigkeiten am Austritt der Siederohre und in den Überströmrohren liegen im üblichen Bereich.

5. ÜBERPRÜFUNG KESSEL UND AUSRÜSTUNG

5.1. KESSELDRUCKTEILE ALLGEMEIN

Sämtliche Druckteile des Kessels sind für den zulässigen Betriebsdruck von 53 bar(ü) dimensioniert. Wie zuvor beschrieben, soll die Leistungserhöhung der beiden Linien ausschließlich über die Dampfmenge erfolgen; die Dampfparameter am Heißdampfaustritt sowie der zulässige Betriebsdruck bleiben unverändert.

Am Überhitzer I Austritt steigt gegenüber der ursprünglichen Auslegung die Dampftemperatur zwar leicht an (5-10°C), bleibt aber unterhalb der zulässigen Betriebstemperatur für die Bauteile. Am Überhitzer II und III ergeben sich keine Temperaturerhöhungen aufgrund der Regelung mittels Einspritzkühlern.

Die Auslegung der sonstigen wasser- oder wasser-/dampf führenden Kesseldruckteile (Eco, Rohrwände, Trommel etc.) basiert auf der Sättigungstemperatur 269°C (zzgl. T-Zuschlag gem. TRD) beim zulässigen Betriebsdruck 53 bar und ändert sich somit nicht durch die Leistungserhöhung.

5.2. KESSELTROMMEL

Durchmesser außen	1.600	mm
Wandstärke	40	mm
Länge über Böden	6.860	mm
Volumen Regelwasserstand	4,96	m ³
Niedrigwasser	3,98	m ³
Gesamtinhalt	11,95	m ³

		LP 1	LP 2	LP 3-A	LP 3-B
Dampfmenge	t/h	37,8	42,0	46,2	46,9
Absinkdauer	min:s	4:58	4:28	4:03	4:00
Dampfraumbelastung	m ³ /(m ³ *h)	410	455	501	508

Durch die Leistungssteigerung verringert sich die theoretische Absinkdauer um etwa 30 Sekunden auf 4:25 Minuten bezogen auf den Dauerbetriebsfall. Innerhalb dieser Zeitspanne muss bei Ausfall der Speisepumpe sichergestellt sein, dass eine ausreichende Speisewasserversorgung zur Verfügung steht, um ein unzulässiges Ausdampfen zu verhindern.

Die Dampfraumbelastung wurde nach FDBR 156 ermittelt und bleibt in allen Lastfällen unter dem Grenzwert von 640 m³/(m³*h).

5.3. SICHERHEITSVENTILE

Der Kessel ist mit zwei federbelasteten Vollhub-Sicherheitsventilen ausgerüstet; eines am Überhitzer-Austritt und eines auf der Trommel. Über das Trommel-Sicherheitsventil werden circa 60% abblasen und am Überhitzer circa 40%.

Die wichtigsten Daten zu den Sicherheitsventilen:

	Überhitzer	Trommel
Fabrikat	Bopp & Reuther	Bopp & Reuther
Typ	Si 6303.08.09.16	Si 6303.08.09.16
Öffnungscharakteristik	Vollhub	Vollhub
Ansprechdruck	46,0 bar(ü)	53,0 bar(ü)
Abblasetemperatur	400°C	268°C
Eintritt	DN50 / PN160	DN50 / PN160
Austritt	DN80 / PN25	DN80 / PN25
Durchmesser d ₀	40 mm	40 mm
Ausflussziffer	0,78	0,78
zuerkannte Abblasemenge	20.450	26.950

Die Ausblaseleitungen beider Sicherheitsventile sind auf einen gemeinsamen Schalldämpfer geführt:

Hersteller	Servatius GmbH
Herstell-Nr.	2095A-10
Sattdampfmenge	31,0 t/h
Heißdampfmenge	23,6 t/h
zul. Betriebsdruck	5 bar(ü)

Die Sicherheitsventile verfügen über eine Gesamtkapazität von 47,4 t/h, der Schalldämpfer wurde ausgelegt für 54,6 t/h. Bezogen auf den angestrebten 100%-Lastfall mit 42,0 t/h ergibt sich für die Sicherheitsventile eine Reserve von 11%. Somit verfügt das Sicherheitssystem über ausreichend Kapazität, um bei der geplanten Leistungserhöhung auch die bei diesen Kesseln üblichen feuerungsseitigen Regelschwankungen abzufahren und ein Überschreiten des zulässigen Betriebsdruckes sicher zu vermeiden.

Prüfung Ansprechdrücke Sicherheitsventile

Um eine ständige Kühlung des Überhitzers zu gewährleisten ist das Sicherheitsventil am Überhitzer so einzustellen, dass es vor dem Sicherheitsventil an der Trommel öffnet. Hierbei ist neben der Öffnungscharakteristik des Ventils auch der Druckverlust über die Überhitzer zu berücksichtigen, der annähernd quadratisch mit dem Massenstrom ansteigt. Für die angestrebte Leistungserhöhung ergeben sich folgende Druckverhältnisse:

		LP 2	LP 3-A	LP 3-B
Ansprechdruck SiV Überhitzer	bar(ü)	46,0	46,0	46,0
+ Öffnungsdruckdifferenz 5% (Vollhub)	bar	2,3	2,3	2,3
+ Druckverlust Überhitzer	bar	6,0	7,0	7,2
= Trommeldruck beim Abblasen ÜH-SiV	bar(ü)	54,3	55,3	55,5
Ansprechdruck SiV Trommel	bar(ü)	53,0	53,0	53,0

Für die angestrebte Leistungserhöhung liegt also der Trommel-Betriebsdruck über dem Ansprechdruck des Trommel-Sicherheitsventils von 53 bar, d.h. die Ventile beeinflussen sich beim Öffnen gegenseitig und die oben genannte Anforderung zur Kühlung der Überhitzer ist nicht erfüllt. Folgende Maßnahmen können ergriffen werden:

- a) Verminderung des Ansprechdrucks am Überhitzer-Sicherheitsventil (etwa 3 bar):
Hierdurch wird der Abstand zwischen Heißdampf- und Trommel-Sicherheitsventil vergrößert und so dem höheren Druckverlust in den Überhitzern Rechnung getragen. Dies bedeutet aber, dass evtl. auch der normale Betriebsdruck abgesenkt werden muss, um ein sporadisches Ansprechen oder unvollständiges Schließen des Überhitzer-Sicherheitsventils zu vermeiden.
- b) Umrüstung auf gesteuertes Sicherheitsventil:
Um eine gegenseitige Beeinflussung der Ventile zu vermeiden, wird das Überhitzersicherheitsventil mit einem pneumatischem Antrieb ausgerüstet und über eine pneumatisch Steuereinrichtung angesteuert. Zwei Impulsleitungen vom Heißdampfaustritt und eine von der Trommel lösen bei Erreichen des Einstelldrucks am Steuergerät aus. Sobald das Steuergerät auslöst, wird die Belastungsluft abgeworfen und das Öffnen durch Hubluft unterstützt. Dies stellt sicher, dass das Heißdampfventil immer vor dem Trommelventil öffnet und die Überhitzer mit Dampf durchströmt werden. Als Variante kann zusätzlich auch noch das Trommel-Sicherheitsventil an das Steuergerät angebunden und mit Belastungsluft beaufschlagt werden, was positiv ist in Hinblick auf Dichtheit und Schließverhalten..
Vorteil dieser Variante ist, dass sie ohne wesentliche Modifikation der Anlage umsetzbar ist.
- c) Umrüstung auf gesteuertes 100%-Sicherheitsventil:
Der Kessel wird statt mit zwei Sicherheitsventilen nur mit einem gesteuerten 100%-Sicherheitsventil am Überhitzer-Austritt ausgerüstet, das die gesamte Dampfmenge abblasen kann. Wie zuvor beschrieben, erhält das Steuergerät Impulsanschlüsse aus dem Satteldampf- und Heißdampfbereich und öffnet mit Hubluftunterstützung. Da die gesamte Abblassemenge über die Überhitzer zu dem Si-Ventil strömt, sind diese immer maximal gekühlt.

Nachteil dieser Variante ist, dass der Si-Ventil-Anschluß am ÜH-Austritt, die Ausblaseleitung und auch der Schalldämpfer erneuert werden müssen, da sie für die höhere Abblaseleistung nicht geeignet sind.

Wir empfehlen die Umsetzung der Variante b (Umrüstung auf gesteuertes Si-Ventile), da das bestehende Ausblasesystem weiter verwendet werden kann und Eingriffe in die Verrohrung auf der Kesseldecke nicht erforderlich sind.

5.4. SPEISEPUMPEN

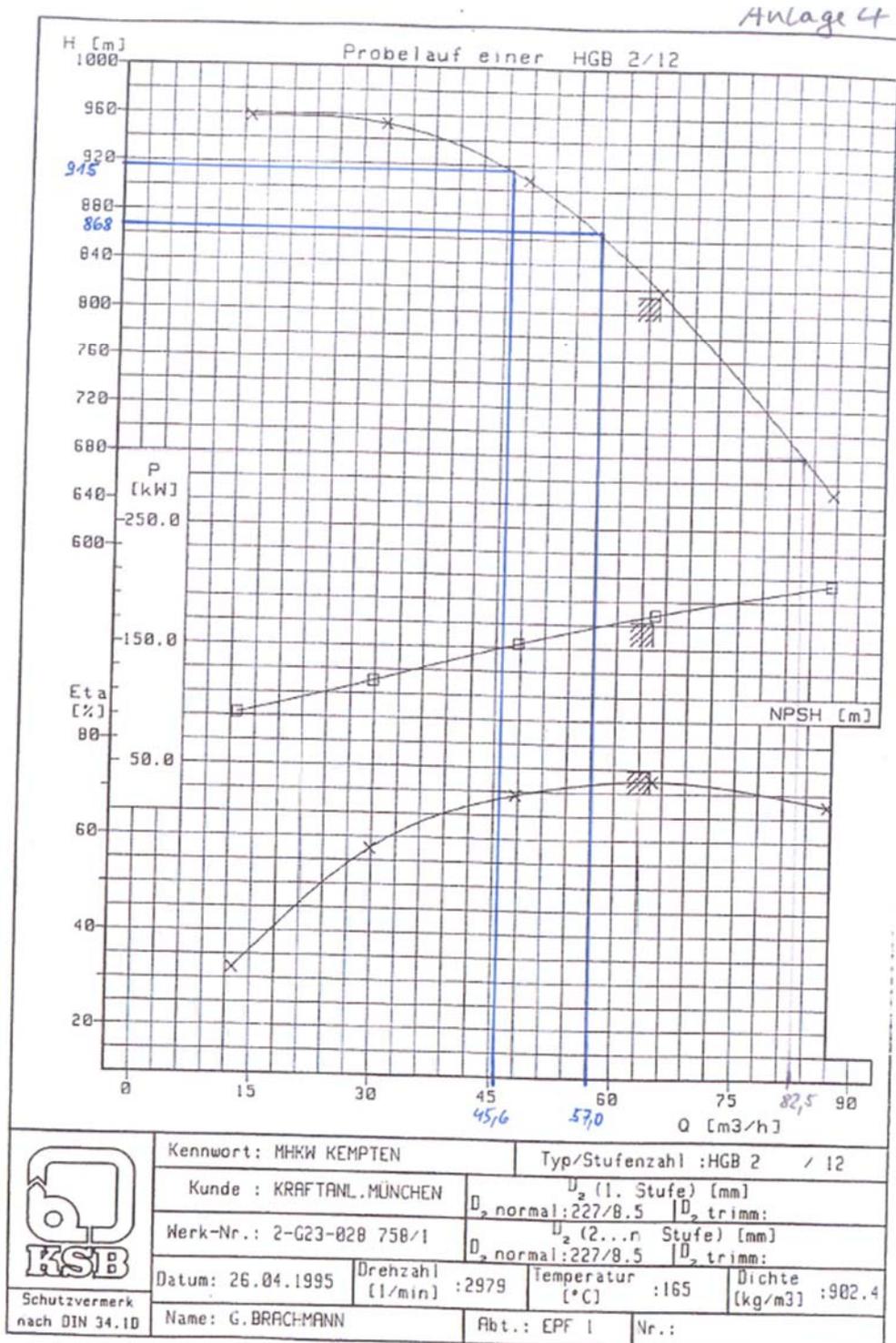
Die Förderleistung der Speisepumpe muss nachfolgende Anforderungen erfüllen:

- (1) die zulässige Dampferzeugung beim 1,1-fachen des zulässigen Betriebsüberdrucks,
- (2) das 1,25-fache der zulässigen Dampferzeugung beim zulässigen Betriebsüberdruck.

Unter Berücksichtigung der geodätischen Höhen und der dynamischen Druckverluste in der Speiseleitung und im Kessel ergeben sich die folgenden Druckverhältnisse:

		Fall (1) 1,0x m 1,1x p	Fall (2) 1,25x m 1,0x p
Fördermenge	t/h	42,0	52,5
Speisewassertemperatur	°C	146	146
Dichte Speisewasser	kg/m ³	920,7	920,7
Förderstrom	m ³ /h	45,6	57,0
Zul. Betriebsdruck Kessel	bar(ü)	53,00	53,00
Zuschlag Förderdruck	bar	5,30	0,00
Statische Höhe	bar	2,80	2,80
Druckverlust Eco	bar	1,00	1,56
Druckverlust Rohrleitungen	bar	1,20	1,87
Druckverlust SpW-Regelventil (Kvs=11)	bar	15,86	24,78
Erforderlicher Pumpendruck	bar(ü)	79,16	84,01
Vordruck SpW-Behälter	bar(ü)	3,27	3,27
Erforderlicher Förderdruck	bar	75,89	80,74
erforderliche Förderhöhe	m	840	894
vorhandene Förderhöhe	m	915	868

Die beiden Auslegungspunkte eingezeichnet in die Pumpenkennlinie:



Für den zweiten Betriebspunkt erreicht die Speisepumpe nicht den erforderlichen Förderdruck. Dies liegt hauptsächlich am hohen Druckverlust des Speisewasserregelventils.

Speisewasserregelventil

Fabrikat	ARCA
DN / PN	80 / 160
Kennlinie	linear
Kvs-Wert	11 m ³ /h

Gemäß Typenschild beträgt der Kvs-Wert der Armatur lediglich 11 m³/h, was ursächlich ist für das hohe Delta-p. Durch Austausch gegen ein Regelventil mit größerem Kvs-Wert kann der Druckverlust deutlich gesenkt werden, so dass die Förderhöhe der Speisepumpen ausreicht. Eventuell ist auch nur ein Austausch des Ventilkegels möglich. Dies ist mit dem Hersteller zu klären.

5.5. EINSPRITZKÜHLER

Die zwischen den Überhitzerstufen angeordneten Einspritzkühler regeln die Dampfaustrittstemperatur auf 400°C. Die Kühler sind konventionell ausgeführt mit fester Düse ("Schlick"-Düsenkopf), die Einspritzwassermenge wird über ein Regelventil eingestellt. Mit der geplanten Leistungserhöhung steigt die Beheizung der konvektiven Heizflächen und damit auch die Einspritzwassermengen. Die Tabelle stellt die ursprüngliche Auslegung der Kühler und die zu erwartenden Einspritzwassermengen für den geplanten neuen Dauerlastpunkt und Überlastpunkt gegenüber:

		Auslegung	LP 2 (MCR 42 t/h)	LP 3 (110% 46 t/h)
Einspritzwassermenge Kühler 1	t/h	1,4	0,7	1,3
Einspritzwassermenge Kühler 2	t/h	1,6	1,6	2,0

Mit der Leistungserhöhung steigen die Einspritzwassermengen über die für die ursprüngliche Auslegung zugrunde gelegten Mengen an. Leider enthält die Dokumentation des Kühler-Lieferanten keine detaillierten Informationen zum Düsenkopf selbst, so dass die Auswirkungen hier nicht genau benannt werden können. Da aber die Druckverluste über den Düsenkopf mit dem Durchsatz quadratisch ansteigen, müssen vermutlich die Düsenköpfe an den Kühlern erneuert werden, um die höheren Mengen durchsetzen zu können.

Einspritzwasserregelventile

Die beiden Einspritzwasserregelventile sind für beide Kühler identisch:

Fabrikat	ARCA
DN / PN	15 / 160
Kennlinie	gleichprozentig
Kvs-Wert	0,25 m ³ /h

Auffällig ist die kleine Nennweite DN15 und der sehr niedrige Kvs-Wert von 0,25 m³/h. Da mit steigendem Durchsatz der Druckverlust quadratisch ansteigt, werden die Druckverluste über die Ein-

spritzregelventile extrem hoch (bei 2 t/h theoretisch ca. 70 bar). Somit sind auch die Einspritzwasserregelventile zu ersetzen.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Im Zuge dieser Arbeit wurde untersucht, ob der Dampfkessel der Linie 1 im MHKW Kempten für eine Leistungserhöhung auf 42,0 t/h geeignet ist. Der Kessel wurde hierfür wärmetechnisch nachgerechnet und die für den Betrieb relevanten Kesselkomponenten überprüft.

Zusammenfassend wird festgestellt:

- Das Kessellayout ist grundsätzlich geeignet für die erhöhte Dampfleistung. Für die bei Müllkesseln auftretenden feuerungsseitigen Regelschwankungen sind Reserven vorhanden.
- Die höheren Rauchgasmengen und Rauchgastemperaturen können zu stärkerer Verschmutzung der Heizflächen und höheren Erosions- und Korrosionsraten führen. Hierzu kann aber keine quantitative Voraussage gemacht werden.
- Aus der Leistungserhöhung ergeben sich für die Kesseldruckteile keine höheren Berechnungsdrücke oder Berechnungstemperaturen.
- Die installierten Sicherheitsventile können den erhöhten Massenstrom abführen. Allerdings ist der Abstand der Ansprechdrücke zu gering, so dass ein vorzeitiges Ansprechen des Trommelventils möglich ist. Wir empfehlen die Umrüstung auf gesteuerte Sicherheitsventile.
- Die installierten Speisepumpen sind grundsätzlich geeignet, den Dampfkessel mit ausreichend Speisewasser zu versorgen. Allerdings ist aufgrund des hohen Druckverlustes ein Austausch oder Umbau des Speisewasserregelventils notwendig.
- Die Einspritzkühler und Einspritzwasserregelventile können aufgrund ihres Druckverlusts die erforderliche Einspritzwassermenge nicht durchsetzen. Diese Komponenten müssen im Falle der Leistungserhöhung ausgetauscht werden.
- Es ist zu prüfen, ob auch bei der verkürzten Absinkdauer ein Ausdampfen des Kessels weiterhin vermieden wird.

7. SCHLUSSBEMERKUNG

Feuerung, Rauchgasreinigung und sonstige Nebensysteme waren nicht Bestandteil der Betrachtung und sind auf ihre Eignung zur geplanten Leistungsanhebung zu prüfen.

Die Leistungserhöhung ist bei der zuständigen Überwachungsstelle zur Genehmigung einzureichen und das Vorgehen sowie die erforderlichen Prüfungen abzustimmen.

Die erhöhte Dampfleistung ist auf dem Kesselschild zu dokumentieren.

Emmendingen, 30.11.2020