



**Gemeinschaftskraftwerk
Schweinfurt GmbH**

GKS • Hafenstraße 30 • 97424 Schweinfurt

Optimierungsansätze im Bereich Werkstoff, Instandhaltung und Energie

VDI Wissensforum
Beläge und Korrosion
16. – 17.06.2015
München

Erstellt von: V. Müller, R. Warnecke

Inhalt

1	Einleitung	3
2	Alternativer Korrosionsschutz im Verdampferbereich.....	4
2.1	Einbau dickschichtvernickelter Membranwände.....	4
2.2	Stand nach 4 Betriebsjahren	6
3	Optimierung Instandhaltung	9
4	Effizienzsteigerung durch Reduzierung Eigenstrombedarf.....	12
4.1	Mittel- / Niederspannungsverteilung.....	13
4.1.1	Messtechnische Energieerfassung.....	14
4.1.2	Auswertung Energieerfassung.....	15
4.1.3	Ansätze für Optimierung des Eigenbedarfes.....	17
4.2	Effizienzsteigerung durch Antriebstechnik	21
4.2.1	Austausch Antriebsstrang vers. Frequenzumrichter	22
4.2.2	Rohwasserpumpe mit Reluktanz-Motor.....	23
4.2.3	Kompressor mit HPM Motor und FU.....	26
4.3	Energieeffizienz und Ressourceneffizienz	31
5	Zusammenfassung	31

1 Einleitung

Von Betreibern von Kraftwerken und MVA wird zunehmend abverlangt ihr ureigenes Interesse der effizienten Energieerzeugung und Optimierung in Form von Audits und Verifizierungen gegenüber Institutionen und Überwachungsbehörden nachzuweisen.

Das Berichtswesen und die damit verbundene wiederkehrende Datenaufbereitung nimmt immer mehr Zeit in Anspruch und kostet Ressourcen. Sicherlich wird im Laufe der Zeit der Aufwand für die Datenaufbereitung geringer, allerdings machen besondere Betriebsbedingungen, Austausch und Ergänzung von Messsystemen usw. eine wiederkehrende Kontrolle bzw. Nachbesserung der Datenbasis erforderlich.

Dieses zwingt einen zu einer tiefergehenden Dokumentation von Ereignissen als einem im Tagesgeschäft lieb ist.

Vorteile sind zum Glück auch vorhanden. So gibt z.B. der Aufwand der Datenaufbereitung für ein Audit oder Verifizierung die Chance die Prozessabläufe in der Anlage detailliert mit den Vorjahren zu vergleichen und nicht nur die „nackten“ Jahresergebnisse zu betrachten.

Nachfolgend sollen einige Ansätze zur Optimierung, Datenerfassung und Auswertung in verschiedenen Bereichen andiskutiert werden. Sie stellen aber sicherlich keine Universallösung dar sondern sind nur Gedankenansätze zum Thema Effizienzsteigerung.

2 Alternativer Korrosionsschutz im Verdampferbereich

2.1 Einbau dickschichtvernickelter Membranwände

Im Jahr 2010 wurden 10 Membranpaneele á 4 Rohr-Steg-Rohr-Einheiten in der Rückwand des 1. Zuges mit einer Länge von 6.000 mm (Länge Vernickelung 5900 mm) eingebaut.

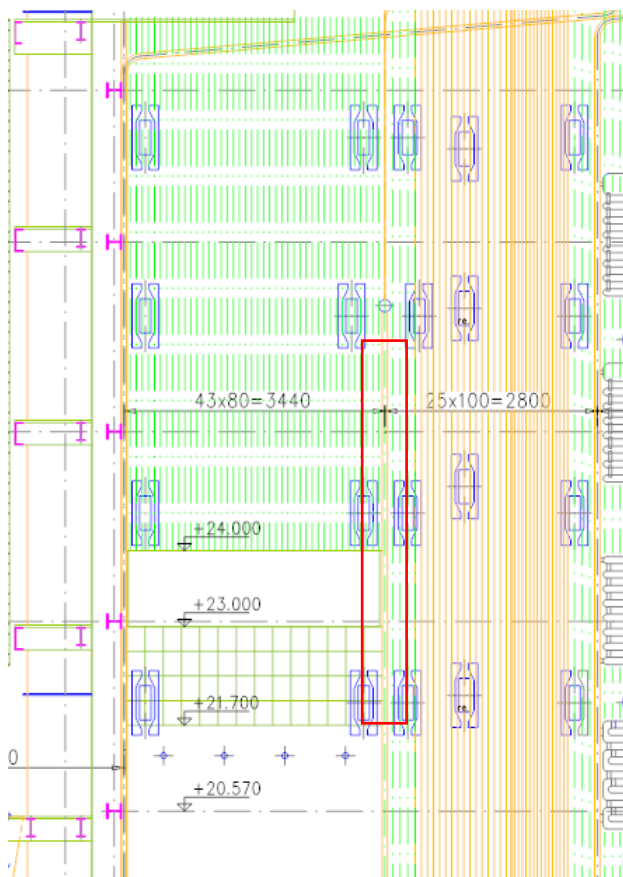


Abb. 2-1: Einbaulage vernickelte Wände 2010

Die vertikalen Paneelstöße wurden auf der Seite des 2. Zuges mittels MAG-Fallnaht rauchgasdicht verschweißt. Auf der Seite des ersten Zuges erfolgte zusätzlich eine Gegenschweißung mit 2.4806 die vor der Nachvernickelung mit 2.4155 im manuellen WIG-Verfahren (entsprechend dem damaligen Stand der Entwicklung) verschliffen wurde. Der Lageraufbau der Nachvernickelung wurde dreilagig gestaltet.

Das Auftragsschweißen mit Reinnickel-Stäben unterscheidet sich zu den sonst im Kesselbau üblichen Auftragsschweißungen, da hier keine Legierung vorliegt sondern ein Reinstoff. Dieser hat bei zu hoch eingestelltem Schweißstrom die Eigenschaft, auf Grund der zu hohen Temperatur mit dem Grundwerkstoff keine Bindung einzugehen, sondern wie zu heiß gewordener Lötzinn ohne Benetzung abzulaufen. Diese Bindefehler treten bei anderen Auftragsschweißungen bei ungünstig gewählten Schweißparametern zwar auch auf, bei Reinstoffen ist das „Toleranzfenster“ aber deutlich kleiner.

Somit nehmen diese Nachvernichelungen im Vergleich zu den vertikalen Stegverbindungsnahten bei der Inconel-Montage bislang deutlich mehr Zeit in Anspruch.

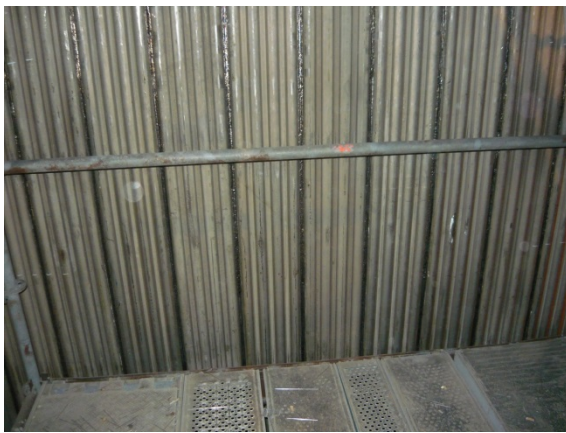


Abb. 2-2: Einbau 2010 Trennwand 1./2. Zug

In Abb. 2-2 (rechtes Bild) sind die geschlitzten Bereiche bereits mit Reinnickel nachbehandelt. Das linke Bild zeigt die bereits nachvernichelte vertikalen Paneelstöße.

Die Anschlussbereiche an die bestehenden Wände zeigt nachstehende Abb. 2-3.




Abb. 2-3: Paneelstoß an "Alt-Inconel"

2.2 Stand nach 4 Betriebsjahren

Nach 35.700 Bh wurden die in 2010 eingebauten Wände im Oktober 2014 befundet.

Die Ergebnisse zeigten gegenüber den Vorjahren keine Auffälligkeiten. Alle Messungen (vergl. Tab. 2-1 und Tab. 2-2) zeigten Ergebnisse innerhalb der Messtoleranzen.

Tab. 2-1: Messergebnisse über Betriebszeit bis Rohr 20

		9.10.2014 35720h Reisezeit																				
		Auftragsschweißen Reinnickel												Schweißer				SM	AJ	SK	GKS Schwe	
Rohr	LSW	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
v 5700m/s		SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM+AJ	AJ	AJ	AJ	AJ	AJ	AJ	AJ	AJ
Panel-Nr.:		Wand Nr 1				Gedreht W3				Wand Nr 9				Wand Nr 5				Wand Nr2				
Rohr	LSW	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Höhe	140mm v oben																					
	2014	8,6	8,9	8,8	8,5	8,1	8,2	8,2	7,8	8,8	9,4	9,5	8,6	9,0		8,7	8,9	8,8	8,9	9,1	8,9	
	2013	8,6	9,2	9,1	8,6	8,3	8,2	8,2	7,9	8,9	9,6	9,5	8,8	9,1	9,0	8,9	8,9	8,9	8,9	9,1	8,8	
	2012	9,0	9,6	9,4	8,9	8,5	8,5	8,4	8,1	9,6	10,0	9,8	9,1	9,3	9,2	9,1	9,3	9,2	9,2	9,5	9,9	
	2011	8,6	9,2	9,0	8,7	8,1	8,1	8,1	7,8	9,2	9,6	9,5	9,8	9,1	9,0	8,8	8,9	8,9	9,0	9,2	8,9	
Differenz																						
Rohr	LSW	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Höhe	2000mm v oben																					
	2014		8,2	8,2	8,5	8,4	8,5	8,1	8,1	8,6	8,7	9,0	9,0	7,9	8,0	8,2		8,7	8,5	8,3	8,5	
	2013	8,6	8,2	8,2	8,5	8,5	8,5	8,1	8,2	8,6	8,7	9,0	8,9	8,0	8,0	8,2	8,6	8,6	8,6	8,4	8,6	
	2012	8,8	8,4	8,4	8,7	8,6	8,4	7,8	8,3	8,9	8,9	9,1	9,1	8,2	8,1	8,3	8,9	8,7	8,6	8,5	8,8	
	2011			8,2				8,2				8,6			8,1	8,4				7,2		
Differenz																						
Rohr	LSW	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Höhe	4000mm v oben																					
	2014		7,9	7,8	8,3	8,8	7,6	8,5	8,5	8,5	7,6	8,6	8,8	7,6	7,9	7,9	8,4		8,0	8,6	8,5	
	2013	8,4	8,0	7,7	8,3	9,0	7,5	8,6	8,5	8,1	7,7	8,3	8,8	7,7	7,8	8,0	8,5	8,4	8,0	8,5	8,6	
	2012	8,7	8,3	8,0	8,7	9,3	7,9	8,9	9,0	8,5	8,1	8,8	9,3	9,2	8,5	8,4	8,8	8,6	8,4	8,9	9,0	
	2011		8,1	8,0			8,0				8,0				8,0	8,2			7,8	8,6		
Differenz																						

Tab. 2-2: Messergebnisse über Betriebszeit ab Rohr 21

Standardkessel Baumgarte		3KS Schweinfurt Trennwand 1 ZUG Linie 11 +22,9bis 25,7m										Messung: F.Rauenschwender										Gerät DM4-16855-00LYKW Kopf DA412-58638-1486	
Rohr	LSW	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
v 5700m/s		AJ	AJ	AJ	AJ	AJ	AJ	AJ	AJ	AJ	AJ+SK	SK	SK	SK	SK	SK	SK	SK	SK	SK	SK	SK	
Panel-Nr.:		Wand Nr 7					Wand Nr 10				Wand Nr 6				Wand Nr 8				Wand Nr 4				
Rohr	LSW	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
Höhe	140mm v oben																						
2014		8,9	7,9	8,2	8,0	7,6	7,9	8,1	8,0	7,9	9,4	9,3	8,9	9,0	8,6	8,7	9,0	8,6	8,3	8,6	8,4	8,4	
2013		8,8	7,9	8,2	7,9	7,5	7,9	8,1	8,0	7,9	9,5	9,5	8,9	9,0	8,6	8,6	9,0	8,6	8,3	8,6	8,4	8,4	
2012		9,9	8,3	8,5	8,3	7,8	8,4	8,6	8,4	8,2	9,8	9,8	9,2	9,5	8,9	9,3	9,3	9,0	8,6	9,1	8,9	8,6	
2011		8,9	8,1	8,2	8,1	7,6	8,1	8,4	8,1	8,0	9,5	9,6	9,2	9,2	8,7	8,6	9,0	8,3	8,4	8,7	8,5	8,2	
Differenz																							
Rohr	LSW	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
Höhe	2000mm v oben																						
2014		8,5	8,3	8,2	7,5	8,5	8,6	8,5	8,1	8,8	9,4	9,3		9,5	9,0	8,5	8,0	8,5	8,4	8,5	8,1	8,8	
2013		8,6	8,4	8,2	7,4	8,6	8,6	8,5	8,1	8,4	9,4	9,3	8,5	9,4	8,9	8,6	7,9	8,5	8,5	8,6	8,2	8,8	
2012		8,8	8,5	8,4	7,7	8,8	8,9	8,8	8,2	8,6	9,6	9,5	8,6	9,4	9,0	8,8	8,2	8,4	8,6	8,7	8,5	8,8	
2011									8,2				9,1			8,6				8,7	8,7		
Differenz																							
Rohr	LSW	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
Höhe	4000mm v oben																						
2014		8,5	8,3	7,4	8,2	8,4	8,7	8,6	8,4	8,8	8,5	7,7		9,4	9,8	8,7	8,9	9,1	8,3	8,4	7,9	8,8	
2013		8,6	8,1	7,1	8,2	8,2	8,7	8,7	8,4	8,9	8,5	7,6	9,6	9,4	9,7	8,7	9,0	9,8	8,3	8,2	8,0	8,6	
2012		9,0	8,5	7,6	8,4	8,6	9,1	9,0	8,7	9,1	9,0	8,3	9,7	9,6	10,0	9,1	9,3	9,4	8,5	8,9	8,4	9,2	
2011				7,6				8,7				8,0				8,8				8,8	8,0		
Differenz																							

Nachfolgend sind die Ergebnisse in Netzdiagrammen über die jeweiligen Betriebsjahre dargestellt.

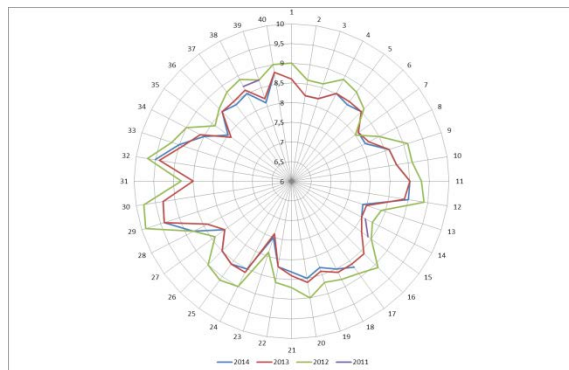
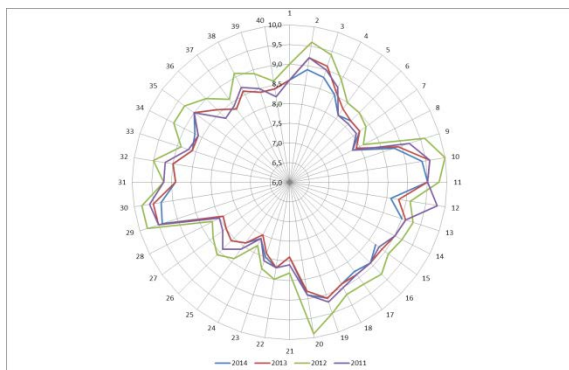
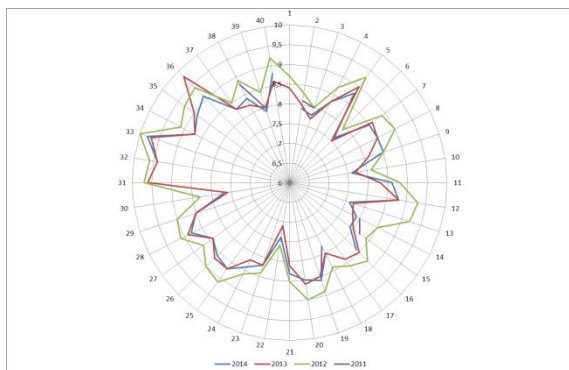


Abb. 2-4: Ebene 140 mm vom oberen Wandanschluss Abb. 2-5: Ebene 2.000 mm vom oberen Wandanschluss



Alle Messergebnisse in Abb. 2-4, Abb. 2-4 und **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zeigen, dass keine relevanten Abzehrungen an den vernickelten Wände aufgetreten sind.

Abb. 2-6: Ebene 3.000 mm vom oberen Wandanschluss

Die erforderliche Nacharbeit beschränkte sich wie in den Vorjahren auf die vertikalen Paneelstöße (vergl. Abb. 2-7), für die zum damaligen Zeitpunkt noch wenig Erfahrungen vorlagen.



Abb. 2-7: Nachvernickelung Paneelstöße 2014

Zwischenzeitlich wurde durch Fa. BBS das Schweißverfahren für die Nachvernickelung der Paneel-Stöße vom ursprünglichen WIG- auf das MIG-Verfahren geändert. Hierdurch wird eine höhere Verarbeitungsgeschwindigkeit erreicht.

Die Dickschichtvernickelung stellt sich, aufgrund der bislang vorliegenden Erfahrungen, für uns zunehmend als Alternative zu gecladdeten Wänden im ersten Kesselzug dar. Die bereits 2012 dargestellten Vorteile haben weiterhin Bestand:

- Kein thermischer Einfluss auf den Grundwerkstoff und damit kein Verzug der Rohrwände beider Beschichtung.
- Kein Schrumpfungsprozess – damit keine „Sonderfertigung“ von Membranwänden mit Übermaß in der Teilung.
- Keine Fe-Aufmischung (außer in den Bereichen, in denen nachvernickelt werden muss).
- Keine Porenbildung in der Schutzschicht.

Als ein Vorteil der Vernickelung stellt sich bisher die nicht notwendige „Nachpflege“, wie sie bei Inconeflächen üblich ist, dar, die in der Fläche der Beschichtung auch nach mehr als 4 Jahren nicht notwendig ist, sondern sich lediglich auf die Paneelstöße reduziert.

Bei künftig anstehenden Austauschmaßnahmen werden sicherlich die erforderlichen Angebotsvergleiche interessant werden.

3 Optimierung Instandhaltung

Eine Möglichkeit Anlagen effizienter zu gestalten ist neben einer seriösen bzw. großzügigen Dimensionierung (diese bezahlt man „nur“ einmal in Form der Investition) die Instandhaltung zu „Optimieren“. Diese Kosten kommen verständlicher Weise wiederkehrend in Abhängigkeiten der geplanten Instandhaltungszyklen bzw. der ungeplanten Stillstände.

Hat man als Betreiber eine Anlage in der gegebenen Bauform an der „Backe“ und nach dem technischen Stand alle mechanischen, organisatorischen und verfahrenstechnischen Maßnahmen wie

- Feuerfest
- Korrosionsschutz der hochbelasteten Kesselzüge
- Schutz der hochbelasteten Konvektionsheizflächen
- Allgemeine Verschmutzungsproblematik der gesamten Verfahrenslinie
- Optimierter Revisionsablauf

im Griff, bleibt nur im Wesentlichen noch an die Revisionszyklen an sich zu gehen. Dieses kann sich auch bereits als sinnvoll erweisen, wenn noch nicht alle o.g. Punkte zu 100 % erreicht wurden.

„100 %“ ist sowieso als utopisch anzusehen, da uns der tägliche Anlagenbetrieb schnell auf den Boden der Realität zurückholt.

Wir haben 2012 mal „locker“ über die Revisionszyklen unserer Anlagen diskutiert und mal eben kurz entschlossen, dass wir künftig nur noch alle 18 Monate eine Hauptrevision an den Anlagen durchführen wollen.

Dieses allerdings unter folgenden Randbedingungen:

- Die 18 monatige Revision soll planmäßig nicht länger sein als der bisherige 12 monatige Revisionszyklus (Zielgröße 28 Tage)
- Zur Entgegnung des Verschmutzungsverhalten unserer Anlagen werden verstärkt Online-Sprengreinigungen (Gasexplosion) eingesetzt
- Erforderlicher Kurzstillstände ($T_{\text{normal}} = 6$ Tage; max. 2 Mal; $T = 10$ Tage; max. 1 Mal)

Nachstehende Tab. 3-1 zeigt die Gegenüberstellung der beiden Revisionszyklen. Die kalkulatorisch angesetzten 28 Tage Revisionsdauer werden typischerweise in der Realität unterschritten (vergl. Abb. 3-1 und Abb. 3-2).

Tab. 3-1: Vergleich Revisionsmodell 12 / 18 Monate

Konventionell (bis einschl. 2012)	Hauptrevision alle 12 Monate													
	Durchschnittliche Dampf-Last		23,2 [t/h]											
	Heizwert		9,5 [MJ/kg]											
	Durchsatz pro Linie		7,3 [t/h]											
	Jahr	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Total über 9 Jahre		Durchschnitt Stillstandstage pro Jahr	
		Stillstandstage pro Jahr									Stillstands- zeit [Tage]	Betriebszeit [Tage]		Betriebszeit [h/a]
	Linie 11										306	2.979	7.944	58.154
Revision	28	28	28	28	28	28	28	28	28			252		
Zwischenreinigung	6	6	6	6	6	6	6	6	6			54		
Online Einsätze	2	2	2	2	2	2	2	2	2					

Aktuell (ab 2013)	Hauptrevision alle 18 Monate													
	Durchschnittliche Dampf-Last		23,2 [t/h]											
	Heizwert		9,5 [MJ/kg]											
	Durchsatz pro Linie		7,3 [t/h]											
	Jahr	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Total über 9 Jahre		Durchschnitt Stillstandstage pro Jahr	
		Stillstandstage pro Jahr									Stillstands- zeit [Tage]	Betriebszeit [Tage]		Betriebszeit [h/a]
	Linie 11										228	3.057	8.152	59.676
Revision	28		28	28		28	28		28			168		
ZR	6	10	4	6	10	4	6	10	4			60		
Online Einsätze	2	4	2	2	4	2	2	4	2					

Durchsatzsteigerung für 3 Linien [t/a]
bezogen auf Auslegungsmenge (178.000 t/a)

4.568
2,6%

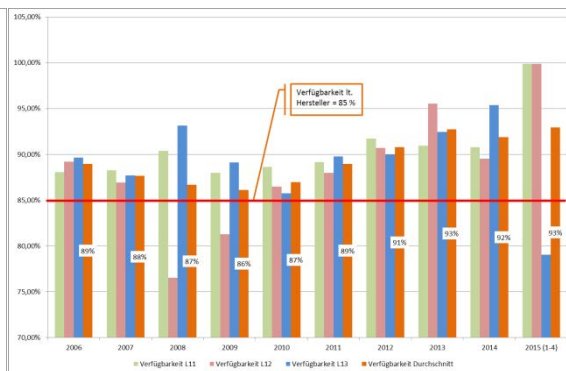
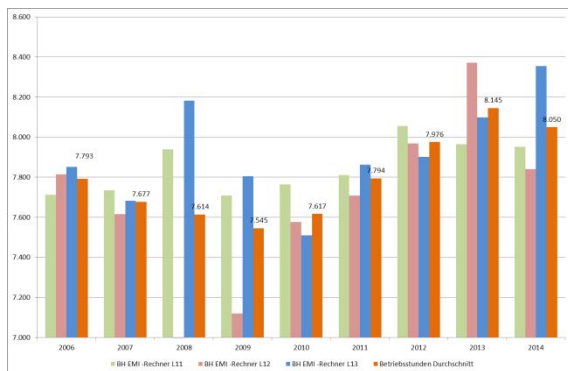


Abb. 3-1: Betriebsstunden MVA 2006 – 2014

Abb. 3-2: Verfügbarkeiten MVA 2006 - 2015 (April)

Die in Abb. 3-1 und Abb. 3-2 dargestellten Betriebszeiten bzw. Verfügbarkeiten beinhalten die Verlängerung der Revisionszyklen auf 18 Monate ab dem Betriebsjahr 2013.

Der Rückgang der Betriebszeit bzw. Verfügbarkeit im Jahr 2014 ist auf die Migration des Leitsystems zurückzuführen. Bei der ersten der beiden Umrüstungen mussten wir „noch etwas“ üben; somit war die Revisionszeit an der Linie 12 mit 31 Tagen außergewöhnlich lang. Bei den nachfolgenden Umrüstungen der Linien 11 und 13 im Herbst 2014 und Q1 2015 wurden die Maßnahmen innerhalb der üblichen Revisionszeiten umgesetzt.

Nicht zu vernachlässigen sind die Einsparpotentiale die sich in den Instandhaltungskosten niederschlagen. Eine Übersicht zeigt Tab. 3-2. Die in 2014 aufgetretenen Sondereffekte bedingt durch die Migration des neuen Leitsystems wurden bei dieser Aufstellung in Abzug gebracht.

Tab. 3-2: Instandhaltungskosten (Bereinigt um Sondereffekt Leittechnik)

Basisjahre 2011, 2012		
12 Monate	2011	100%
Revisionszyklus	2012	
18 Monate	2013	79%
Revisionszyklus	2014	
Einsparung gegenüber Basis		-21%

Für GKS stellt sich die Verlängerung der Revisionszyklen nach heutigem Stand als sinnvoll heraus. Besonders im Hinblick auf die aktuelle Müllmengenflut die auf die Betreiber hereinstürzt.

4 Effizienzsteigerung durch Reduzierung Eigenstrombedarf

Jeder Kraftwerksbetreiber hat sich, unabhängig ob es sich um eine thermische Abfallbehandlungsanlage oder um ein Kohlekraftwerk handelt, auf die Fahne geschrieben den Prozess möglichst wirtschaftlich zu gestalten.

Somit stellt sich im ersten Ansatz die Frage: Was soll bzw. kann ein Betreiber denn noch alles an Maßnahmen treffen, um den Anforderungen von z.B. ISO 50001 oder EDL-G gerecht zu werden.

Einspar- und Optimierungsmaßnahmen die in der Vergangenheit aus „Eigeninteresse“ realisiert wurden können nur bedingt in Ansatz gebracht werden. Hier ist der Spruch „der frühe Vogel fängt den Wurm“ eher kontraproduktiv.

Energieaudits gemäß DIN EN 16427 betrachten im Vergleich zu Energiemanagementsystemen wie ISO 50001 oder UMS (EMAS) nur bedingt den gesamten Eigenbedarf (Strom und Wärme) einer Anlage.

Das Audit nach dem EDL-G (DIN EN 16427) kann je nach Betreibersicht sehr individuell gestaltet werden. Durch die Verlagerung der Verantwortung hinsichtlich des Detaillierungsgrades auf die Betreiberseite und die definierte 4 Jahresfrist für die erneute Überprüfung / Auditierung erweckt diese Norm den Eindruck der „Alibi-Funktion“.

Andererseits stellt sich für Betreiber die Frage wieviel administrativer Aufwand denn künftig noch zu betreiben ist. Schafft man dieses noch mit den vorhandenen personellen Ressourcen oder muss man sich hier personell verstärken und damit die Effizienz im Personalbereich durch erhöhte Kopfzahl vermindern?

In Abb. 4-1 ist die Stromerzeugung 2014 für das GKS dargestellt. Für das gesamte Grundlastwerk wird ein elektrischer Eigenbedarf von 28 GWh benötigt. Die Übergabe in das öffentliche Netz betrug in 2014 witterungsbedingt lediglich 95 GWh (Historisch üblich 105 GWh).

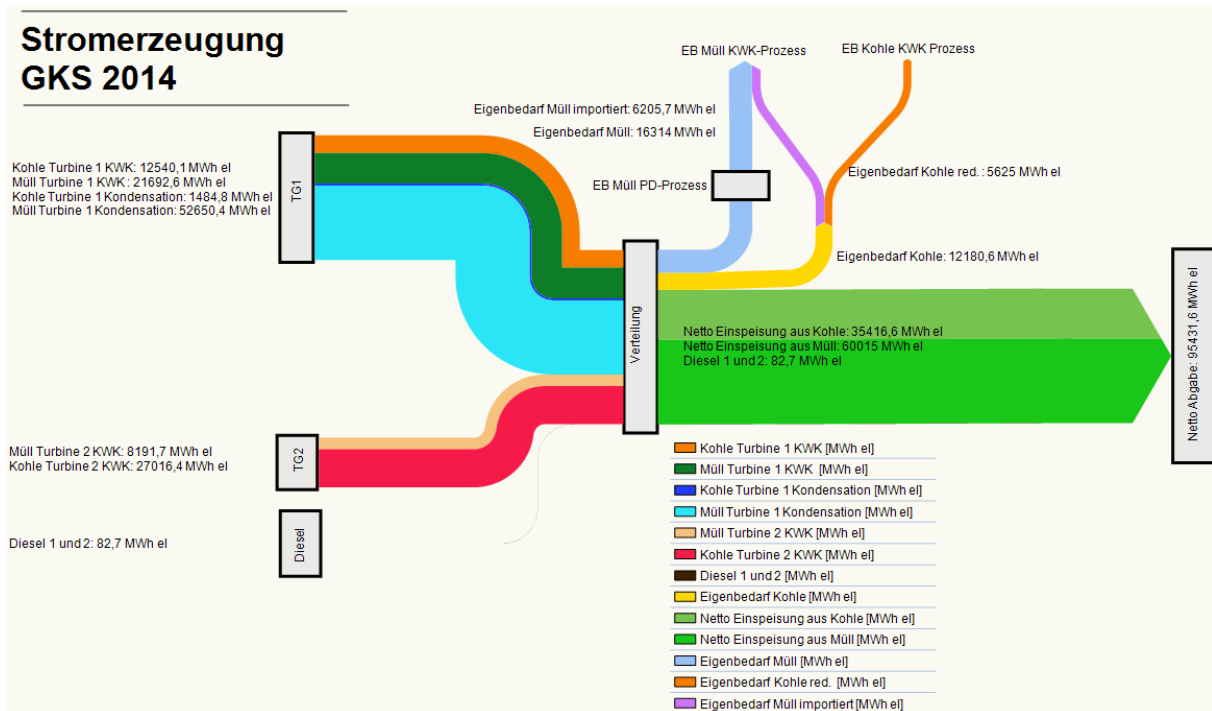


Abb. 4-1: Stromerzeugung 2014

4.1 Mittel- / Niederspannungsverteilung

Die Spannungsverteilung im GKS ist in Abb. 4-2: Übersicht E-Verteilung dargestellt. Sie basiert auf zwei 6 kV Sammelschienen für Kessel 1 und 2 im Kohleteil mit Zuordnung der Generatoren sowie eine über Kuppelschalter getrennte 6 kV Sammelschiene für die drei Mülllinien.

Von den jeweiligen 6 kV Sammelschienen werden, je nach Erfordernis, Antriebe und Verbraucher auf den untergelagerten Spannungsebenen versorgt.

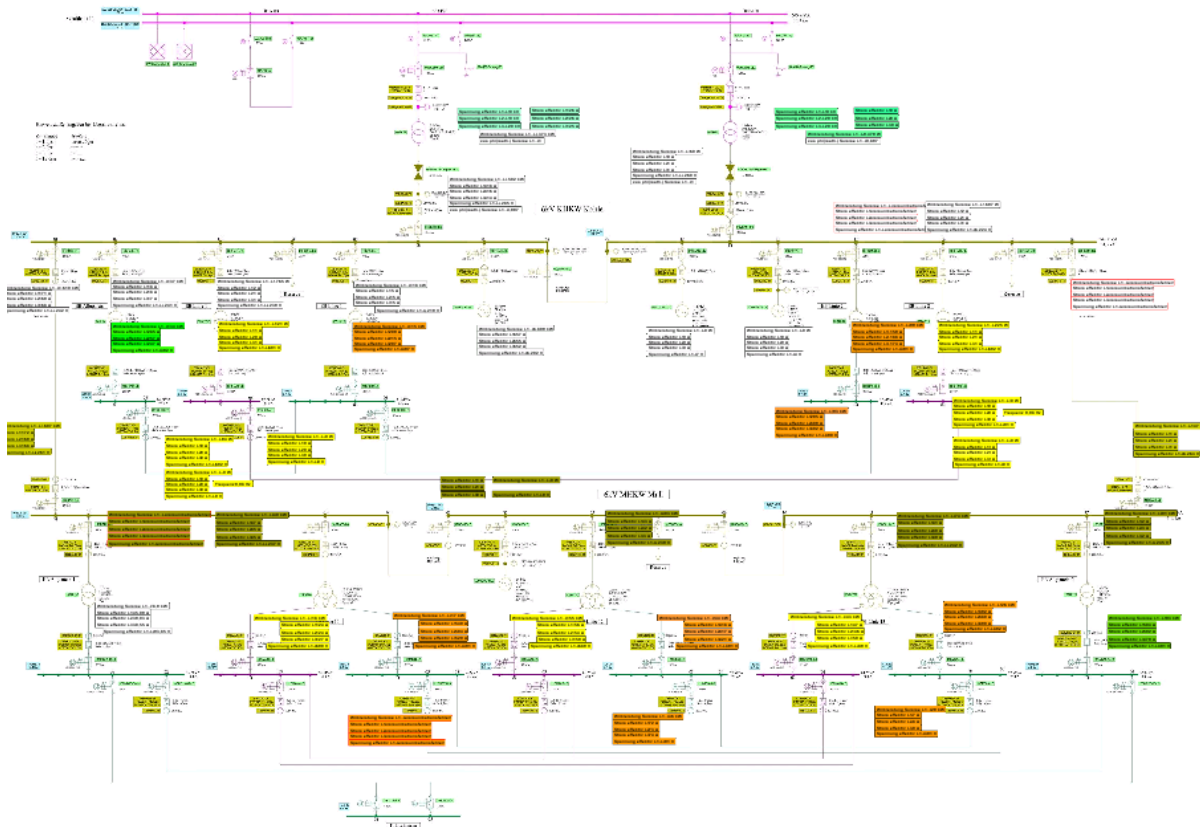


Abb. 4-2: Übersicht E-Verteilung

4.1.1 Messtechnische Energieerfassung

Historisch erfolgte die Energiedatenerfassung durch Handaufschreibungen an den relevanten Zählern der Stromerzeuger und den Hauptverbrauchern auf den 6 kV Sammelschienen. Die Erfassung des Eigenbedarfes am Kraftwerksstandort (Erstinbetriebnahme des Kohleteils 1990) erfolgte durch die Differenzbildung zwischen Summe der Erzeuger und der Übergabemessung an den vorgelagerten Netzbetreiber. Die Energiemenge des Eigenbedarfes des Müllteiles wurde bereits von Anfang an an den beiden 6 kV Kuppelschaltern erfasst.

Seit 2013 wurden im zunehmenden Umfang Messgeräte an relevanten Eigenbedarfsefeldern und Einzelaggregaten ausgetauscht bzw. zusätzlich installiert.

Über Bus-Kopplung werden diese Daten sowohl zur Leittechnik als auch zur weitergehenden Netzanalyse in einer autarken SQL-Datenbank archiviert.

4.1.2 Auswertung Energieerfassung

Bei der Auswertung der erfassten Energiedaten ist darauf zu achten, dass betriebsbedingte Einflüsse beachtet bzw. bereinigt werden.

Nachfolgende Diagramme zeigen einen Monatsvergleich des elektrischen Energiebedarfs des Müllteils an den beiden Einspeisefeldern auf der 6 kV Seite.

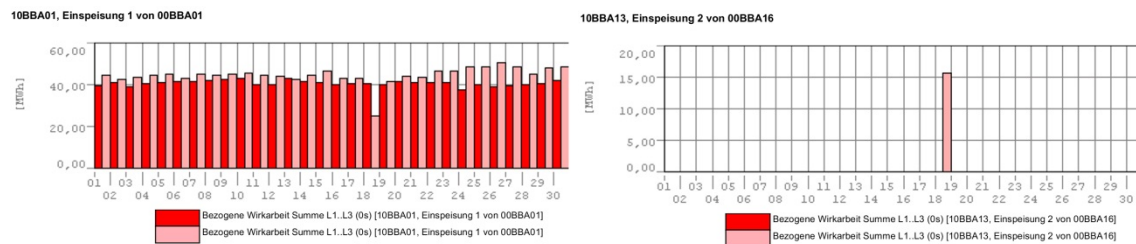


Abb. 4-3: Darstellung Tageswerte über einen Monat

Werden die jeweiligen Monatssummen addiert so zeigt sich eine Reduzierung des Bezuges des Müllteils um rd. 100 MWh (entsprechend 7 %) im Vergleich zum Vorjahreszeitraum (s. Tab. 4-1).

Tab. 4-1: Tageswerte eines Monats 2015 / 2014

Alle Energiewerte in kWh			Alle Energiewerte in kWh		
Tag	Energie April 2015	Energie April 2014	Tag	Energie April 2015	Energie April 2014
01	39680,00	44527,62	01	1,17	1,06
02	40759,30	42375,17	02	1,17	1,09
03	38934,53	43695,11	03	1,07	1,12
04	40372,22	44444,67	04	1,18	1,24
05	41156,61	44987,39	05	1,01	1,90
06	41439,23	42872,32	06	1,07	1,73
07	41402,37	45099,52	07	1,15	1,78
08	41938,95	44556,29	08	1,22	1,66
09	42467,33	45015,55	09	1,25	1,37
10	42909,70	45402,11	10	1,22	1,20
11	39766,02	44652,54	11	1,30	1,22
12	39839,74	44105,73	12	1,22	1,41
13	42911,74	42557,95	13	1,36	1,64
14	41633,79	44601,86	14	1,30	1,58
15	41191,43	46401,54	15	1,41	1,36
16	39882,75	42771,46	16	1,39	1,27
17	40353,79	43023,87	17	1,50	1,14
18	40579,07	24930,30	18	1,36	15635,76
19	40187,90	41582,59	19	1,31	1,17
20	41381,89	44090,88	20	1,34	1,44
21	41166,85	43384,32	21	1,42	1,46
22	41056,26	46613,50	22	1,52	1,58
23	41015,30	46723,59	23	1,38	1,84
24	37560,32	48411,14	24	1,39	2,15
25	39915,52	48252,93	25	1,28	2,26
26	39231,49	50454,53	26	1,36	2,46
27	39395,33	48694,27	27	1,44	2,35
28	39927,81	45072,89	28	1,60	2,21
29	40628,22	48201,73	29	1,46	2,38
30	41768,96	48478,21	30	1,41	2,34
Zusammenfassung	1220454,38	1335981,63	Zusammenfassung	39,25	15683,14

Somit kann man vorerst schließen, dass durch Einspar- und Optimierungsmaßnahmen der elektrische Eigenbedarf reduziert wurde.

Ein Vergleich der Betriebsleistung (s. Tab. 4-2) zeigt, dass zwar die Durchsatzleistung im Vergleich zum Vorjahr gesteigert wurde, allerdings ist die durchgesetzte Brennstoffmenge, Brennstoffwärmeleistung und die Dampfproduktion gegenüber dem Vorjahr niedriger.

Tab. 4-2: Vergleich der Betriebsleistung Monat April 2014 / 2015

April 2014 = Bezugszeitraum									
behandelte Müllmenge (metrisch) Linie 11	behandelte Müllmenge (metrisch) Linie 12	behandelte Müllmenge (metrisch) Linie 13	Summe behandelte Müllmenge (metrisch) [t]	Dampfmenge [t/d; t/Monat]	berechnet Heizwert [kJ/kg]	Müllmenge berechnet bei Heizwert [kJ/kg]	BWL (Monatssummen Mengengewichtet) [MWh]		
5.159	4.818	5.085	15.062	49.823	10.350	8.500	43.292		
April 2015									
behandelte Müllmenge (metrisch) Linie 11	behandelte Müllmenge (metrisch) Linie 12	behandelte Müllmenge (metrisch) Linie 13	Summe behandelte Müllmenge (metrisch) [t]	Dampfmenge [t/d; t/Monat]	berechnet Heizwert [kJ/kg]	Müllmenge berechnet bei Heizwert [kJ/kg]	BWL (Monatssummen Mengengewichtet) [MWh]		
5.203	5.064	5.200	15.467	49.086	9.966	18.092	42.718		
Abweichung		0,9%	5,1%	2,3%	2,7%	-1,5%	-3,7%	-1,3%	-1,3%

Eine Beurteilung der Druckerhöhung über die Saugzuggebläse zeigt, dass der Mittelwert nur unwesentlich voneinander abweicht.

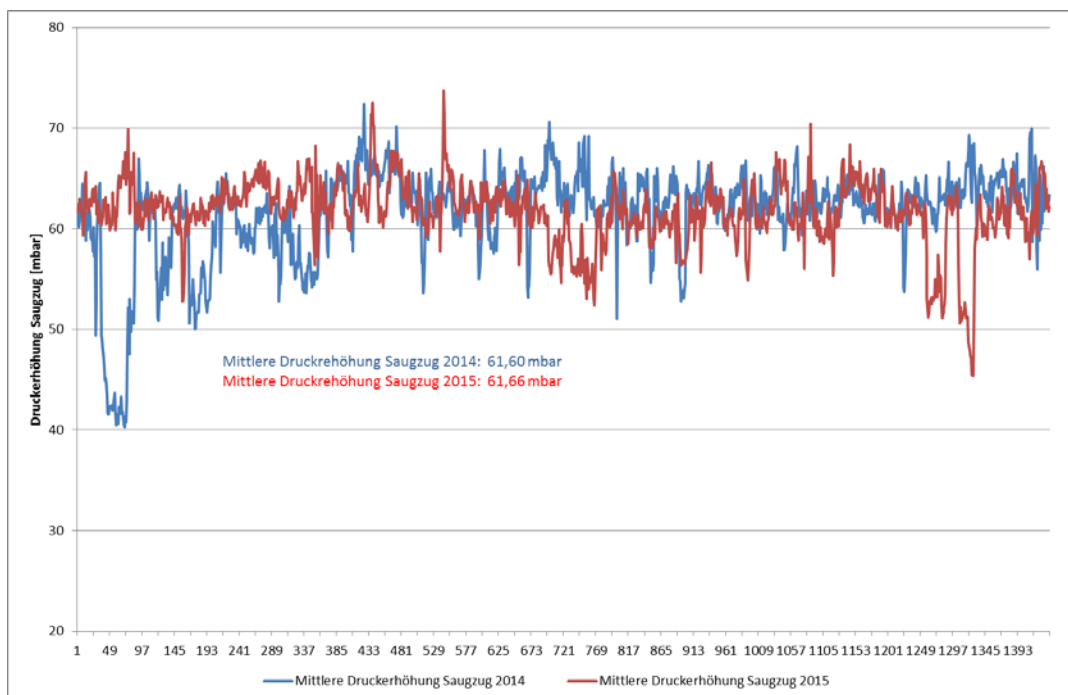


Abb. 4-4: Druckerhöhung Saugzug

4.1.3 Ansätze für Optimierung des Eigenbedarfes

Aufgrund der Schwierigkeit reine Verbrauchswerte miteinander zu vergleichen kann alternativ zu einer übergeordneten Betrachtung der elektrischen Verbraucher zurückgegriffen werden.

Über Verbraucherlisten (die natürlich bei Umbauten und Optimierungen auch gepflegt werden müssen) kann zunächst eine Auswertung über die Leistungsklassen der elektrischen Verbraucher erstellt werden (verl. Abb. 4-5).

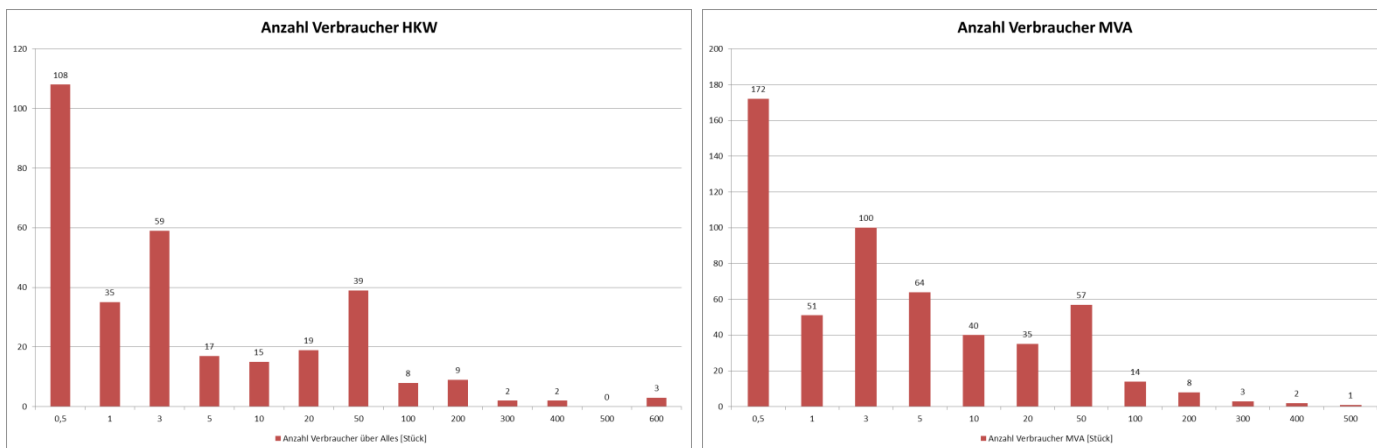


Abb. 4-5: Anzahl Verbraucher in Leistungsklassen

Geht man einen Schritt weiter und selektiert die Verbraucher die keine Motoren (= el. Begleitheizung, USV's, usw.) sowie bereits vorhandene Umrichter-Antriebe heraus (vergl. Abb. 4-6), so erhält man als Differenz eine Aufstellung über die bislang in „Vergessenheit“ geratenen Antriebe mit Optimierungspotential (vergl. Abb. 4-7).

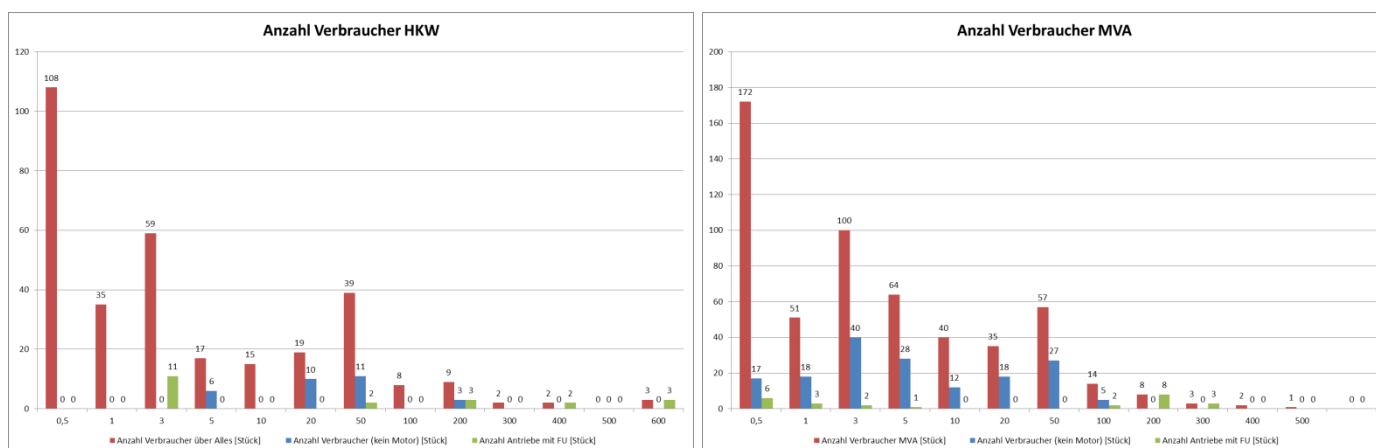


Abb. 4-6: Anteile "nicht Motor" und FU-Antriebe

Selbstverständlich wird man sich nicht sofort auf alle 256 Antriebe im Kohle- bzw. 357 Antriebe im MVA-Teil „stürzen“, sondern sich vorerst auf die Antriebe der größeren Leistungsklassen konzentrieren.

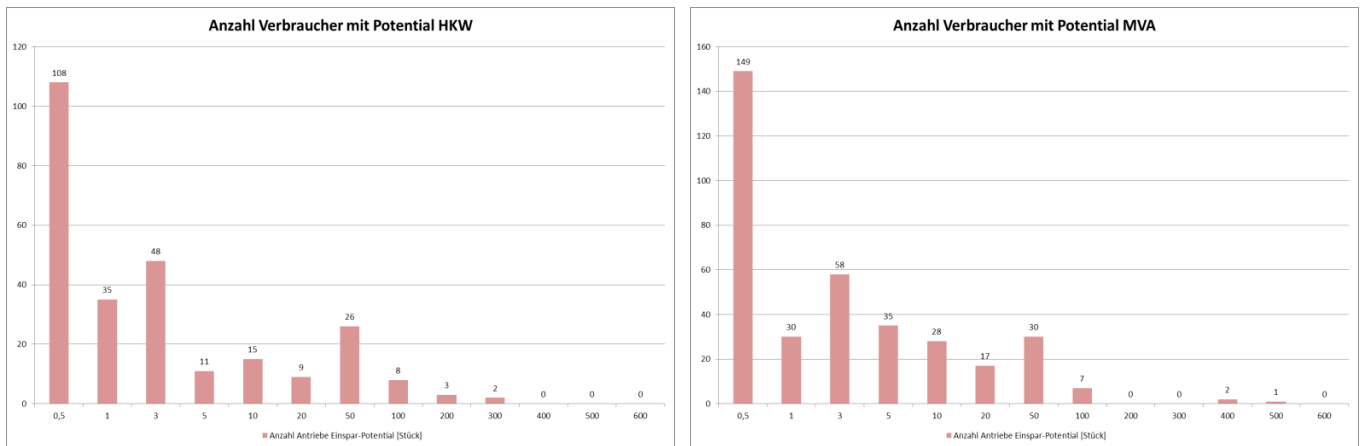


Abb. 4-7: Optimierungspotential - unbewertet -

Grundsätzlich sind die Antriebe mit den geringen Leistungen aber nicht zu vernachlässigen, da hier aufgrund der hohen Wirkungsgradsteigerungen bei den Motoren (IE 3 [IE4] vers. IE 1) das größte Effizienzsteigerungspotential steckt (vergl. Abb. 4-8).

Bewertet man die in den Tabellen Tab. 4-3 und Tab. 4-4 aufgeführten Antriebe nach der jeweiligen Betriebssituation mit Hinblick auf Betriebszeit und Freiheitsgrade im jeweiligen verfahrenstechnischen Prozess (z.B. Pumpen im Rauchgas-Wäscherkreislauf machen in Hinblick auf Nachrüstung von Frequenzumrichtern keinen Sinn – hier kommen nur Motoren mit höheren Effizienzklassen in Betracht) so reduziert sich die Anzahl in diesem Bereich auf relativ wenige Antriebe.

Tab. 4-3: Antriebe mit Leistung > 40 kW (Kohleteil)

Aufstellung "Geradeausantriebe" mit Optimierungspotential			
Aggregat	Spannung	Strom	Leistung
	[V]	[A]	[kW]
Kompressor 1	660	260	250
Kompressor 2	660	260	250
Hauptkühlwasserpumpe 3	380	365	200
Hauptkühlwasserpumpe 2	380	365	200
Hauptkühlwasserpumpe 1	380	365	200
Sammelkondensatpumpe 1	380	140	75
Steuerschrank Kompressor 1	380	140	75
Sammelkondensatpumpe 2	380	140	75
Sammelkondensatpumpe 3	380	140	75
Steuerschrank Kompressor 2	380	140	75
Nebenkühlwasserpumpe 2	380	99	55
Nebenkühlwasserpumpe 3	380	99	55
Nebenkühlwasserpumpe 1	380	99	55
Kühlturmventilator 2	380	86	45
Kühlturmventilator 1	380	86	45

Im Bereich des Kohleteiles sind alle Aggregate für eine Optimierung relevant. Dies gilt auch bzw. gerade weil diese Verbraucher gemeinsam genutzte Komponenten (Kohle- und MVA-Teil) sind; auch wenn der Kohleteil in den Sommermonaten aufgrund des geringeren Wärmeabsatzes nur in „Stand-By“ steht.

Für die Kompressoren wurde Ende 2014 bereits erste Schritte umgesetzt. Hier wurde eine der beiden 250 kW-Maschinen gegen ein neues Aggregat ausgetauscht (vergl. Kap.4.2.3).

Für den Bereich der Nasskühltürme (betreffende Aggregate: Hauptkühlwasser-Pumpen sowie Kühlturmventilatoren) ist es mit einem reinen Austausch der Antriebsstränge gegen Frequenzumrichter und Hocheffizienzmotoren nicht getan. In diesen Bereichen muss die Regelungstechnik ebenfalls überarbeitet und optimiert werden. So sollten dann die Umwälzpumpen in Abhängigkeit der Turbinenkondensattemperatur geregelt werden. Die Kühlturmlüfter über die umgewälzte Kühlwassermenge mit Aufschaltung der Außentemperatur.

Somit beschränkt sich eine Energieoptimierung nicht nur auf das Aggregat an sich, sondern es muss die gesamte Prozesskette incl. eingreifende Folge- bzw. Nebenprozesse betrachtet werden.

Im MVA-Bereich stellen die in Tab. 4-4 markierten Aggregate einen sinnvollen Ansatz für neue Antriebstechnik dar.

Tab. 4-4: Antriebe mit Leistung > 40 kW (MVA-Teil)

Aufstellung "Geradeusantriebe" mit Optimierungspotential			
Aggregat	Spannung	Strom	Leistung
	[V]	[A]	[kW]
LÜFTUNG + KÄLTE	380		410
Speisewasserpumpe 3	660	325	315
Speisewasserpumpe 4	660	325	315
DRULU ST KOMPR 1	380	158	95
DRULU ST KOMPR 2	380	158	95
DRULU ST KOMPR 3	380	158	95
KÄLTEMASCHINE 1	400	180	90
KÄLTEMASCHINE 2	380	180	90
ST ENDL AKTIVKOKS	380	160	80
BRAUCHWASSERPUMPE 2	380	102	55
LÜFTUNGSZENTRALE	380		45
HKL PFÖRTNERHAUS	380		45
VERSPP1 WASCHST2	380	86	45
VERSPP2 WASCHST2	380	86	45
TRUMOT SAUGZUG	380	85	45
VERSPP1 WASCHST2	380	86	45
VERSPP2 WASCHST2	380	86	45
TRUMOT SAUGZUG	380	85	45
VERSPP1 WASCHST2	380	86	45
VERSPP2 WASCHST2	380	86	45
TRUMOT SAUGZUG	380	85	45

Die Bereich Druckluftherzeugung wird im Zusammenhang mit den bereits im Kohle-Teil getroffenen Maßnahmen nach Vorliegen von belastbaren Betriebsdaten weiterverfolgt.

Der Bereich der Kältetechnik liegt aufgrund der Energieeffizienz (Kälte durch Wärme) und Verbot des eingesetzten Kältemittels ohnehin bereits im Focus. Das bislang vorliegende Konzept sieht ein Verbundsystem der bislang autarken Kälte-Systeme des Kohle- und Müllteils in Verbindung mit einem Kältespeicher und einer Absorbermaschine im Grundlastbereich vor.

Nicht relevant sind alle weiteren Aggregate die aufgrund von Anlagen-Randbedingungen aus dem Focus fallen.

- Speisepumpen: Reserveaggregate (Hauptpumpen = Turbo-SPW-PP) somit aufgrund der Betriebszeiten irrelevant.
- Lüftung / Kälte: s.o. (= Verbundsystem)
- Brauchwasserpumpen: Die betrieblichen Lastschwankungen aufgrund Ansteuerung der Hauptverbraucher mittels Magnetventilen sind für Frequenzumrichter-Antriebe zu groß.

4.2 Effizienzsteigerung durch Antriebstechnik

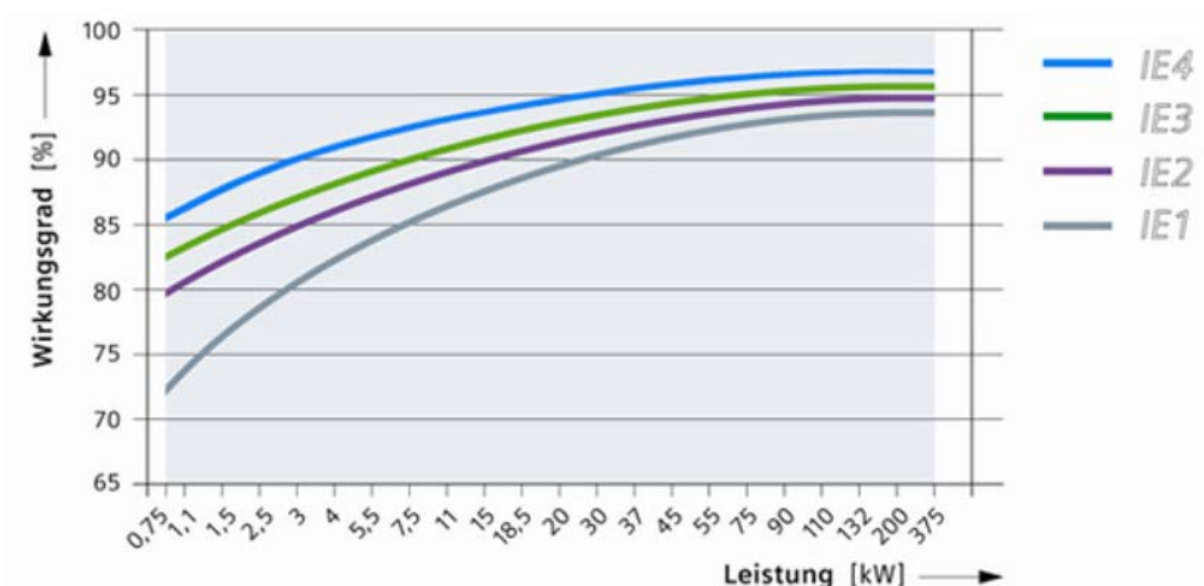
Die rechtlichen Rahmenbedingungen lenken das Augenmerk u.a. immer stärker auf den Wirkungsgrad der Elektroantriebe. Neben den alt bekannten Asynchron- und Synchronmotoren tauchen nun Motoren auf, die zwar seit einigen Jahren verfügbar sind aber bislang nicht in großen Stückzahlen zum Einsatz kamen.

Gemäß der EUP-Richtlinie (Energy using Products) gilt vom 1. Januar 2015 an, dass neue Motoren in den Leistungsklassen zwischen 7,5 bis 375 kW die Standardisierung nach IE3 erfüllen müssen; alternativ Motoren mit IE2 und Frequenzumrichter.

Zum 1. Januar 2017 heißt es dann zusätzlich für alle neuen Motoren ab 0,75 kW: IE3, alternativ IE2 mit Frequenzumrichter.

Die Effizienzklasse IE4 wurde im März 2014 in die *IEC 60034-30-1* aufgenommen.

Abb. 4-8 zeigt den Wirkungsgradverlauf der IE-Klassen über der Motorleistung. Hier wird deutlich, dass das größte Einsparpotential bei den niedrigen Motorleistungen liegt.



Effizienzklassen IE1 bis IE4 nach IEC 60034-30-1

Abb. 4-8: Wirkungsgrade IE 1 - IE4 Motore [Quelle: Siemens]

4.2.1 Austausch Antriebsstrang vers. Frequenzumrichter

Asynchron-Motor (ASM)

Bisheriger Standard-Motor in Effizienzklassen IE1 – IE3 sowie zunehmend IE4.

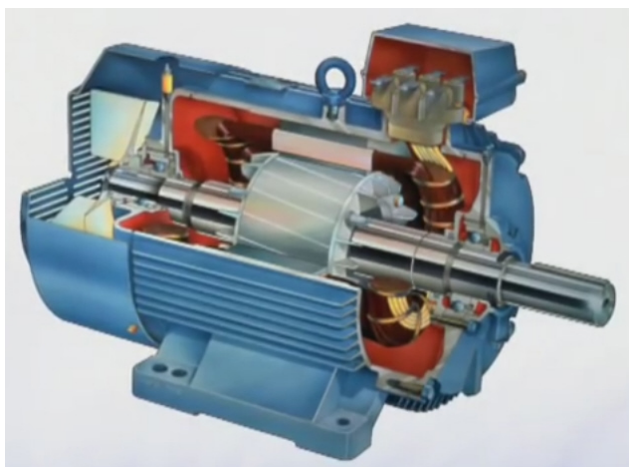


Abb. 4-9: Asynchron-Motor

Die ASM gelten als robuste, standardisierte und kostengünstiges Betriebsmittel (normierte Baureihen). Sie zeichnen sich durch lange Lebensdauer, Wartungsarmut und kurzzeitige starke Überlastbarkeit aus.

Sie sind in IE3- und IE4-Ausführung als hoch-/höchst-effizienter Antrieb (Wirkungsgrad $\eta > 95\%$) erhältlich.

An unseren MVA Linien wurden die Frequenzumrichter der Saugzüge altersbedingt ausgetauscht. An einer Linie erfolgte zusätzlich der Austausch des Motors gegen einen neuen Motor.

Der Anteil der Saugzüge am Eigenbedarf der MVA Linien beträgt bezogen auf die Prozessdampf-Betrachtung ca. 30 %.

In Tab. 4-5 ist eine Gegenüberstellung der alten Umrichterantriebe zu dem in Linie 11 zuerst eingesetzten neuen Umrichter dargestellt. Bei der Betrachtung wurde der geringere Druckverlust der Linie 11 entsprechend hochgerechnet, um eine möglichst gute Vergleichbarkeit zu erreichen.

Tab. 4-5: Auswertung FU alt gegen neu

Bezug	8.100 Std.						
	Frischdampf-menge [t/h]	Stromaufnahme Saugzug [A]	Stromaufnahme /mbar Differenzdruck [A/mbar]	Motorleistung [kW]	Differenzdruck Saugzug [mbar]	Hochrechnung auf gleiches dp wie L 12 und 13	Arbeit [MWh]
L11	23,7	158	2,829	192	56,01	183	1.479
L12	23,6	195	3,012	236	64,78	195	1.579
L13	23,5	197	3,064	239	64,29	197	1.594

Reduzierung der Arbeit [%] **-4,63%**

Neuer Motor noch nicht berücksichtigt

4.2.2 Rohwasserpumpe mit Reluktanz-Motor

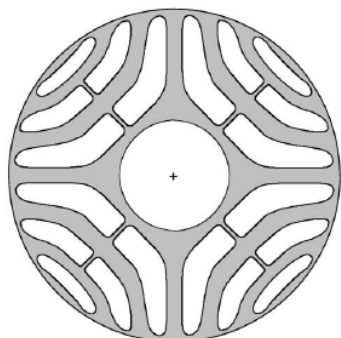
Reluktanz- Synchronmotor (Hersteller: ABB, KSB (Reel))

Der Reluktanz-Synchronmotor ist speziell für drehzahlvariablen Betrieb entwickelt. Er hat einen ausgezeichneten Wirkungsgrad im Paket mit dem speisenden Umrichter und ist besonders für Lastfälle mit quadratischer Drehmomentkennlinie – Pumpen und Lüfter – bestens geeignet.

Die Reluktanz-Synchronmotoren verfügen über einen innovativen Rotor, der mit einem konventionellen Stator kombiniert ist. Der Rotor kommt im Gegensatz zur herkömmlichen Synchronmotor-Konstruktion ohne Magnete oder Wicklungen aus, wodurch es fast keine rotorbedingten Leistungsverluste mehr gibt. Damit steigt nicht nur der Wirkungsgrad, der Rotor läuft außerdem kühler, die Lagertemperaturen sind niedriger und die Zuverlässigkeit der Lager steigt erheblich.

Mit seiner innovativen Rotortechnik (vergl.

Abb. 4-10 bzw. bietet ein magnetloser Reluktanz-Synchronmotor die gleiche Leistung wie ein Permanentmagnetmotor, ist aber so wartungsfreundlich wie ein Asynchronmotor. Seitens der



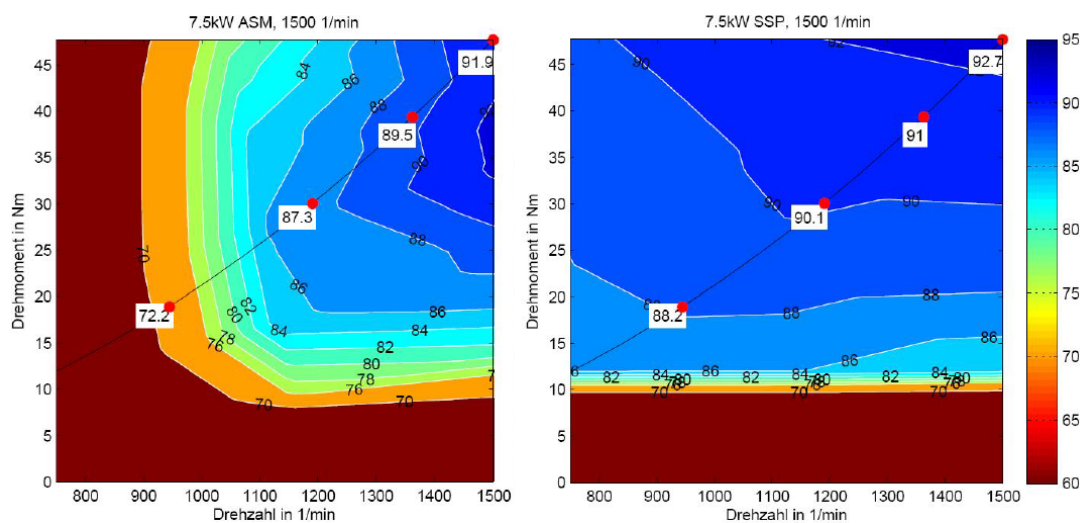
Prinzipskizze der Rotorgeometrie

Hersteller wird angestrebt für diese Motortechnik die gleichen Wellenlagenhöhen (Bauformen) wie bei Asynchronmotoren zu erreichen um eine 1:1 Ersatzvornahme realisieren zu können. Der Reluktanz-Synchronmotor hat die Effizienzklasse IE4 (Super Premium Efficiency). Damit kann die Effizienz von Anlagen erhöht werden, ohne kostenintensive Änderungen der Mechanik vornehmen zu müssen. Einen Vergleich der Wirkungsgrade eines 7,5 kW Motors zeigt Abb. 4-12.

Abb. 4-10: Rotor Blechpaket [Quelle: KSB]



Abb. 4-11: Synchronreluktanzmotor mit FU [Quelle: ABB]



Grafik des Wirkungsgrades [%] als Funktion des Drehmoments und der Drehzahl: Links der IE3-Asynchronmotor (ASM), rechts: SuPremE-Motor (SSP), Beispiel 7,5 kW, Nenndrehzahl 1500 U/min.

Abb. 4-12: Wirkungsgrad bei niedriger Leistungsklasse

Für die Versorgung des GKS mit Prozess-, Kühl- und Zusatzwasser betreiben wir eine Rohwasserentnahme aus dem Main mit anschließender Langsamentcarbonisierung und Kiesfilteranlage. Anschließend erfolgt je nach Einsatzzweck die weitergehende Aufbereitung.

Im Zuge von Sanierungsmaßnahmen am Einlaufbauwerk erfolgte der Austausch der Rohwasser-Tauchpumpen gegen trocken aufgestellte Kreiselpumpen. Im Zuge dessen wurde eine der beiden Pumpen mit einem Reluktanz-Synchronmotor und entsprechendem Frequenzumrichter (jeweils Fabr. ABB) ausgestattet. Die zweite Pumpe wurde mit einem Asynchronmotor (IE3) und bestehendem Frequenzumrichter (Fabr. Lenze) ausgestattet.

Der Betrieb der Pumpen wird kalendertäglich gewechselt. Die Wasserentnahme ist über den Tagesverlauf betriebsbedingt starken Schwankungen unterlegen (z. B. Regeneration VE-Anlage; Kühlturmnachspeisung, ...).

Die mengenbereinigte Auswertung der Leistungsaufnahmen zeigen einen leichten Vorteil des Aggregates mit dem Reluktanz-Synchronmotor (vergl. Tab. 4-6) unter dem Ansatz, dass der gesamte Wasserbedarf pro Jahr vom jeweiligen Antriebssystem gedeckt wird.

Tab. 4-6: Einsparpotential Reluktanz-Motor (Basis Pumpe mit ASM)

Wasserbedarf pro Jahr: 403.000 m³/a

	Antrieb	Fördermenge pro Betriebszyklus m ³	Stromaufnahme kWh	spez. Arbeit kWh/m ³ Wasser	Hochgerechneter Strombedarf kWh/a
Pumpe 1	Reluktanz	1.386	148	0,1068	43.040
Pumpe 2	ASM	1.382	161	0,1165	46.952
Einsparung					8,33%

4.2.3 Kompressor mit HPM Motor und FU

Hybrid-Permanent-Magnet-Motor (HPM-Motor)



Abb. 4-13: HPM Motor mit Verdichter [Quelle: Ingersollrand]

Der Hybrid-Permanent-Magnet-Motor hat vereinfacht gesagt im Statorbereich keine Wicklungen sondern Permanentmagneten. Hierdurch wird gegenüber Asynchronmotoren eine deutlich höhere Leistungsdichte erreicht. Die Motoren bauen somit deutlich kleiner und kommen bis zu einer Leistung von 75 kW ohne Lager im Motorbereich aus.

Somit werden die motorseitigen Verluste gegenüber herkömmlichen Motoren deutlich reduziert. Ein weiterer Vorteil, insbesondere im Einsatzbereich von Kompressoren, liegt darin, dass die Antriebe einen unverzögerten Start-Stopp-Betrieb ohne Probleme verkraften. D.h. bei Kompressoren, dass die Betriebszeiten im Entlastungsbetrieb (Anlauf- und

Nachlaufzeit) zu Null entfallen, da die Motoren keine Einschränkungen hinsichtlich Schaltspiele haben.

Die Druckluftherzeugung im Kohlekraftwerk erfolgte im Grundlastbetrieb über zwei Altas Copco ZR4 Verdichter im Standard Be- und Entlastungsbetrieb (wie alle weiteren installierten Kompressoren im GKS). Bedingt durch den in den Vorjahren geschaffenen Verbund mit dem MVA-Druckluftnetz wurde in der Leittechnik eine einfache Kompressorsteuerung (wesentliche Bestandteile: Be- und Entlastungszeiten, Laufzeitabgleich und Druckhysterese) aufgebaut.

Einen Überblick über die Effizienz des Systems zeigt Tab. 4-7: Bestandsaufnahme DL-System. Die Auswertung beruht auf einer Bestandsaufnahme des Druckluftsystems über einen Zeitraum von einer Woche.

Tab. 4-7: Bestandsaufnahme DL-System

KOMPRESSOR DATEN UND ENERGIEBERECHNUNG														Mittwoch 30.04.2014 - Dienstag 06.05.2014										
Spezifische Leistung:		6,87565 kW/(m3/min)				€/kWh: 0,10 €/kWh				Lastkosten:		95,67 %												
Spezifische Leistung:		0,11459 kWh/m3				P-min: 6,2 bar				Leerlaufkosten:		4,33 %												
Druckluftkosten:		0,01146 €/m3				P-max: 7,0 bar				Gesamtkosten:		5.567,30 €												
Kanal	Kompressor	m3/min		Last kW		kW		Last		Leerlauf		Auslastung %		Schaltungen		Druckluft		Gesamt kWh			Spez. Leist. kWh/m3	Gesamtkosten €		
		min	max	min	max	Leerlauf	h	min	min	Last	Motor	Last	m3	Last	Leerlauf	Gesamt	Last	Leerlauf	Gesamt					
1	AC ZR4 1	38,6		247,22	37,29	35	40	0	1	100,0	1	2	82.604	8.816,2	1,4	8.817,5	0,10674	881,62	0,14	881,75				
2	AC ZR4 2	38,6		251,12	58,74	132	20	0	20	99,7	1	1	306.484	33.231,4	22,8	33.254,3	0,10850	3.323,14	2,28	3.325,43				
3	GA 75 1	10,4		0,00	0,00	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0,0	0,0	0,0		0,00	0,00	0,00				
4	GA 75 2	10,4		0,00	0,00	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0,0	0,0	0,0		0,00	0,00	0,00				
5	IR SSR MH75 1	11,3		78,78	22,27	83	50	60	48	58,0	160	827	56.839	6.604,4	1.504,3	8.108,7	0,14266	660,44	150,43	810,87				
6	IR SSR MH75 2	11,3		78,19	24,15	54	27	15	35	77,7	12	355	36.917	4.257,0	418,5	4.675,6	0,12665	425,70	41,85	467,56				
7	IR SSR MH75 3	11,3		79,83	22,34	4	24	18	47	19,0	130	276	2.983	350,6	466,3	816,9	0,27383	35,06	46,63	81,69				
Summe											304	1.461	485.827	53.259,6	2.413,4	55.673,0	0,11459	5.325,96	241,34	5.567,30				

Relevant sind die Leerlaufkosten, die zwar mit rd. 4,3 % relativ niedrig liegen, aber als unproduktive Kosten in die Wirtschaftlichkeit eingehen. Nachfolgende Abb. 4-14 zeigt einen typischen Lastgang der Verdichter mit Darstellung des Be – und Entlastungsbetriebes.

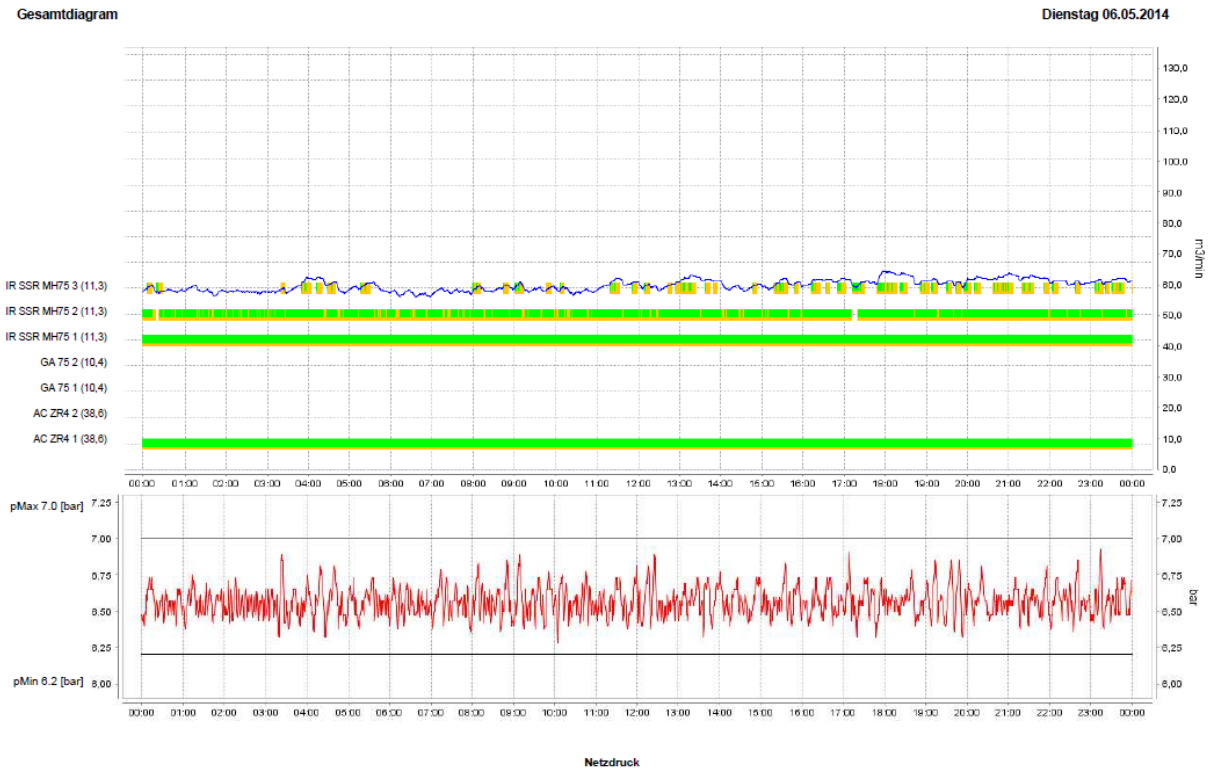


Abb. 4-14: Be- und Entlastungsbetrieb

Aufgrund eines Blockschadens an einer ZR 4 Maschine erfolgte, nach entsprechenden Anfragen und Angebotsauswertungen, der Austausch der Maschine gegen eine frequenzgeregelte Maschine mit einem HPM Motor mit leicht größerer Leistungsklasse.

Der prinzipbedingt bereits drehzahlgeregelte Motor sitzt direkt auf der Verdichterwelle und ist deutlich kleiner als bei Asynchronmaschinen gleicher Leistung. Im Gegensatz zu diesen kann der Permanentmagnet-Motor beliebig oft gestartet werden, d.h. die Maschine muss bei sinkendem Druckluftbedarf nicht im Leerlauf betrieben werden. Daraus sowie durch den konstant hohen Motorwirkungsgrad und die Möglichkeit, unter Last anzufahren und abzuschalten, resultiert eine hohe Energieausbeute.

Der Angebotsvergleich wurde für verschiedene Leistungsklassen über einen Betrachtungszeitraum von 5 Jahren incl. Full-Service Packet erstellt.

Bild / Tabelle Vergleich

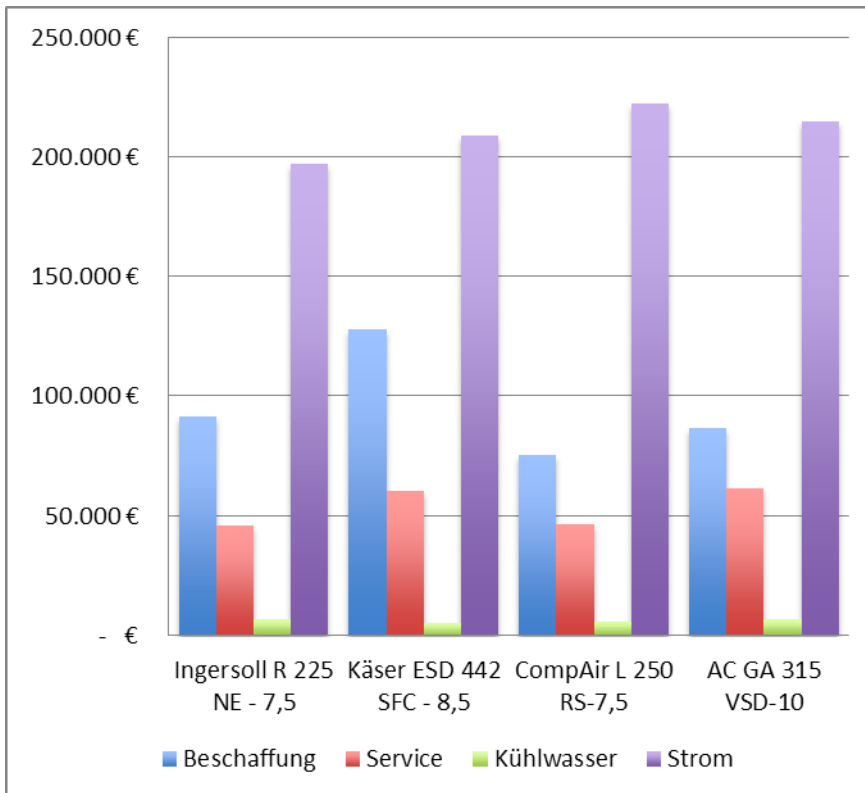


Abb. 4-15: 5 Jahresvergleich Klasse 41 – 50 m³/min

Seit Ende Dezember 2014 ist die neue Maschine in Betrieb und läuft im Regelbetrieb zwischen 35 bis nahezu 100 % Last.

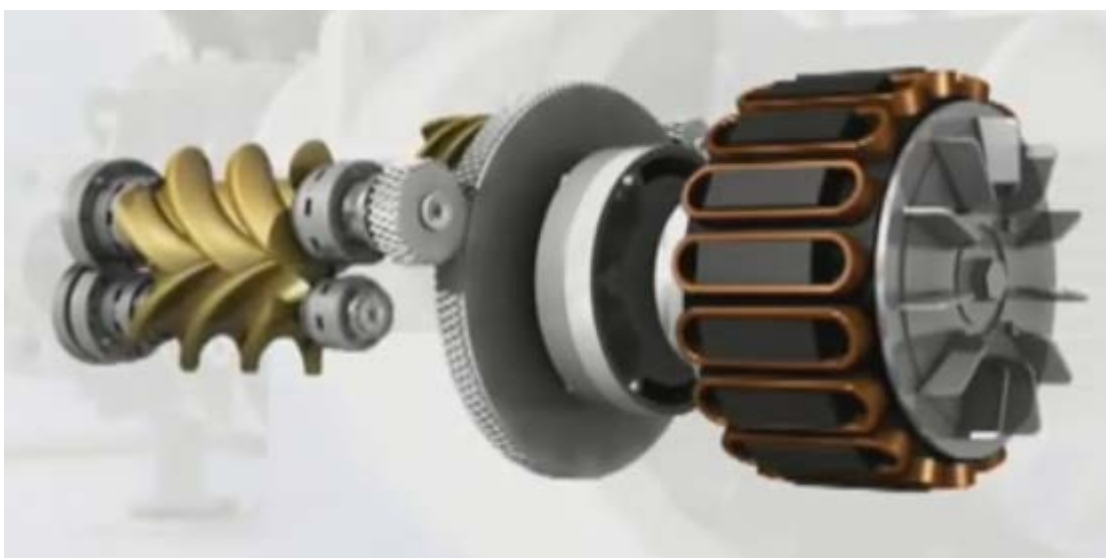


Abb. 4-16: HPM Motor und Schraube

Der wesentliche Vorteil des Verdichters liegt auf der Seite der Drehzahlregelung. Hierdurch wird die Zu- bzw. Abschaltung der weiterhin im Netz installierten Verdichter deutlich reduziert. Der Vorteil des HPM Motors auf Nachlaufzeiten im Entlastungsbetrieb zu verzichten wird mit dieser Maschine natürlich nicht ausgenutzt.

Eine Vergleichsmessung wurde bislang noch nicht durchgeführt, allerdings wurden im Zuge der Bestandsaufnahme Simulationen mit FU-geregelten Verdichtern erstellt. In der Tab. 4-8: Simulation mit IR 160 und FU Tab. 4-8 und in Abb. 4-17 sind die gleichen Zeiträume wie bei der Bestandsaufnahme dargestellt.

Der Leerlaufanteil ist gegenüber der Bestandsaufnahme um über 4 % gesunken.

Tab. 4-8: Simulation mit IR 160 und FU

KOMPRESSOR DATEN UND ENERGIEBERECHNUNG														Mittwoch 30.04.2014 - Dienstag 06.05.2014										
Spezifische Leistung:		6,60913 kW/(m ³ /min)				€/kWh: 0,10 €/kWh				Lastkosten:				99,87 %										
Spezifische Leistung:		0,11015 kWh/m ³				P-min: 6,2 bar				Leerlaufkosten:				0,13 %										
Druckluftkosten:		0,01102 €/m ³				P-max: 7,0 bar				Gesamtkosten:				5.347,78 €										
Kanal	Kompressor	m ³ /min		Last kW		kW		Last		Leerlauf		Auslastung %		Schaltungen		Druckluft		Gesamt kWh			Spez. Leist. kWh/m ³	Gesamtkosten €		
		min	max	min	max	Leerlauf	h	min	min	Last	Motor	Last	m ³	Last	Leerlauf	Gesamt	Last	Leerlauf	Gesamt					
1	AC ZR4 1	38,6	247,22	33,45	0	1	0	40	2,4	2	2	39	4,1	22,3	26,4	0,68445	0,41	2,23	2,64					
2	AC ZR4 2	38,6	251,11	52,69	20	6	0	40	96,8	2	2	46.552	5.047,3	35,1	5.082,4	0,10918	504,73	3,51	508,24					
3	GA 75 1	10,4	75,00	21,75	147	50	0	4	100,0	3	3	92.251	11.087,5	1,4	11.089,0	0,12020	1.108,75	0,15	1.108,90					
4	GA 75 2	10,4	0,00	0,00	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00					
5	IR SSR MH75 1	11,3	0,00	0,00	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00					
6	IR SSR MH75 2	11,3	78,19	21,59	48	40	0	10	99,7	2	2	32.998	3.805,2	3,6	3.808,8	0,11543	380,52	0,36	380,88					
7	IR SSR MH75 3	11,3	79,83	19,97	86	47	0	20	99,6	3	3	58.843	6.927,9	6,7	6.934,6	0,11785	692,79	0,67	693,46					
8	IR R160 ne	8,9	32,0	0,00	0,00	0,00	167	58	0	0	0	254.808	26.536,5	0,0	26.536,5	0,10414	2.653,65	0,00	2.653,65					
Summe										13	13	485.490	53.408,6	69,1	53.477,8	0,11015	5.340,86	6,91	5.347,78					

Gesamtdiagramm

Montag 05.05.2014

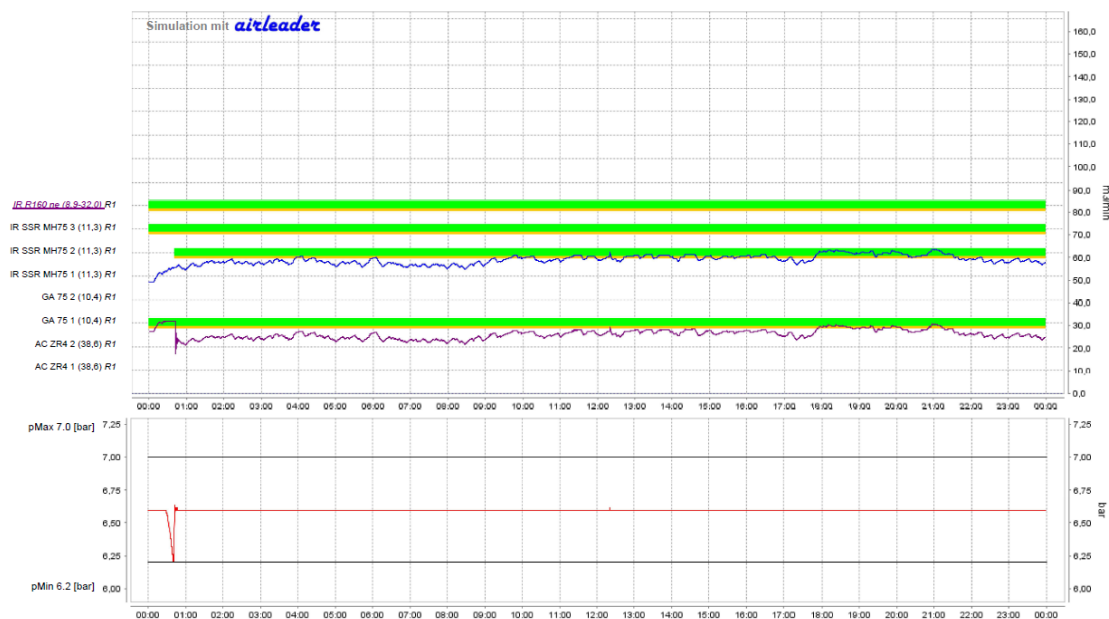


Abb. 4-17: Simulation mit IR 160 und FU

4.3 Energieeffizienz und Ressourceneffizienz

Im Zuge des „Hypes“ zur Energieeffizienz sollte die Ressourceneffizienz nicht vergessen werden. Im GKS versuchen wir diese beiden Aspekte in der Funktion des Ressourcenmanagers zu bündeln, der also gleichzeitig Energiemanagement betreibt. Sieht man sich insbesondere die Wirkungsgrade größerer Motoren an, so sind die Verbesserungen durch effizientere Maschinen teilweise marginal. Demgegenüber darf der Energieeinsatz zur Herstellung der Maschinen nicht vernachlässigt werden. An der Stelle kann „Teufel mit Belzebug“ ausgetrieben werden. Versucht man darüber hinaus auch noch den Materialeinsatz zu bewerten, so steht man vor großen Herausforderungen und eigentlich vor dem Vergleich von Ökobilanzen für jedes Aggregat; wobei Ökobilanzen (auf „Neudeutsch“: Lifecycle Assessment) einer begrenzten Objektivität unterliegen. Derartige Betrachtungen sind in der Regel für Betreiber von Einzelanlagen (z.B. MVA oder kleinere Kohlekraftwerke) nicht leistbar.

Wenn man davon ausgeht, dass etwa 3 % der Produktionskosten Energiekosten sind (wirtschaftsstatistischer Durchschnittswert) und von den etwa 40 % Materialkosten rund 40 % Energiekosten zur dessen Herstellung sind, dann resultieren etwa 20 % der Produktkosten aus Energie. Überschlüssig kann somit überprüft werden, ob eine Maschine mit einem Preis von 1.000 Euro in ihrer Lebensdauer wirklich 200 Euro an Energie (z.B. bei einem Industriestrompreis von 15ct/kWh) einspart.

Ein erstes einfaches Indiz für eine „Über-Energieeffizienzierung“ liegt vor, wenn die Amortisationszeiten der jeweiligen Maßnahme in die Nähe der Lebenserwartung der Maschine kommt.

5 Zusammenfassung

Optimierungsansätze im technischen Bereich z.B. die Dickschichtvernickelung werden sich mit Sicherheit am Markt etablieren und in einiger Zeit immer mehr Beachtung finden. Für die Einsatzfelder im GKS, also sogar bei erhöhten Frischdampfparametern von 65 bar und 435 °C, kann von einer echten Alternative zu konventionellem Cladding ausgegangen werden.

Instandhaltungskonzepte werden immer an unseren Anlagen im Focus stehen. Zumal wenn der Kosten – und Durchsatzdruck weiterhin zunehmen wird. Inwieweit sich z.B. Rechner gestützte Systeme (wie z. B. bereits funktionierende schwingungsbasierende Trendsysteme) zur Schadensvorhersage etablieren werden und wie zuverlässig sich diese erweisen werden wird sich zeigen.

Einsparpotentiale auf der Energieseite auszuschöpfen wird weiterhin ein relevanter Punkt für Betreiber von thermischen Anlagen sein. Die Bewertung der Maßnahmen ist ein Aufwand der nicht unterschätzt werden darf, da hier häufig historisch keine oder ungenügende Daten zur Bewertung vorliegen. Weiterhin sind betriebliche Einflüsse wie z.B. Brennstoff, Verschmutzungsverhalten sowie Sondereffekte bei Instandhaltungsmaßnahmen zu bewerten.