



Mark Reiterer, BSc

**Untersuchung und Konzeption der Einführung
eines Energiemonitoring- und/oder Energiemana-
gementsystems für die Wolfram Bergbau und
Hütten AG am Standort St. Martin im Sulmtal**

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Masterstudium Wirtschaftsingenieurwesen-Maschinenbau

eingereicht an der

Technischen Universität Graz

Betreuer

Dipl.-Ing. Mario Kleindienst

Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Ramsauer

Graz, im Oktober 2014

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

AFFIDAVIT

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources/resources, and that I have explicitly indicated all material which has been quoted either literally or by content from the sources used. The text document uploaded to TUGRAZonline is identical to the present master's thesis.

Graz, am

.....

(Unterschrift)

Danksagung

Diese Masterarbeit wurde bei der Wolfram Bergbau und Hütten AG am Standort St. Martin im Sulmtal verfasst.

Für die Unterstützung bei dieser Arbeit möchte ich mich bei meinem Betreuer seitens der Wolfram AG, Dipl.-Ing. Norbert Wildbacher, bedanken, der mir zu jeder Zeit mit hilfreichen Ratschlägen und Anregungen tatkräftig zur Seite stand. Ebenfalls möchte ich mich bei Thomas Achatz, für die engagierte Mithilfe bei der Datenerfassung am Standort bedanken und bei allen weiteren Mitarbeitern, die einen Beitrag zu dieser Arbeit geleistet haben.

Weiters möchte ich mich bei meinem Betreuer seitens des Instituts für Industriebetriebslehre, Dipl.-Ing Mario Kleindienst, für die umfassende Betreuung während der Erstellung dieser Arbeit bedanken.

Besonderen Dank gilt meinen Eltern Martin und Sophie Reiterer, die mir das Studium durch ihre Unterstützung erst ermöglichten.

Kurzfassung

Die Wolfram Bergbau und Hütten AG ist ein bedeutender Produzent von Wolframmetall- und Wolframcarbid-Pulver.

Am Standort Mittersill wird dazu im betriebseigenen Bergbau wolframhaltiges Gestein abgebaut und am Standort St. Martin gemeinsam mit zugekauften Rohstoffen aus aller Welt verarbeitet. Zusätzlich werden durch Recycling-Aktivitäten Wertstoffkreisläufe geschlossen. Aufgrund energieintensiver Prozesse in der Produktion, steigendem Fokus auf die Energiekosten und der werksinternen Strategievorgabe, die Energieeffizienz des Standortes St. Martin zu verbessern, ist diese Arbeit initiiert worden.

Dazu werden zuerst die Hauptverbraucher von Erdgas, Strom und Wasser auf Kostenstellenbasis ermittelt und in einem Energieflussbild dargestellt. Die vorhandenen Verbrauchs-Aufzeichnungen dieser Kostenstellen werden auf ihre Eignung für Effizienzanalysen überprüft.

Des Weiteren wird der Aufwand für die Einführung eines Energiemonitoringsystems dargestellt sowie der daraus zu erwartende Nutzen. Daneben erfolgt eine Darstellung der rechtlichen Anforderungen, die sich aus dem Bundes-Energieeffizienzgesetz ergeben. Für das Energiemanagementsystems nach ÖNORM EN ISO 50001 wird die Norm ausgearbeitet und mittels spezifischen Beispielen für den Standort ergänzt. Weiters erfolgt neben der Darstellung des Nutzens des Energiemanagementsystems eine Abschätzung des Aufwandes für die Einführung des Systems.

Die Arbeit soll als Entscheidungsgrundlage für die Einführung der beiden Systeme dienen.

Abstract

The Wolfram Bergbau und Hütten AG is an important producer of tungsten metal and carbide powders.

At the site Mittersill tungsten-containing rock is mined in own mining. At the site St. Martin this raw material is processed together with purchased raw materials from all over the world. In addition, valuable material circulations are closed by recycling activities. This work has been initiated due to energy-intensive processes in the production, increasing focus on production costs and the internal strategy to improve the energy efficiency of the site St. Martin.

For this purpose, the main consumer of natural gas, electricity and industrial water of the site St. Martin are determined in the form of cost centers and illustrated in an energy flow diagram. The existing energy data of these main consumers are checked for their suitability for efficiency analysis.

Furthermore, the effort for the introduction of an energy monitoring system will be presented as well as the expected benefit of the system. In addition, the legal requirements of the Bundes-Energieeffizienzgesetz will be presented. The energy management system according to ÖNORM EN ISO 50001 will be elaborated and supplemented with specific examples for the site. Moreover, besides the presentation of the benefits of the energy management system, an estimate of the effort for the introduction of the system will be carried out.

The work is intended to serve as a basis for the decision of introducing the systems.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Wolfram Bergbau und Hütten AG.....	1
1.2	Aufgabenstellung und Zielsetzung	3
1.3	Vorgehensweise.....	4
1.4	Aufbau.....	5
2	Grundlagen zum betrieblichen Energiemanagement.....	6
2.1	Allgemeine Grundlagen der Energie	6
2.1.1	Definition Energie.....	6
2.1.2	Energieumwandlungskette.....	7
2.1.3	Der betriebliche Energiefluss	8
2.2	Einführung in das Energiemanagement	9
2.2.1	Definition Energiemanagement	9
2.2.2	Ziele des Energiemanagements.....	9
2.2.3	Nutzen des Energiemanagements	9
2.2.4	Voraussetzungen für ein effizientes Energiemanagement	11
2.2.5	Das Regelkreismodell	11
2.3	Energiemanagementsystem nach ISO 50001	13
2.3.1	Definition	13
2.3.2	Aufbau.....	14
2.3.3	Gründe für ein EnMaS.....	16
2.3.4	Integriertes Management	16
2.4	Rechtliche Rahmenbedingungen	18
2.4.1	Energie- und Klimapakets der EU.....	18
2.4.2	EU-Richtlinie 2012/27/EU.....	18
2.4.3	Bundes-Energieeffizienzgesetz (EEffG).....	19
2.5	Kennzahlen	23
2.5.1	Energiebezogene Kennzahlen	25
2.5.2	Bildung von Energiekennzahlen.....	26

2.5.3	Verwendung von Energiekennzahlen.....	26
2.6	Energiemonitoring	28
2.6.1	Definitionen	28
2.6.2	Der Weg zu aussagekräftigen Messdaten.....	28
2.6.3	Kontinuierliches EnMo.....	29
2.6.4	Standardisierung von Prozessen	32
2.6.5	Anforderung an die Software eines EnMoS	32
3	Energetische Betriebsanalyse	34
3.1	Energetische Betriebsübersicht.....	34
3.1.1	Verbrauchsübersicht	34
3.1.2	Ermittlung von Hauptverbrauchern.....	38
3.1.3	Energieflussbild.....	42
3.1.4	Betriebsübergreifende Energiekennzahl	43
3.2	Analyse von Hauptverbrauchern	47
3.2.1	Evaluierung der Datenerfassung.....	47
3.2.2	KST 3960 - Dampferzeugungsanlage	50
3.2.3	KST 3710 - Reduktion.....	58
3.2.4	KST 3970 - Wasserstoff- Erzeugung und Reinigung.....	64
3.2.5	KST 372x - Carburierung	68
3.2.6	KST 3920 - Drucklufferzeugung	72
3.2.7	KST 3690 - Natriumsulfatanlage	78
3.2.8	KST 3810 - Betriebs und Bürogebäude	81
3.2.9	KST 3660 - APW.....	83
3.2.10	KST 3700 - Oxidherstellung.....	84
3.2.11	KST 3870 - QSGU/Umwelt.....	86
3.2.12	Zusammenfassung.....	86
4	Konzeptionierung eines EnMo- und EnMaS.....	88
4.1	Energiemonitoringsystem.....	88
4.1.1	Aktueller Stand des EnMoS	88
4.1.2	Humanressourcen.....	89

4.1.3	Datenintegration in das EnMoS.....	89
4.1.4	Ablauf.....	91
4.1.5	Kostenabschätzung für die Einführung eines EnMoS	91
4.2	Energiemanagementsystem nach ISO 50001	94
4.2.1	Integriertes Managementsystem.....	94
4.2.2	Rechtliche Anforderungen.....	95
4.2.3	Zeit und Ablaufplan für die Einführung eines EnMaS	98
4.2.4	Allgemeine Anforderungen.....	99
4.2.5	Verantwortung des Managements	100
4.2.6	Energiepolitik.....	104
4.2.7	Energieplanung	105
4.2.8	Einführung und Umsetzung.....	112
4.2.9	Überprüfung	119
4.2.10	Managementbewertung (Management-Review)	122
4.2.11	Kostenabschätzungen für die Einführung eines EnMaS	124
4.2.12	Einführung eines EnMoS und EnMaS.....	126
5	Zusammenfassung und Ausblick.....	128
6	Literaturverzeichnis	131
7	Internetquellenverzeichnis.....	134
8	Abbildungsverzeichnis.....	135
9	Tabellenverzeichnis.....	137
10	Abkürzungsverzeichnis.....	139
	Anhang.....	140

1 Einleitung

Aufgrund von energieintensiven Prozessen in der Produktion, steigendem Fokus auf die Energiekosten und der werksinternen Strategievorgabe die Energieeffizienz des Standortes zu verbessern, hat sich die Unternehmung Wolfram Bergbau und Hütten AG (WBH) dazu entschlossen, eine Masterarbeit durchzuführen.

1.1 Wolfram Bergbau und Hütten AG

Mit dem im Jahr 1967 entdeckten größten Scheelitvorkommens Europas in Mittersill (Bundesland Salzburg), wurde der Grundstein für das Unternehmen gelegt. Die Gründung der Wolfram Bergbau und Hüttengesellschaft erfolgte im Jahre 1975. Für den Hüttenbetrieb suchte man einen geeigneten Standort, der einige Anforderungen erfüllen musste. Bis in die ersten Jahre der 70er wurde im Gebiet um St. Martin im Sulmtal in der Weststeiermark Kohle abgebaut. Durch diesen Umstand erfüllte dieser Standort bereits viele Bedingungen, die im Endeffekt die Wahl auf St. Martin fallen ließen. Im Jahr 1977 nahm die Hütte in St. Martin im Sulmtal den Betrieb auf. Seit dem Jahr 2009 ist die WBH Teil des Konzerns Sandvik.¹

In Tabelle 1 sind die Eckdaten des Unternehmens zusammengefasst. Die WBH beschäftigt im Moment 348 Mitarbeiter an den Standorten Mittersill und St. Martin, wobei die meisten dieser Mitarbeiter in der Hütte in St. Martin ihre Arbeit verrichten. Die WBH stellt in St. Martin hochreines Wolframmetall- und Wolframcarbid-Pulver her. Dadurch kann die WBH der Pulvermetallurgie-Branche zugeordnet werden.

Unternehmen	Wolfram Bergbau und Hütten AG
Standorte	Mittersill St. Martin im Sulmtal
Gründung	1975
Mitarbeiter ²	84 in Mittersill 264 in St. Martin im Sulmtal
Branche	Pulvermetallurgie
Hergestellte Produkte	Wolframmetall-/Wolframcarbid-Pulver

Tabelle 1: Eckdaten des Unternehmens³

In den Anfängen erfolgte in St. Martin ausschließlich die Aufbereitung des Scheelit-Konzentrates aus Mittersill. Mittlerweile kauft das Unternehmen ergänzend weltweit

¹ Wolfram (2014)

² Vgl. E-Mail Sachbearbeiter, Abteilung TE vom 21.08.2014

³ Wolfram (2014)

Wolfram-Konzentrate zu. Im Jahr 1983 begann das Unternehmen in St. Martin mit Recyclingaktivitäten. Dabei kommen wolframhaltige Abfälle, wie z.B. Metallspäne oder Schleifstäube sowie auch am Ende ihrer Einsatzdauer angelangte wolframhaltige Werkstoffe zum Einsatz, aus denen wiederum Produkte aus Wolfram hergestellt werden können. Damit schließt sich der Wertstoffkreislauf.⁴



Abbildung 1: Die Hütte am Standort St. Martin im Sulmtal⁵

Produktionsprozess am Standort St. Martin im Sulmtal

Um den Produktionsprozess des Standortes darzustellen, zeigt Abbildung 2 die Schrittfolge der Pulver-Produktion. Unter Primärrohstoffen sind wolframhaltige Konzentrate aus dem weltweiten Zukauf und aus Mittersill zu verstehen. Als Sekundärrohstoff bezeichnet man den Rohstoff aus dem Recycling.

In einem ersten Verarbeitungsschritt wird aus den Rohstoffen Wolfram herausgelöst, in weiterer Folge gereinigt und zum hochreinen Zwischenprodukt Ammoniumparawolframat (APW) verarbeitet. Diese Verarbeitungsschritte sind dem Produktionsbereich "Nassaufbereitung" (NA) zugeordnet.

Aus diesem APW erfolgt die Herstellung von Wolframoxid-Pulver (WO_3 -Pulver). Danach gelangt das WO_3 -Pulver in die Reduktion, in der die Erzeugung des Wolframmetall-Pulvers (W-Pulver) stattfindet. Im letzten Schritt wird in der Carburierung ein Gemisch aus W-Pulver und Ruß zu Wolframcarbid-Pulver (WC-Pulver) verarbeitet. Diese

⁴ Wolfram (2014)

⁵ Schmidt (2013) S.6

drei Herstellungsschritte sind in dem Produktionsbereich "Produktion/Arbeitsvorbereitung" (Prod/AV) zusammengefasst.⁶

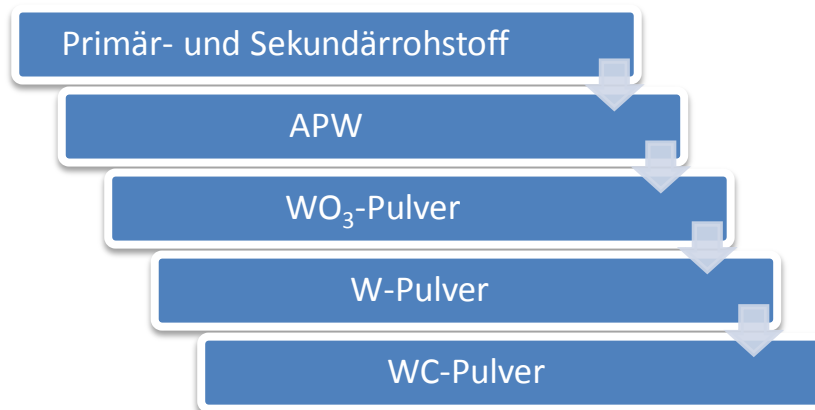


Abbildung 2: Produktionsprozess⁷

Neben den beiden großen Produktionsabteilungen NA und Prod/AV, sind für diese Arbeit noch die beiden Instandhaltungsabteilungen "Elektrik" (EL) und "Mechanik" (ME), die Abteilung "Infrastruktur und Gebäudemanagement" (IGM) sowie die Abteilung "Qualität, Sicherheit, Gesundheit und Umweltschutz" (QSGU) zu nennen. Diese Arbeit entstand überwiegend in der Abteilung "Technik und Engineering" (TE), die durch die Dokumentation und Bewertung von Verbrauchsdaten weitere Maßnahmen zum Aufbau des Energiemanagements am Standort gesetzt hat.

1.2 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Die Medien Erdgas, elektrischer Strom sowie Wasser sollen am Standort St. Martin effizient eingesetzt und der Verbrauch kontinuierlich reduziert werden. Ziel dieser Arbeit ist es, die vorhandenen Aufzeichnungen von Erdgas, Strom und Wasser (Verbrauchswerte, Erzeugnisse etc.) bezüglich Kennzahlen und Einsparungspotentialen durch kontinuierliches Energiemonitoring zu untersuchen. Darüber hinaus sind Konzepte für die Einführung eines Energiemonitoring- und/oder Energiemanagementsystems nach ÖNORM EN ISO 50001 (ISO 50001) zu erstellen. Dazu soll die Arbeit eine Entscheidungsgrundlage für eine mögliche Einführung der Systeme liefern.

⁶ Vgl. WBH-Medienbegleitheft_2002.pdf

⁷ Vgl. WBH-Medienbegleitheft_2002.pdf

1.3 Vorgehensweise

Diese Arbeit unterteilt sich in die drei Phasen Analyse, Gestaltung und Dokumentation, welche in Abbildung 3 dargestellt sind.



Abbildung 3: Phasen der Arbeit

Analyse

In der Analysephase werden die für die Arbeit relevanten Daten und Informationen gesammelt. Diese Phase beginnt mit einer Literaturrecherche, um die theoretischen Grundlagen zum Energiemanagement, Energiemonitoring- und Energiemanagementsystem nach ISO 50001 darzustellen. Anschließend werden die bestehenden energetischen Datenaufzeichnungen untersucht, um Hauptverbraucher in Form von Kostenstellen (KST) in einem Energieflussbild darzustellen. Für das bereits in Grundzügen vorhandene Energiemonitoringsystem ist der aktuelle Stand des Systems bzw. der Datenerfassung zu ermitteln. Der Standort hat bereits ein integriertes Managementsystem implementiert, welches ein Qualitätsmanagement- (ISO 9001), Umweltmanagement- (ISO 14001) und Arbeitsschutzmanagementsystem (OHSAS 18001) beinhaltet. Hierzu werden vorhandene Dokumente aus diesem integrierten Managementsystem für die Einführung eines Energiemanagementsystems nach ISO 50001 analysiert.

Gestaltung

In der Gestaltungsphase werden verfügbare Datenaufzeichnungen der hauptverbrauchenden Kostenstellen näher untersucht, um Kennzahlen zu definieren und festzustellen, bei welchen Kostenstellen sich Einsparungspotentiale durch die kontinuierliche Erfassung von Verbrauchsdaten erwarten lassen. Für das Energiemonitoringsystem werden die zum Aufbau des Systems notwendigen Schritte dargestellt und eine Aufwandsabschätzung durchgeführt. Für das Energiemanagementsystem werden die rechtlichen Vorschriften dargelegt und die Anforderungen aus der Norm, zur Implementierung eines Energiemanagementsystems nach ISO 50001 unter Berücksichtigung der bestehenden Managementsysteme, aufgezeigt. Die Normforderungen werden ausgearbeitet, Beispiele mit Bezug auf den Standort hinzugefügt und der sich daraus ableitende Aufwand für den Standort dargestellt. Abschließend wird eine Entscheidungsgrundlage für die Einführung der beiden Systeme erarbeitet.

Dokumentation

Abgeschlossen wird die Arbeit mit der Dokumentationsphase. In dieser werden die erlangten Kenntnisse zusammengefasst und in eine wissenschaftliche Berichtsform gebracht.

1.4 Aufbau

Nach der Einleitung behandelt Kapitel 2 die Grundlagen zur Energie und zum Energiemanagement. Weiters werden in diesem Kapitel das Energiemanagementsystem nach der Norm ISO 50001, die rechtlichen Rahmenbedingungen für den Standort, Grundlagen zu Kennzahlen sowie das Energiemonitoring betrachtet.

Die Ergebnisse für den Standort sind in Kapitel 3 und 4 zusammengefasst. In Kapitel 3 folgt nach einer energetischen Betriebsübersicht, welche die Ermittlung der Hauptverbraucher auf Basis von Kostenstellen beinhaltet, eine Analyse dieser Kostenstellen. Kapitel 4 beschreibt die Konzeptionierung des Energiemonitoring- und Energiemanagementsystems des Standortes. Abschließend fasst Kapitel 5 die Ergebnisse der Arbeit zusammen und gibt Empfehlungen für das weitere Vorgehen.

2 Grundlagen zum betrieblichen Energiemanagement

Das folgende Kapitel soll zur Darstellung der theoretischen Grundlagen der Arbeit dienen. Auf die allgemeinen Grundlagen der Energie folgt eine Einführung in das Energiemanagement und Energiemanagementsystem nach ISO 50001. Danach werden die rechtlichen Rahmenbedingungen näher betrachtet. Die Kennzahlen und das Energiemonitoring bilden den Abschluss des Kapitels.

2.1 Allgemeine Grundlagen der Energie

Dieser Abschnitt beinhaltet eine Definition der Energie, der Energieumwandlungskette und des betrieblichen Energieflusses.

2.1.1 Definition Energie

Energie stellt eine grundlegende Größe in der Physik dar. Der Begriff leitet sich vom griechischen Wort "energeia" ab, dessen Bedeutung mit "Tätigkeit" oder "Tatkraft" beschrieben werden kann⁸. Die physikalische Definition des Begriffs lautet:⁹

"Energie ist die Fähigkeit eines Systems, Arbeit zu verrichten"

Die Einheit zum Maß der Energie ist das Joule:

$$1 [J] = 1 \left[\frac{kg * m^2}{s^2} \right]$$

Um einen Gegenstand mit der Masse von 0,102 kg einen Meter anzuheben, benötigt man die Energie von einem Joule.

Nach dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik kann Energie in einem abgeschlossenen System weder erzeugt noch vernichtet werden. Lediglich die Umwandlung in eine andere Energieform ist möglich. Jedoch ist die Umwandlung von einer Energieform in eine andere nicht vollständig möglich, das heißt ein Teil der Energie wird immer in eine nicht benötigte Form gebracht. Energie kann in verschiedenen Formen auftreten, dazu zählen unter anderem:¹⁰

- Kinetische Energie
- Potentielle Energie
- Chemische Energie
- Elektrische Energie
- Thermische Energie

⁸ Vgl. Kaltschmitt/Streicher (2009), S.1

⁹ Müller et al. (2009), S.67

¹⁰ Vgl. Zahoransky et al. (2013), S.5

2.1.2 Energieumwandlungskette

Eine weitere Unterscheidungsmöglichkeit von Energie liefert die Anzahl der Umwandlungen in der Energieumwandlungskette, welche in Abbildung 4 dargestellt ist.

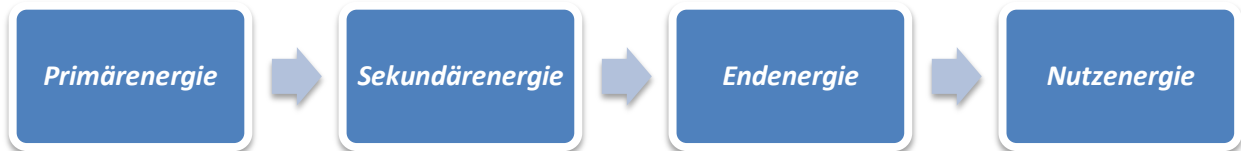


Abbildung 4: Energieumwandlungskette¹¹

Primärenergie ist der Energieinhalt von natürlich vorkommenden Energieträgern, welche noch keiner Umwandlung unterzogen wurden. Beispiele für primäre Energieträger sind fossile Energieträger (z.B. Kohle, Erdöl, Erdgas), solare Einstrahlung, Wasserkraft, Wind, Biomasse, Kernkraft und Erdwärme.¹²

Die *Sekundärenergie* hat bereits eine Umwandlung mit entsprechenden Verlusten hinter sich. In der Regel werden fossile Primärenergieträger in Kraftwerken und Raffinerien in Sekundärenergie gewandelt. Benzin, Diesel und Heizöl gewinnt man aus Erdöl und aus den Energieträgern Erdgas und Kohle erzeugt man Strom bzw. Fernwärme.¹³

Die *Endenergie* ist die vom Energiebezieher erhaltene Energie. Der Energieinhalt wird an der Stelle und zu jenem Zeitpunkt gemessen, an dem der Energieträger physisch in den Besitz des Nutzers übergeht (z.B. Einspeisestelle von Strom und Erdgas an Werkgrenze, Betanken eines Fahrzeuges an Tankstelle).¹⁴

Nutzenergie stellt jene Energie dar, die für die vom Nutzer gewünschte Anwendung eingesetzt wird. Beispiele sind Licht, Kälte oder mechanische Energie.¹⁵

Die Umwandlung von der Primärenergie bis zur Nutzenergie ist meist mit hohen Verlusten behaftet. Daraus ergibt sich der wichtige Fakt, dass die Steigerung der Effizienz umso wirkungsvoller wird, je weiter man sich der Nutzenergie in der Umwandlungskette nähert.¹⁶

¹¹ Vgl. Müller et al. (2009), S.75

¹² Vgl. Müller et al. (2009), S.73

¹³ Vgl. Hesselbach (2012), S.20

¹⁴ Vgl. Müller et al. (2009), S.74

¹⁵ Vgl. Müller et al. (2009), S.74

¹⁶ Vgl. Hesselbach (2012), S.20f

2.1.3 Der betriebliche Energiefluss

Zur Deckung des betrieblichen Energiebedarfs ergibt sich in technischer Hinsicht ein betrieblicher Energiefluss, welcher aus folgenden Teilbereichen besteht:¹⁷

1. Energiebezug

Der Bereich Energiebezug umfasst alle dem Betrieb zugeführten Energieträger. Dies sind sowohl am Markt zugekaufte, als auch die aus der Umwelt aufgenommenen Energieträger.

2. Energieumwandlung und Energieverteilung

Dieser Bereich beinhaltet Prozesse und Anlagen, die zur Umwandlung von zugeführten Energieträgern notwendig sind, um die Energie für die Energieverbraucher verwertbar zu machen. Damit die umgewandelte Energie auch bei den Verbrauchern ankommt, sind Energieübertragungs- und Energieverteilungseinrichtungen erforderlich.

3. Energieverwendung

Die nach innerbetrieblicher Umwandlung und Verteilung zur Verfügung stehende Energie wird dem Produktionsprozess bzw. den Hilfsaggregaten zugeführt und in Nutzenergie umgewandelt.

4. Energieabgabe und Energierückgewinnung

Die abgegebene Energie ist jene, die das System des Energieverbrauchers über dessen Grenzen wieder verlässt. In Abhängigkeit von Qualität und Quantität kann man diese Energie dem betrieblichen Energiefluss wieder zuführen.

Um den betrieblichen Energiefluss grafisch darzustellen, eignen sich Energieflussbilder in der Art von sogenannten Sankey-Diagrammen sehr gut. Diese Energieflussbilder geben in einer anschaulichen und strukturierten Form Auskunft über die einzelnen Energiemengenströme. Je nach Zielsetzung wird in den Energieflussbildern oft der Jahresbedarf eines gesamten Betriebes oder einzelner Fertigungsbereiche, Kostenstellen, Anlagen und Maschinen illustriert.¹⁸

¹⁷ Vgl. Wohinz/Moor (1989), S.37f

¹⁸ Vgl. Wohinz/Moor (1989), S.74ff

2.2 Einführung in das Energiemanagement

Dieser Abschnitt beinhaltet einen allgemeinen Einstieg in das umfassende Themengebiet des Energiemanagements.

2.2.1 Definition Energiemanagement

Die VDI 4602¹⁹ definiert den Begriff Energiemanagement wie folgt:

„Energiemanagement ist die vorausschauende, organisierte und systematisierte Koordinierung von Beschaffung, Wandlung, Verteilung und Nutzung von Energie zur Deckung der Anforderungen unter Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Zielsetzungen“

Das Energiemanagement unterstützt also Handlungen, die sich aus unternehmerischer als auch umweltpolitischer Sicht aus dem Streben nach effizienter Energienutzung ergeben. Grundsätzlich können alle Maßnahmen, die in Zusammenhang mit Verbrauchs- und Emissionsminderung stehen, als Energiemanagement bezeichnet werden.²⁰

2.2.2 Ziele des Energiemanagements

Zielkriterien für das betriebliche Energiemanagement sind:²¹

- **Zuverlässigkeit** durch einwandfreie Bereitstellung von Energie
- **Effizienz** durch ökonomischen Einsatz von Energie
- **Nachhaltigkeit** durch Fokus auf Mitarbeiter und Umwelt
- **Transparenz und Motivation** durch Kommunikation und Schulung

Diese Zielsetzungen spiegeln das Wesen des Energiemanagements sehr gut wieder. Äußerst wichtig ist, dass diese wesentlichen Punkte von der Unternehmensführung mitgetragen werden, denn die Mitwirkung der Führungsetage dient als Basis für ein funktionierendes Energiemanagement.

2.2.3 Nutzen des Energiemanagements

Von großer Bedeutung ist es, den Sinn und den Nutzen eines intakten Energiemanagements zu erkennen. In Abbildung 5 ist der Nutzen des Energiemanagements bildlich dargestellt.

¹⁹ VDI 4602 (2007), S.3

²⁰ Vgl. VDI 4602 (2007), S.3

²¹ Vgl. Engelmann (2008) in Premm (2012), S.27



Abbildung 5: Nutzen des Energiemanagements²²

- **Kostenminimierung**

Aller Voraussicht nach steigen die Energiepreise tendenziell auch in Zukunft weiter an. Dadurch wird es immer wichtiger, energiebezogene Kosten in allen Bereichen auf ein Minimum zu senken. Durch detaillierte Analysearbeiten ergeben sich sehr oft erfolgsversprechende Einsparungspotentiale, die nach einer Umsetzung zur Reduktion dieser Geldaufwendungen beitragen können.

- **Wettbewerbsvorteil**

Dem Unternehmen ein positives Image zu verschaffen ist für nahezu jede Unternehmensführung ein erstrebenswertes Ziel. Um solch einen Ruf zu erzeugen, können die Schlagworte der Stunde, Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung, benutzt werden, um ein erfolgreiches Energiemanagement nach außen hin zu verkörpern. Das Image kann auch bei der Vergabe von Aufträgen entscheidenden Einfluss ausüben. Daneben können eingeführte Energiemanagementsysteme steuerliche Vorteile mit sich bringen, wie am Beispiel Deutschland mit der eingeführten Spitzenausgleich-Effizienzsystemverordnung (SpaEfV) zu erkennen ist.

- **Risikominimierung**

Die ständige Konfrontation mit energetischen Fragestellungen macht Abläufe transparent und bringt damit auch oft Schwachstellen ans Tageslicht. Durch die Beseitigung verhindert man unter Umständen negative Folgen wie Schäden und Unfälle.

²² Vgl. Wohinz (2003), S.192

- Organisationsentwicklung

Managementsysteme stellen sicher, dass Aktivitäten rund um das Thema Energie systematisiert ablaufen. Dazu sind Managementsysteme zyklisch aufgebaut, um eine ständige Verbesserung der aktuellen Lage sicherzustellen. Darum kommt es mitunter zur Sensibilisierung der Mitarbeiter durch die ständige Beschäftigung mit allen Aspekten von Energie.

2.2.4 Voraussetzungen für ein effizientes Energiemanagement

Die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen wird von hemmenden Faktoren beeinflusst, die es für ein effizientes Energiemanagement zuerst abzuklären und abzuschwächen gilt. Solche Faktoren können sein:²³

- Fehlender Überblick bzgl. Potentiale, Energieverbrauch und Effizienzmaßnahmen
- Befürchtung negativer Produkt- oder Prozesseigenschaften (Produktionsausfall, Qualitätsprobleme, etc.)
- Orientierung von Investitionsentscheidungen an kurzen Amortisationszeiten und niedrigen Investitionssummen
- Effizienzmaßnahmen nachrangig aufgrund geringer Energiekosten
- Mangelnder Informationsfluss
- Mangel an prozessspezifischen Detailkenntnissen
- Nachrangige Priorität von Effizienzinvestitionen bei begrenztem Budget (Investitionskonkurrenz)
- Kein spezialisiertes Personal für Energieangelegenheiten

2.2.5 Das Regelkreismodell

Durch das Regelkreismodell, welches in Abbildung 6 ersichtlich ist, soll der Managementaspekt im betrieblichen Energiemanagement hervorgehoben werden.

²³ Vgl. Blesl/Kessler (2013), S.323

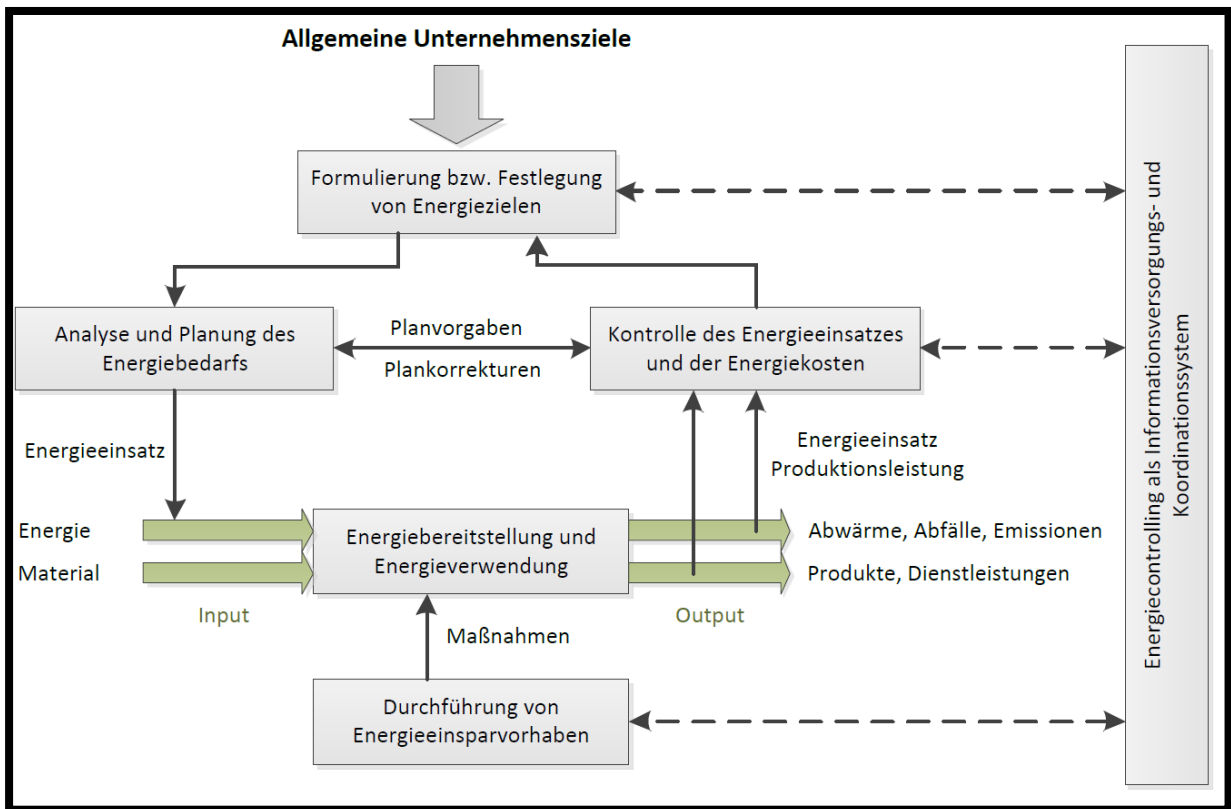


Abbildung 6: Regelkreis des betrieblichen Energiemanagements²⁴

Ausgehend von den Unternehmenszielen werden Energieziele formuliert und daraus weitere Teilaktivitäten abgeleitet.²⁵

- Formulierung und Festlegung von Energiezielen

Basierend auf Informationen aus einer Umfeldanalyse, der Analyse der Energiesituation des Betriebes und Einbezug der Unternehmensziele sind die künftigen Ziele des betrieblichen Energiemanagements zu definieren. Dabei sind grobe Lösungskonzepte und Möglichkeiten zur Erreichung der Ziele aufzuzeigen.

- Analyse und Planung des Energiebedarfs

Aufbauend auf einer energetischen Betriebsanalyse setzt die Energieplanung die Energieziele in materieller und zeitlicher Hinsicht um, koordiniert den Energiebedarf der Produktion mit den Aktivitäten der Energiebereitstellung und ist Grundlage für die Energieflusststeuerung und Energieflusskontrolle.

²⁴ Vgl. Wohinz/Moor (1989), S.43

²⁵ Vgl. Wohinz/Moor (1989), S.44f

- Bereitstellung und Verwendung der Energie

Darunter ist die eigentliche Versorgung des Betriebes durch Bereitstellung, Umwandlung, Verteilung und Verwendung von Energie bzw. Energieträgern zu verstehen.

- Kontrolle des Energieeinsatzes und der Energiekosten

Zweck der Kontrolle des Energieeinsatzes ist es, durch Gegenüberstellung von Soll-Zustand und Ist-Zustand, den Grad der Zielerreichung zu messen und somit die Basis für Steuerungs- und Korrekturmaßnahmen zu liefern.

- Durchführung von Energieeinsparvorhaben

Zur Sicherstellung von regelmäßigen Verbesserungen im Regelkreis stellt die Durchführung von Energieeinsparmaßnahmen eine zweckmäßige Ergänzung dar.

- Energiecontrolling

Das Energiecontrolling stellt eine Servicefunktion des Regelkreismodells dar, hält Planungs- und Kontrollprozesse in Gang und stellt die benötigten Informationen bereit.

2.3 Energiemanagementsystem nach ISO 50001

Dieses Kapitel behandelt das Energiemanagementsystem (EnMaS) nach der Norm ISO 50001. Auf Definition und Aufbau folgen die Gründe für ein EnMaS sowie das integrierte Management.

2.3.1 Definition

Innerhalb der Norm ISO 50001²⁶ wird als Definition eines Energiemanagementsystems die *„Gesamtheit miteinander zusammenhängender oder interagierender Elemente zur Einführung einer Energiepolitik und strategischer Energieziele sowie Prozesse und Verfahren zur Erreichung dieser strategischen Ziele“* verwendet.

Diese Norm möchte Organisationen ermöglichen, Systeme und Prozesse aufzubauen, welche zur Verbesserung der energiebezogenen Leistung, der Energieeffizienz, des Energieeinsatzes und des Energieverbrauchs beitragen²⁷. Die Norm enthält keine quantifizierbaren Forderungen an die Energieeffizienz, sondern gibt nur vor, dass das Gesamtsystem nach dem Konzept der kontinuierlichen Verbesserung ablaufen soll.

²⁶ ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.3

²⁷ Vgl. ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.5

2.3.2 Aufbau

Das EnMaS nach ISO 50001 basiert, auf den PDCA-Zyklus nach Deming, der in Abbildung 7 dargestellt ist. Dieser Kreis stellt den Ablauf des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses dar, welcher auch in anderen Managementsystemen zur Anwendung kommt. Die vier Schritte des Zyklus können wie folgt beschrieben werden:

- Plan (Planen)
Aufbauend auf die Festlegung der Bilanzgrenze, der energetischen Analyse und der Definition der energetischen Ausgangsbasis werden Energieziele, Energieleistungskennzahlen sowie Aktionspläne mit Maßnahmen und Regelungen unter Berücksichtigung der Energiepolitik zur Verbesserung der energetischen Leistung festgelegt²⁸.
- Do (Ausführen)
Abläufe des Managementsystems werden eingeführt und aufrechterhalten. Die beschlossenen Maßnahmen aus der Planung werden umgesetzt.
- Check (Überprüfen)
Die Umsetzung der Maßnahmen und Grad der Zielerreichung werden überwacht, quantifiziert und dokumentiert.
- Act (Verbessern)
Durch Zusammenfassung der Ergebnisse der eingeführten Maßnahmen und deren Bewertungen, können neue Möglichkeiten zur Verbesserung der Energieleistung abgeleitet und neue Ziele festgelegt werden.

Nach Durchlauf dieser 4 Schritte beginnt der Zyklus von neuem.

²⁸ Vgl. ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.5

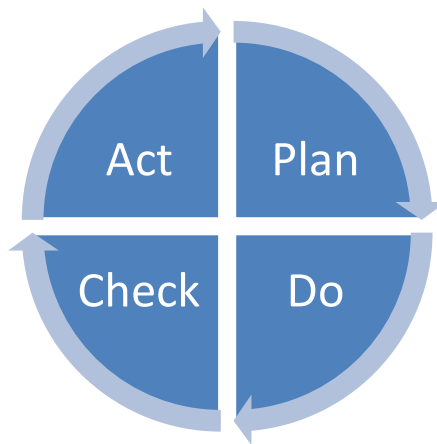


Abbildung 7: PDCA-Zyklus²⁹

Abbildung 8 zeigt die Module der ISO 50001. Die Formulierung der Energiepolitik legt die grundsätzliche Richtung fest, in die sich das Unternehmen hinbewegen soll. Darauf folgt die Energieplanung, aus der konkrete Maßnahmen hervorgehen, die in der Einführung und Umsetzung verwirklicht werden. Eine kontinuierliche Kontrolle stellt die Zielerreichung sicher. Aus den Ergebnissen der Überwachung und dem Managementreview gehen Optimierungsmöglichkeiten hervor, die in das System eingepflegt werden.

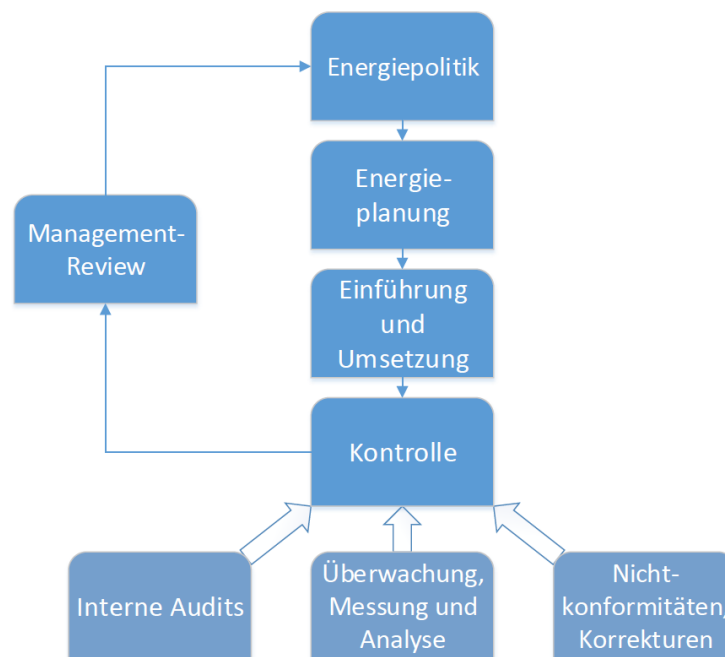


Abbildung 8: Module der ISO 50001³⁰

²⁹ Vgl. ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.5

³⁰ Vgl. ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.6

2.3.3 Gründe für ein EnMaS

Bei den Gründen für die Einführung eines Energiemanagementsystems ist vorrangig die Reduktion der Energiekosten anzuführen. Dabei geht dieser Vorgang Hand in Hand mit der Steigerung der Energieeffizienz. Vor allem energieintensiven Unternehmen bietet dieses System erhebliche Chancen zur Einsparung. Der systematische Ansatz setzt eine dauerhafte Beschäftigung mit dem Thema Energie in allen Hierarchieebenen voraus.

Eine Marktstudie im Jahr 2012 zeigte, dass die meisten nach ISO 50001 zertifizierten Unternehmen aus den energieintensiven Branchen Metall, Maschinen- und Fahrzeugbau, Chemie, Papiererzeugung etc. kommen. Weiters sind 62 Prozent der zertifizierten Unternehmen große Unternehmen mit einer Anzahl von über 250 Mitarbeitern. Ungefähr die Hälfte dieser 62 Prozent ist in energieintensiven Branchen tätig. Daneben stehen im Vergleich zu den großen Unternehmen den kleineren und mittleren Unternehmen oft nicht die personellen, finanziellen und zeitlichen Ressourcen zur Verfügung.³¹

Mittels gesamtheitlicher Betrachtungsweise bei Energiefragen und den damit verbundenen kontinuierlichen Verbesserungsprozessen, können Energiekosten nachhaltig gesenkt werden. Durch wiederkehrende Schulungen und Möglichkeiten zur Beteiligung stellt sich bei den Mitarbeitern eine gewisse Sensibilität bezüglich Energie ein, die erhebliche Vorteile für ein Unternehmen haben kann.

Weitere wichtige Sachverhalte in der heutigen Zeit sind die Schonung der Ressourcen der Erde und der allgegenwärtige Umweltgedanke. Ein EnMaS stellt das Unternehmen nach außen hin als ein in die Zukunft blickendes und Verantwortung übernehmendes Gebilde dar. Der spürbare Wandel des Klimas unterstreicht die Wichtigkeit dieses Aspekts.

Mit der Einführung unterstützt das Unternehmen die Zielerreichung der Regierung, welche sich zu Einsparungen an CO₂-Emissionen und Energie verpflichtet hat und von der EU auch gefordert wird.

2.3.4 Integriertes Management

Durch den Einsatz von integrierten Managementsystemen ergeben sich einige Vorteile für ein Unternehmen. Durch die Vermeidung von parallel laufenden Systemen kann man identische Abläufe und Tätigkeiten zusammenfassen und den Blick auf ein gemeinsames Ganzes richten. Darüber hinaus reduzieren sich der Aufwand und die

³¹ Vgl. Soyka (2012), S.63ff

Komplexität durch z.B. klare Verantwortlichkeiten und Schnittstellen, gemeinsame Dokumentation und durch gemeinsam durchgeführte interne Audits. Es gelingt durch klare Strukturen widerspruchsfreie Kommunikation zu ermöglichen, nach innen sowie nach außen.³²

Managementsysteme bauen für unterschiedliche Zwecke, wie z.B. Qualitäts-, Sicherheits- und Umweltmanagementsysteme, auf den PDCA Zyklus der kontinuierlichen Verbesserung auf. Durch teils vergleichbare Anforderungen können Erfahrungen und Strukturen des Unternehmens für das Energiemanagement verwendet werden. Für Unternehmen, die bereits ein Umweltmanagementsystem nach ISO 14001 installiert haben, ist der Zusatzaufwand eher gering, da ca. 60 bis 70 Prozent der Strukturen und eine Vielzahl von Anforderungen bereits umgesetzt sind. Dadurch wird eine Integration des EnMaS erleichtert.³³

Eine Untersuchung zeigte, dass 82 Prozent der nach ISO 50001 zertifizierten Unternehmen auch über ein Qualitätsmanagementsystem nach ISO 9001 verfügen. Nahezu 60 Prozent der ISO 50001 zertifizierten Unternehmen haben durch die Zertifizierung eines Umweltmanagementsystems nach ISO 14001 Erfahrungen mit einer strukturierten und ressourcenschonenden Umweltpolitik. Daher liegt es nahe, dass die Anstrengungen zur Schonung der Umwelt durch ein EnMaS auf energetische Fragestellungen erweitert werden. Neben den drei genannten Managementsystemen haben 18 Prozent der Unternehmen auch das Arbeitsschutzmanagementsystem nach OHSAS 18001 implementiert. Diese Unternehmen kommen weitestgehend aus energieintensiven Branchen und der verarbeitenden Industrie, da hier durch die höhere Unfallhäufigkeit der Arbeitsschutz mehr in das Gewicht fällt.³⁴

Grundsätzliche Ziele von Managementsystemen sind:

- ISO 9001: Fokus auf den Kunden
- ISO 14001: Fokus auf die Umweltauswirkungen
- ISO 50001: Fokus auf die Verbesserung der energiebezogenen Leistung

³² Vgl. BStMWIVT (2003), S.8

³³ Vgl. EDW (2011), S.15

³⁴ Vgl. Soyka (2012), S.67ff

2.4 Rechtliche Rahmenbedingungen

Dieser Abschnitt zeigt den Werdegang vom Energie- und Klimapaket der EU bis zum österreichischen Bundes-Energieeffizienzgesetz mit dessen Forderungen und Zielen.

2.4.1 Energie- und Klimapaket der EU³⁵

Im Jahre 2008 verabschiedete die Europäische Union das Energie- und Klimapaket und sieht für das Jahr 2020 nachstehende Ziele vor:

- mindestens 20 Prozent der ausgestoßenen Treibhausgase gegenüber dem Jahre 1990 zu reduzieren
- 20 Prozent Anteil an erneuerbarer Energie am Gesamtverbrauch zu erreichen
- 20 Prozent mehr Energieeffizienz

Aufgrund dieser Zieldefinitionen ist Österreich dazu verpflichtet:

- den Anteil erneuerbarer Energieträger am Bruttoendenergieverbrauch bis 2020 auf 34 Prozent zu erhöhen
- die Treibhausgasemissionen bis 2020 um mindestens 16 Prozent bezogen auf 2005 zu reduzieren

Im europäischen Kontext soll:

- die Energieeffizienz bis 2020 um 20 Prozent im Vergleich zum Referenz-Szenario erhöht werden

Aus diesen Forderungen entstand eine Energiestrategie für Österreich, die unter anderen Maßnahmen zur Erreichung der Ziele eine Stabilisierung des Endenergieverbrauchs auf dem Niveau von 2005 anstrebt.

2.4.2 EU-Richtlinie 2012/27/EU³⁶

In der von der EU-Kommission im November 2010 vorgestellten "Energiestrategie 2020" wurde das Energieeffizienzziel in den Mittelpunkt der Energiestrategie der Europäischen Union bis 2020 gestellt. 2011 sah die EU jedoch Handlungsbedarf, da das Ziel der Steigerung der Energieeffizienz mit dem bisherigen Kurs nicht erreicht werden würde.

Dazu trat im Dezember 2012 die neue Richtlinie 2012/27/EU in Kraft um sicherzustellen, dass das übergeordnete Energieeffizienzziel der Union von 20 Prozent bis 2020

³⁵ Vgl. BmWFJ (2010), S.18

³⁶ Vgl. RL 2012/27/EU (2012), S.1ff

erreicht wird und weitere Effizienzverbesserungen für den darauf folgenden Zeitraum vorzubereiten. Konkrete Forderungen sind unter anderem:

- Festlegung eines nationalen Energieeffizienzziels bezogen auf Primärenergie- oder den Endenergieverbrauch für 2020
- 3 Prozent der Gesamtfläche an Gebäuden, die sich im Eigentum der Zentralregierung befinden, müssen jährlich renoviert werden
- Einsparungsverpflichtung von 1,5 Prozent pro Jahr
- Förderprogramme für Energieaudits
- Erhöhung der Energieeffizienz bei der Energieumwandlung, -übertragung und -verteilung
- Angemessene Information und Beratung für Energieverbraucher

2.4.3 Bundes-Energieeffizienzgesetz (EEffG)

Um die Forderungen der Richtlinie 2012/27/EU zu erfüllen, ist die Umsetzung in das nationale Recht erforderlich. Bei Richtlinien ist das Erreichen des festgelegten Ziels für jede Nation verbindlich, jedoch können die jeweiligen Mittel zur Erreichung selbst gewählt werden.

Mit dem Bundes-Energieeffizienzgesetz werden die Auswirkungen für Österreich konkretisiert. Die Regierungsvorlage wurde im Juli 2014 vom Nationalrat beschlossen.

Durch das Gesetz wird die Richtlinie 2012/27/EU zur Energieeffizienz, zur Änderung der Richtlinie 2009/125/EG und zur Aufhebung der Richtlinien 2004/8/EG und 2006/32/EG umgesetzt.³⁷

Energiemanagement bei Unternehmen³⁸

Das Energieeffizienzgesetz stellt für Unternehmen einige verpflichtende Regelungen auf. Endenergieverbrauchende Unternehmen haben für die Jahre 2015 bis 2020, abhängig von ihrer Größe, Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz zu setzen, zu dokumentieren und der nationalen Energieeffizienz-Monitoringstelle zu übermitteln. In Kraft treten die Bedingungen für Unternehmen mit 1. Jänner 2015.

Unternehmen werden nach ihrer Größe kategorisiert.³⁹

³⁷ Vgl. EEffG (2014), S.3

³⁸ Vgl. EEffG (2014), S.7ff

³⁹ Vgl. EEffG (2014), S.5

- Große Unternehmen: Nicht kleine oder mittlere Unternehmen
- Mittlere Unternehmen: Höchstens 249 Beschäftigte und mit Umsatz von maximal 50 Millionen Euro oder Bilanzsumme von maximal 43 Millionen Euro
- Kleine Unternehmen: Höchstens 49 Beschäftigte und mit Umsatz von maximal 10 Millionen Euro oder Bilanzsumme von maximal 10 Millionen Euro

Große Unternehmen haben die Wahl zwischen der Durchführung eines externen Energieaudits, das zumindest alle 4 Jahre stattfinden muss, und der Einführung eines Managementsystems. Bei dem Managementsystem kann gewählt werden zwischen:

- einem zertifizierten Energiemanagementsystem in Übereinstimmung mit der Norm EN 16001 oder der ISO 50001 oder entsprechender Nachfolgenorm
- einem zertifizierten Umweltmanagementsystem gemäß ISO 14000 oder entsprechender Nachfolgenorm oder gemäß Artikel 13 der Verordnung (EG) Nr. 1221/2009 über die freiwillige Teilnahme von Organisationen an einem Gemeinschaftssystem für Umweltmanagement und Umweltbetriebsprüfung
- einem Energiemanagement- oder Umweltmanagementsystem gleichwertigen, innerstaatlich anerkannten Managementsystems

Die Einführung des Managementsystems ist zu dokumentieren und aufrechtzuerhalten. Daneben muss das Managementsystem ein regelmäßiges internes oder externes Energieaudit im Einklang mit den geforderten Qualitätsstandards enthalten, die nachfolgend noch angeführt sind. Der Anwendungsbereich und die Grenzen des Managementsystems sind festzulegen und zu dokumentieren.

Fällt die Wahl nicht auf ein Managementsystem, sondern auf das externe Energieaudit, so sind die Durchführung und die Ergebnisse dieses Audits zu dokumentieren. Die Einführung des Managementsystems oder die Durchführung des Energieaudits mitsamt den Inhalten und daraus gewonnenen Erkenntnissen sind der nationalen Energieeffizienz-Monitoringstelle mitzuteilen.

Große Unternehmen haben bis Ende Jänner 2015 Zeit eine Erklärung bei Einführung eines Managementsystems abzugeben. Ansonsten muss bis Ende November 2015 erstmals ein externes Energieaudit durchgeführt werden. Die vollständige Einführung des Managementsystems hat innerhalb von 10 Monaten nach Abgabe der Erklärung zu erfolgen.⁴⁰

Für kleine und mittlere Unternehmen bestehen keine Verpflichtungen. Diese können nach Möglichkeit:

⁴⁰ Vgl. EEffG (2014), S.21f

- eine Energieberatung durchführen und diese zumindest alle 4 Jahre wiederholen
- die Durchführung der Energieberatung und die Ergebnisse dokumentieren
- die Durchführung der Energieberatung mit den Inhalten und Erkenntnissen der Energieeffizienz-Monitoringstelle mitteilen

Das Gesetz legt verpflichtende Energieeinsparungen nur für Energielieferanten fest. Für Unternehmen bestehen keine Einsparungsverpflichtungen.

Qualitätsanforderungen an den Energieauditor⁴¹

Personen, die eine Energiedienstleistung in Form eines Energieaudits für Unternehmen erbringen, müssen Mindestanforderungen genügen. Sie müssen zumindest einen der beiden folgenden Punkte erfüllen:

- Sie müssen eine technische/wirtschaftliche Ausbildung absolviert haben, die vertiefende Kenntnisse auf dem Gebiet der Energieeffizienz vermittelt hat sowie eine mindestens dreijährige Tätigkeit auf dem Gebiet der Energieeffizienz vorweisen
- Sie müssen vorweisen, dass sie in den letzten fünf Jahren einer beruflichen Tätigkeit auf dem Gebiet der Energieeffizienz nachgegangen sind. Darüber hinaus ist binnen sechs Monaten eine für die Tätigkeit erforderliche Fachkenntnis zu erwerben.

Die fachlich geeigneten Personen sind in ein öffentlich zugängliches Register, das von der nationalen Energieeffizienz-Monitoringstelle geführt wird, einzutragen. Bei Unternehmen ist es Aufgabe des Energieauditors, das durchgeführte Energieaudit sowie deren Inhalt der Monitoringstelle zu melden.

Mindestkriterien Energieaudit

Energieaudits müssen detaillierte und validierte Berechnungen bezüglich der vorgebrachten Maßnahmen ermöglichen und damit eindeutige Informationen über mögliche Einsparungen darlegen. Die dafür verwendeten Daten sind zur Rückverfolgung aufzubewahren und die Ergebnisse müssen der Monitoringstelle mitgeteilt werden.⁴²

Im speziellen müssen Energieaudits bei großen Unternehmen folgenden Mindestkriterien standhalten:⁴³

⁴¹ Vgl. EEffG (2014), S.12f

⁴² Vgl. EEffG (2014), S.13

⁴³ Vgl. EEffG (2014), S.25ff

- Energieaudits basieren auf aktuellen, gemessenen, belegbaren Betriebsdaten zum Energieverbrauch für alle eingesetzten Energieträger
- Es soll sich ein übersichtliches Bild der Gesamteffizienz ergeben mit den wichtigsten Verbesserungsmöglichkeiten
- Nach Möglichkeit sollen Lebenszyklus-Kostenanalysen gemacht und dynamische Rechenverfahren eingesetzt werden
- Die Qualitätsanforderungen an die durchführende Person müssen erfüllt sein
- Energieaudits müssen wesentliche Energieverbrauchsbereiche aufzeigen. Um einen solchen Bereich handelt es sich ab einem Anteil von 10 Prozent am Gesamtenergieverbrauch.

Neben den Auflagen für Energieaudits aus der Norm EN 16247 bestehen weitere Forderungen für Industrieanlagen, Gebäude oder Transportprozesse, wenn diese wesentliche Energieverbrauchsbereiche darstellen. Einige wesentliche Punkte sind für Industrieanlagen im Folgenden angeführt:⁴⁴

- Analyse von Herstellungsverfahren (z.B. technische Produktdaten), Nutzmittelprozesse (z.B. Dampf, Druckluft) und weitere relevante Prozesse (z.B. Lagerung, Büros)
- Plan zur Datenmessung analysieren und verbessern
- Produktbezogene Energieleistungskennzahlen bilden
- Analyse der Energiebilanz auf Grundlage der Energierechnung
- Zusätzliche Messungen um gegenwärtige Betriebsbedingungen zu bestätigen
- Maßnahmen zur Verminderung und Rückgewinnung von Energieverlusten
- Verbesserung des Energiemanagements und fortlaufende Optimierung
- Entwicklung von Programme zur Verhaltensänderung von Mitarbeitern
- Verbesserung der Instandhaltung, Ausrüstung etc.

⁴⁴ Vgl. EEffG (2014), S.25f

2.5 Kennzahlen

Um das Energiemanagement erfolgreich betreiben zu können, benötigt man eine ausgedehnte Datenbasis, aus deren Ableitung wiederum nützliche Informationen entstehen.

Ein Werkzeug dafür stellen Kennzahlen dar. Kennzahlen lassen sich in absolute Kennzahlen und in Verhältniskennzahlen unterteilen. Zu den **absoluten Kennzahlen** zählen Einzelzahlen, Summen, Differenzen und Mittelwert. Diese stellen Informationen in einer nicht verdichteten Form dar.⁴⁵

In Abbildung 9 ist, beispielhaft für absolute Kennzahlen, ein Diagramm zu sehen, in dem auf der Ordinate der Verbrauch eines Betriebsstoffes (z.B. elektrischer Strom) und auf der Abszisse der zugehörige Verbrauchsmonat aufgetragen ist.

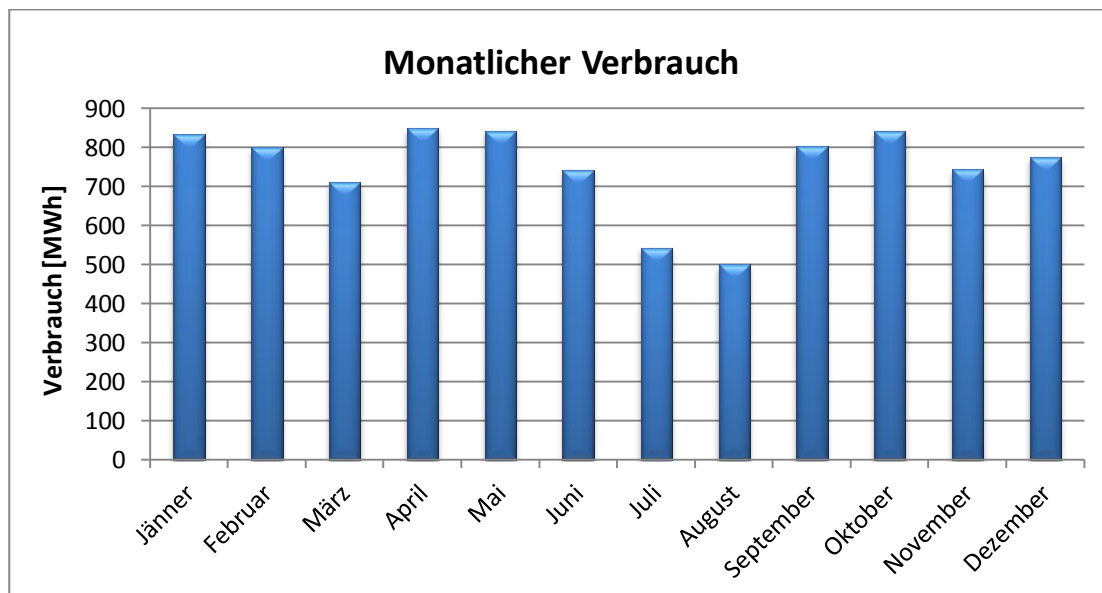


Abbildung 9: Beispiel für absolute Kennzahl

Verhältniskennzahlen, lassen sich nach Art ihres Aufbaus in folgende Gruppen unterteilen:⁴⁶

1. **Gliederungskennzahlen** dienen zur Analyse von statistischen Gesamtzahlen, die nach verschiedenen Gesichtspunkten in Teile zerlegt werden. Die Gesamtzahl wird meist mit 100% bewertet. Ein Beispiel (Abbildung 10) für eine Gliederungskennzahl stellt der Anteil am Verbrauch eines Betriebsstoffes einer Kostenstelle am Verbrauch der gesamten Unternehmung dar.

⁴⁵ Vgl. Horvath (2001), S. 569

⁴⁶ Vgl. Wohinz/Moor (1989), S.150

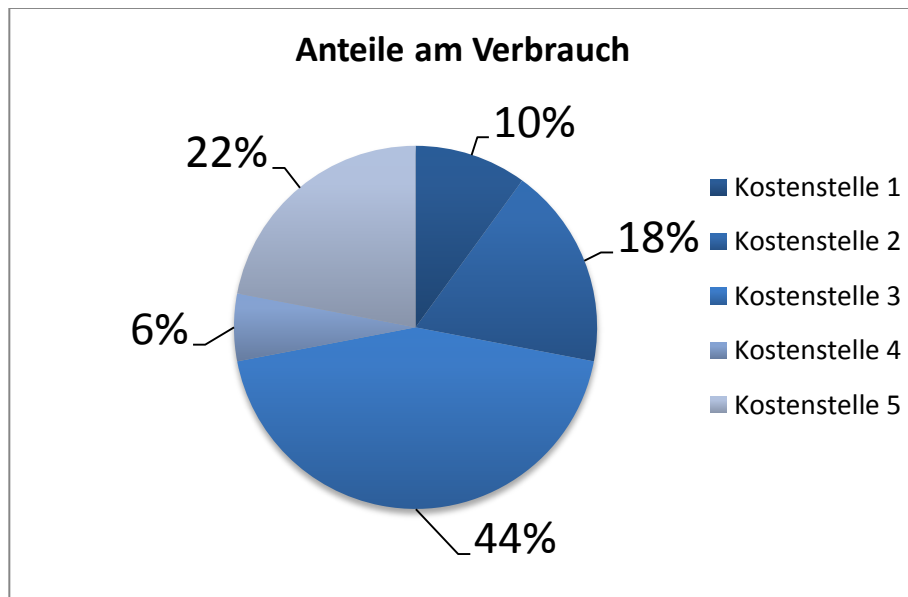


Abbildung 10: Beispiel für Gliederungskennzahl

2. **Indexkennzahlen** resultieren aus den Werten einer Zahlenreihe, wobei einer der Werte die Bezugsbasis darstellt. Anwendung finden diese dort, wo man Veränderungen von Zahlenreihen aufzeigen möchte. Beispielhaft ist in Abbildung 11 die Veränderung des monatlichen Verbrauchs eines Betriebsstoffes über mehrere Jahre, ersichtlich.

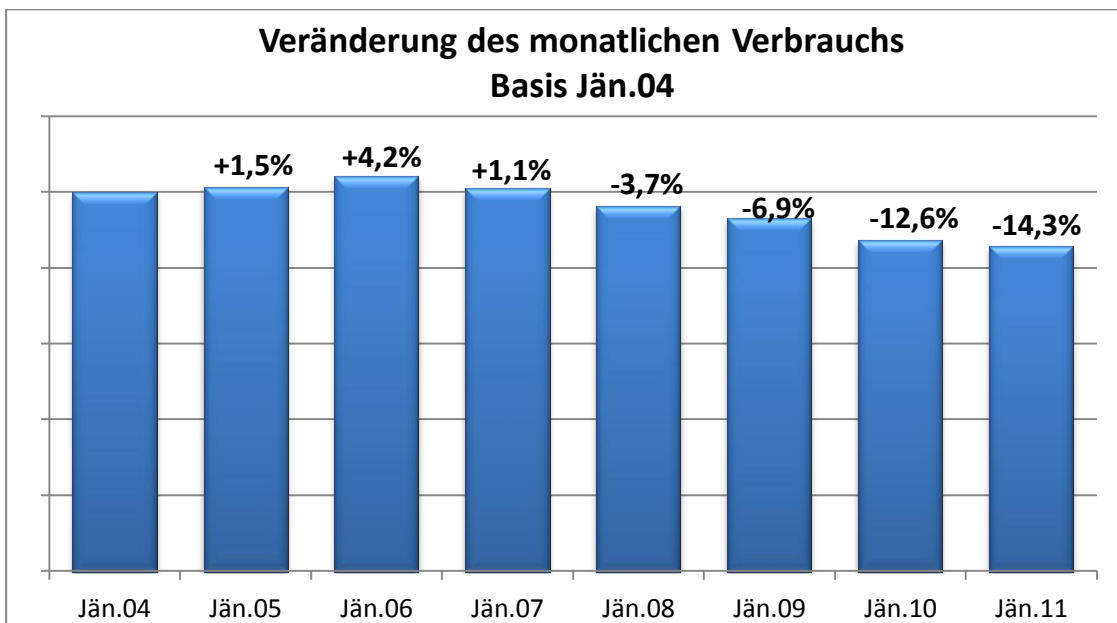


Abbildung 11: Beispiel für Indexkennzahl

3. Der wichtigste Vertreter von Verhältniszahlen ist aber die **Beziehungskennzahl**. Bei der Bildung werden zwei selbstständige Basisgrößen aufeinander bezogen und schaffen damit neue Einheiten, wobei auf sinnvolle technische und wirtschaftliche Zusammenhänge geachtet werden muss. In Abbildung 12 ist eine solche Beziehungskennzahl dargestellt, bei der der Bezug zwischen monatlichen Verbrauch eines Betriebsstoffes und der Anzahl von erzeugten Produkten hergestellt wurde.

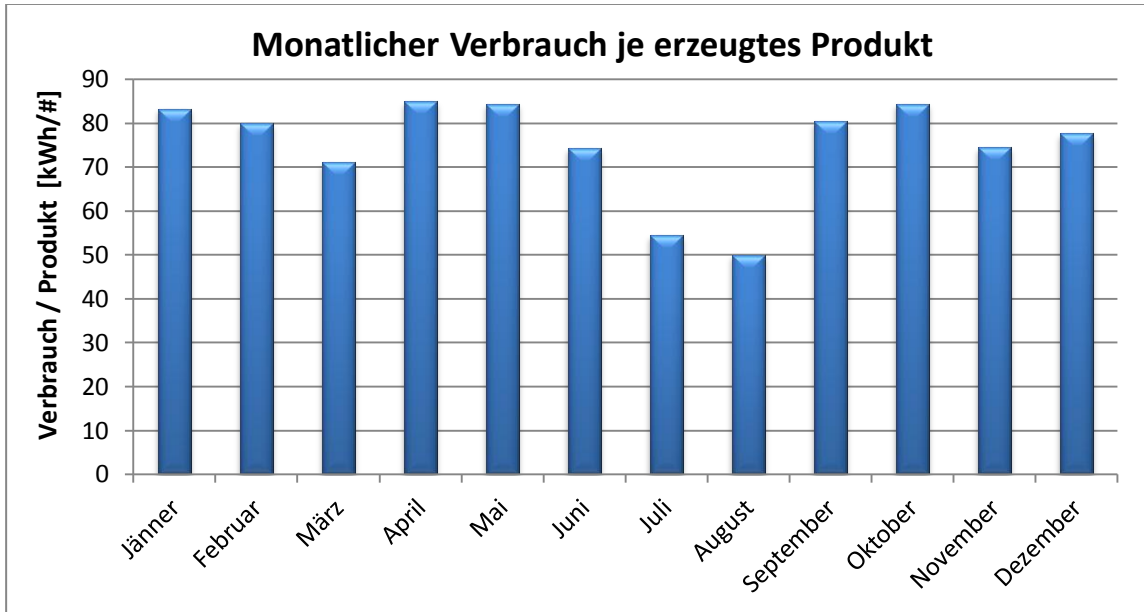


Abbildung 12: Beispiel für Beziehungskennzahl

2.5.1 Energiebezogene Kennzahlen

Die für das Energiemanagement relevanten Kennzahlen werden oft als Energiekennzahlen oder Energieleistungskennzahlen bezeichnet. Energiekennzahlen umfassen alle Arten von Kennzahlen und dienen als Kontrollgröße in der Energiewirtschaft, sowohl innerbetrieblich als auch im externen Bereich⁴⁷. In der ISO 50001⁴⁸ werden die verwendeten Kennzahlen als Energieleistungskennzahlen (EnPI⁴⁹) bezeichnet und sollen Auskunft über die energiebezogene Leistung geben. Im Allgemeinen wird bei der Verwendung der beiden Ausdrücke Energiekennzahlen und Energieleistungskennzahlen kein Unterschied gemacht. Darum werden auch in dieser Arbeit die beiden Bezeichnungen gleichwertig behandelt. Darüber hinaus wird in dieser Arbeit im Wesentlichen auf Beziehungs-Energiekennzahlen eingegangen.

⁴⁷ Vgl. Wohinz/Moor (1989), S.150

⁴⁸ ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.9

⁴⁹ EnPI bedeutet "Energy Performance Indicator"

2.5.2 Bildung von Energiekennzahlen

Für die Bildung von Energiekennzahlen ist es notwendig System- und Bilanzgrenzen zu ziehen. Dadurch erfolgt eine physikalische Abgrenzung des Objekts von seiner Umgebung. Um solche Systemgrenzen ziehen zu können, muss im Vorhinein klar definiert sein, welche Stoff- und Energieströme betrachtet werden sollen. Eine Energiekennzahl ist nur dann belastbar, wenn diese die Realität innerhalb der Grenzen eindeutig beschreibt.⁵⁰

Zusammengefasst kann man festhalten, dass die Bildung einer Energiekennzahl nur dann in Betracht gezogen werden soll, wenn der reale Zustand über geeignete Indikatoren bzw. Maßeinheiten gemessen werden kann. Fehlen diese Quantifizierungsmöglichkeiten, oder sind diese nur durch problematische Hilfskonstruktionen zu erreichen, sollte von der Bildung von Energiekennzahlen Abstand genommen werden, da eine Energiekennzahl immer nur so gut ist wie die zugrunde gelegte Datenbasis.⁵¹

Auf den verschiedenen Ebenen einer Organisation bestehen unterschiedliche Anforderungen an die Art und Aussage einer Energiekennzahl. In der Regel haben rein technische Energiekennzahlen für die Unternehmensführung nur einen geringen Nutzen. Andererseits kann das operative Management aus allumfassenden Energiekennzahlen keine Ansatzpunkte für Maßnahmen herauslesen.⁵² Darum müssen die gebildeten Energiekennzahlen so gewählt und aufbereitet werden, dass der jeweilige Empfänger eindeutige Rückschlüsse aus diesen ziehen kann.

2.5.3 Verwendung von Energiekennzahlen⁵³

Im betrieblichen Energiemanagement können, wie in Abbildung 13 ersichtlich, Energiekennzahlen zur Analyse oder Steuerung verwendet werden.

⁵⁰ Vgl. VDI 4662 (2013), S.4

⁵¹ Vgl. Grochla et al. (1983) in Der Wirtschaftsingenieur (1985), S.52

⁵² Vgl. VDI 4662 (2013), S.5

⁵³ Vgl. VDI 4661 (2003), S.33ff

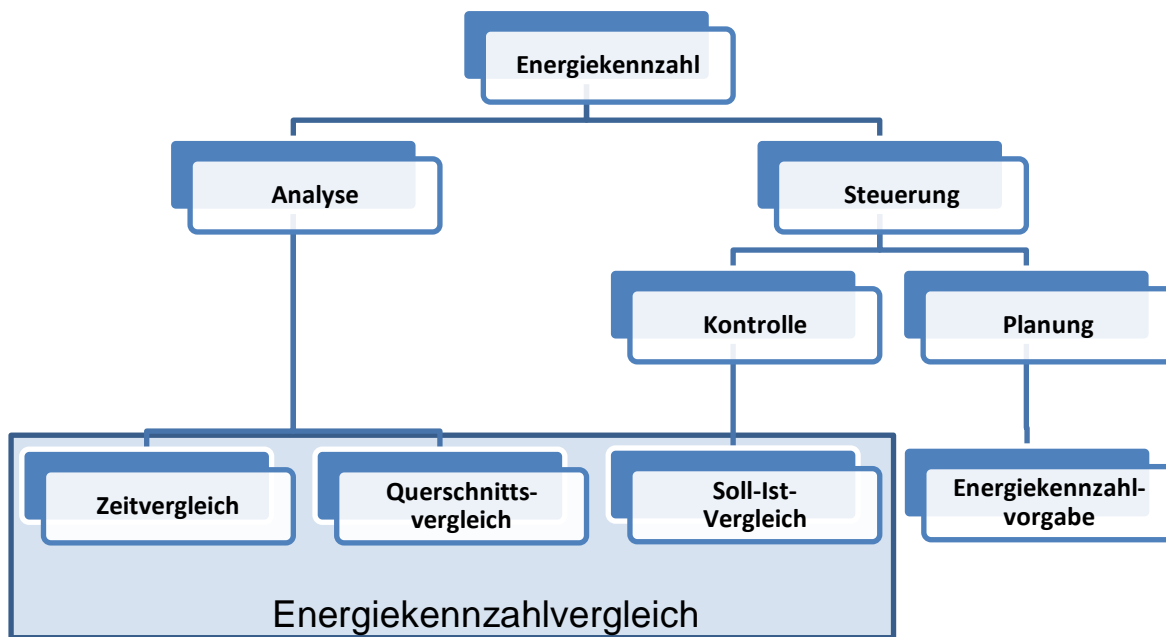


Abbildung 13: Anwendungsmöglichkeiten von Energiekennzahlen⁵⁴

Die Analyse gliedert sich in den Zeitvergleich und den Querschnittsvergleich auf. Beim Zeitvergleich begutachtet man den zeitlichen Verlauf der Energiekennzahl. Ein Beispiel dafür ist der spezifische Stromverbrauch einer Anlage. Treten Abweichungen im Vergleich zu früheren Perioden auf, kann man dadurch auf eventuelle Veränderungen in der Betriebsweise, Auslastung oder Betriebsstörungen aufmerksam machen. Darüber hinaus tragen diese Daten zur Bewusstseinsbildung des betreibenden Personals bei.

Querschnittsvergleiche dienen dem Vergleich von Energiekennzahlen von gleichwertigen Maschinen, Anlagen und Betrieben. Vor einem solchen Querschnittsvergleich ist jedoch genau zu prüfen, ob die Objekte auch wirklich vergleichbar sind bzw. die Energiekennzahlen bereinigt werden können.

Die Energiekennzahlen zur Steuerung unterteilen sich in die Kontrolle und Planung. Auf Basis der Informationen aus der Analyse, kann man Ziele für die Zukunft vorgeben, wie z.B. für die kommenden Zeitperioden. Mittels des Vergleichs von Ist-Werten mit vorgegeben Soll-Werten, kann eine Überprüfung der Zielerreichung durchgeführt werden. Damit lassen sich die Auswirkungen von Energieeinsparungsmaßnahmen im Nachhinein bewerten.

⁵⁴ Vgl. Bauer (1988) in VDI 4661 (2003), S.34

2.6 Energiemonitoring

Auch in der heutigen Zeit, die von einer Flut an Informationen geprägt ist, wissen viele Unternehmer nicht darüber Bescheid, welche Mengen an Energie täglich, wöchentlich, monatlich und jährlich ihre Unternehmung verbraucht und welche Faktoren im Zusammenhang mit diesen Verbräuchen stehen. Dabei sind Daten aus allen Bereichen der Unternehmung essentiell um etwaige Einsparungen und Verbesserungen in der Energiebilanz zu erhalten. Dieser Abschnitt behandelt das Energiemonitoring und im speziellen das kontinuierliche Energiemonitoring sowie das Energiemonitoringsystem.

2.6.1 Definitionen

Das Energiemonitoring (EnMo) ist ein Teilbereich und zugleich die Basis des Energiecontrollings, welches im Regelkreismodell integriert ist.

Grundsätzlich hat das Energiemonitoring die Aufgabe, Messwerte zu erfassen und zu speichern. Mittels definierter Grenzwerte können die Messwerte einem Vergleich unterzogen werden. Die Messwerte sind in einfach verständlichen Grafiken, Diagrammen und Tabellen zu visualisieren.⁵⁵

Ein Energiemonitoringsystem (EnMoS) stellt ein zentrales System dar, welches mit Messeinrichtungen und bereits vorhandenen Systemen im Betrieb kommunizieren und mit diesen relevante Daten bezüglich des Energiemanagements austauschen kann. Solche im Betrieb bestehende Systeme können unter anderem Prozessleitsysteme (PLS), Produktionsplanungssysteme (PPS), Kostenabrechnung oder Betriebszeitenkalendarer sein.⁵⁶ Das EnMoS soll durch die Verknüpfungen der Systeme dazu dienen, dass grundsätzliche Prozessabläufe des EnMo weitgehend automatisiert werden.

2.6.2 Der Weg zu aussagekräftigen Messdaten⁵⁷

Ausgangspunkte des Monitorings sind stets der vorhandene Energiefluss bzw. das Energieverteilungsnetz sowie die bereits installierten Messeinrichtungen. Abhängig von Ziel und Zweck ist eine Gliederung der Messbereiche, Messgrößen, Messorte, die Dauer und Häufigkeit der Messung und das benötigte Messgerät festzulegen.

Die Auswahl der Kontrollobjekte orientiert sich am Energiebedarf der Aggregate und damit an der Wertigkeit im betrieblichen Energiefluss. Daneben spielen die Gegebenheiten des Verteilungsnetzes und die Anzahl der Messgeräte eine wichtige Rolle. Bei

⁵⁵ Vgl. VDI 4602 (2007), S.27

⁵⁶ Vgl. VDI 4602 (2013), S.19

⁵⁷ Vgl. Wohinz/Moor (1989), S.127ff

einzelnen Verbrauchern mit geringem Energiebedarf ist eine Zusammenfassung zweckmäßiger. Die Häufigkeit der Erfassung des Messwerts und die Dauer der Messung richten sich nach dem Zweck der Messstelle, dem Stellenwert im betrieblichen Energiefluss und der Bedeutung der Kontrolle. Energieintensive Objekte verlangen nach ständiger Überwachung während bei anderen, weniger energieintensiven temporäre Messungen ausreichen. Wie oft ein Messwert aufgenommen wird, kann von einer jährlichen bis zur täglichen, schichtweisen, chargenweisen Erfassung variieren. Je mehr Energie ein Bereich aufnimmt und je wichtiger der Zusammenhang zwischen Energieinput und Produktionsoutput ausfällt, desto kürzer sollten Messintervalle gewählt werden.

Jede Energiefortleitung ist mit Übertragungsverlusten verbunden. Darum ist die richtige Wahl des Messortes von großer Bedeutung. Um die Verfälschung von Messdaten zu vermeiden, sollte der Ort der Messung möglichst an der Anlage bzw. am Aggregat liegen.

2.6.3 Kontinuierliches EnMo

Kontinuierliches EnMo bedeutet im Allgemeinen, dass zu jedem Zeitpunkt Informationen darüber vorliegen, welchen Ressourcenbedarf (z.B. Strom) ein Verbraucher (z.B. Druckluft-Kompressor) hat bzw. welche Güter (z.B. Druckluft) mit diesen Ressourcen erzeugt werden. Darüber hinaus sind auch Parameter, die einen erheblichen Einfluss auf diese Größen aufweisen, zu berücksichtigen.

Das kontinuierliche EnMo bietet einige Vorteile. Zum Beispiel können Einsparungen durch das Vermeiden von Störfällen und Ausfallszeiten erzielt werden. Oft herrscht die Meinung vor, dass die meisten Ausfälle von Aggregaten plötzlich ohne Vorzeichen auftreten. Eine genaue Überwachung von Verbräuchen und Erzeugnissen würde jedoch zeigen, dass sich größere Störungen oft erst sehr langsam entwickeln und durchaus vermeidbar sind. Erhöhte Verbräuche können z.B. durch Verschleiß, Leckagen, Bedienungsfehler, Steuerungsfehler, Veränderung des Betriebsverhaltens sowie Verschmutzung von Übertragungsflächen hervorgerufen werden. Weiters ist aufgrund dieser Kenntnisse über den energetischen Zustand der Anlage der Übergang zu einer zustandsbezogenen Instandhaltung möglich. Bei dieser werden Wartungen nicht nach fixen Intervallen durchgeführt, sondern je nach Verfassung in der sich die Anlage befindet. Dementsprechend lassen sich dadurch Wartungskosten reduzieren. Darüber

hinaus können sich durch dieses Wissen die Nutzungszeiten aufgrund von Verschiebungen von vorzeitigen Neuinvestitionen verlängern.⁵⁸

Als Praxisbeispiel bezüglich der kontinuierlichen Überwachung dient eine Firma, die aufgrund von erreichten Belastungsgrenzen von Transformatoren den Stromverbrauch von Spritzgießmaschinen mittels EnMo senken wollte. Der Stromverbrauch der Maschinen wurde überwacht und verglichen. Dadurch ergab sich, dass ein bestimmter Typ unter den Spritzgießmaschinen für eine vergleichbare Aufgabe das Doppelte an Strom benötigte. Durch Austausch dieser Maschinen konnte der Verbrauch an Strom bedeutend gesenkt werden.⁵⁹

In nichtproduktiven Maschinenzuständen, wie dem Standby-Betrieb, ist die Effizienz einer Produktionsmaschine gleich Null. Das kontinuierliche EnMo ist bei der Auffindung großer Standby-Verbraucher behilflich. Oft kann schon ein einfaches Abschalten von einigen Komponenten einer Maschine den Standby-Verbrauch erheblich senken. Durch ständige Überprüfung wird der Erfolg von gesetzten Maßnahmen nachhaltig abgesichert.⁶⁰

Energiekennzahlen, die auf die Erzeugnisse bezogen sind, geben einen ersten Überblick über die Energieeffizienz. Dabei ist zu bedenken, dass dieser spezifische Energiebedarf in Form der Energiekennzahl einer Anlage jedoch nicht konstant über die Zeit, sondern von verschiedenen Treibergrößen abhängt. Dadurch ist es sinnvoll Energiekennzahlen in Abhängigkeit ihrer Einflussgrößen grafisch darzustellen. Ein Beispiel dazu ist in Abbildung 14 veranschaulicht, in der eine Energiekennzahl auf der Ordinate und der Einflussparameter, die Produktionsleistung, auf der Abszisse aufgetragen ist. Dabei ist zu erkennen, dass die Energiekennzahl der Anlage bei geringeren Produktionsleistungen bessere Werte aufweist als bei höheren. Durch die Häufigkeit wird der Zeitanteil dargestellt, in dem die Anlage bei einer bestimmten Produktionsleistung arbeitet. Im Beispiel ist zu erkennen, dass die Anlage größtenteils in einem Bereich arbeitet, in der die Anlage eine schlechte Effizienz aufweist. Daneben kann der Bezug auch auf weitere Einflussparameter hergestellt werden.⁶¹

Vor allem bei kleineren Verbrauchern kann für die Bewertung der Effizienz eine Kurzzeitmessung in einem typischen Betriebsbereich der Anlage erfolgen. Mit diesen Daten kann anschließend ein Vergleich mit zum Beispiel Angaben aus Datenblättern erfolgen. Dadurch kann auf teure Messeinrichtungen für eine durchgängige Messung eventuell verzichtet werden.

⁵⁸ Vgl. Tenbohlen/Stirl (2002), S.7ff

⁵⁹ Vgl. Swissmen(2014), S.10

⁶⁰ Vgl. Swissmen (2014), S.7f

⁶¹ Vgl. Junge/Holzäpfel (2011), S.96

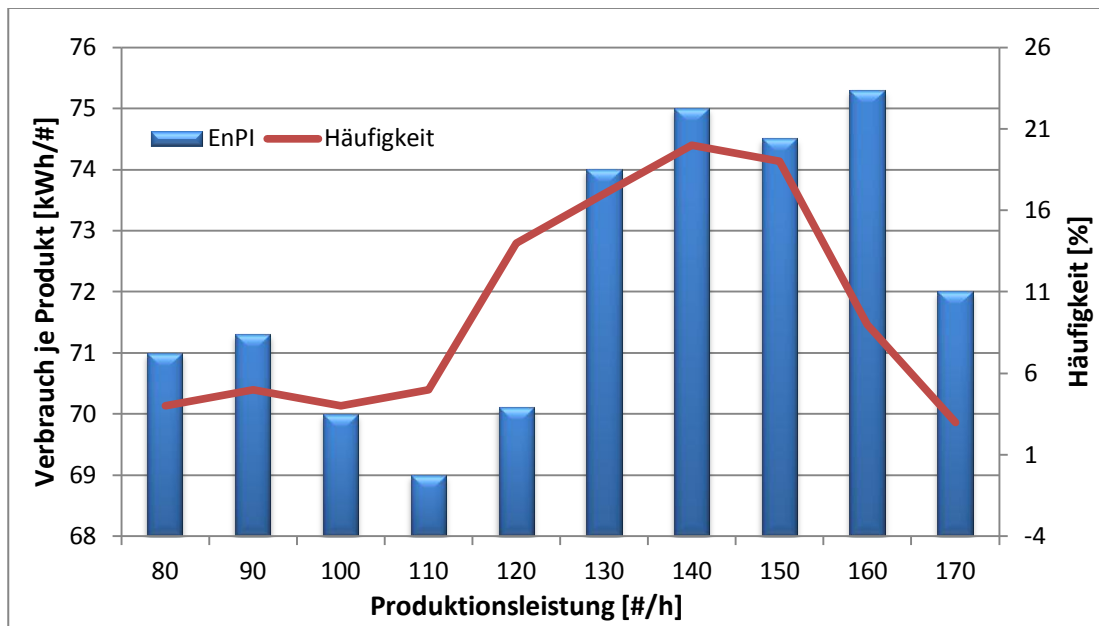


Abbildung 14: Auswertung einer Energiekennzahl über einen Einflussparameter⁶²

Als wichtigen Vorteil von kontinuierlichem EnMo bezeichnet man die Überprüfung und Überwachung des Lastgangs der bezogenen elektrischen Leistung. Meist ist die höchste der Lastspitzen (Peak) in einem Lastgang ein wichtiger Parameter für die Ermittlung der Stromkosten durch das Stromversorgungsunternehmen. Glättet man diesen Lastgang, so können Unternehmen Kosten einsparen. Aufgrund des gegenwärtigen Stromtarifmodells des Standortes St. Martin, ist die Durchführung eines Lastmanagements zurzeit nicht notwendig, da sich durch auftretende Stromspitzen keine wesentlichen Zusatzkosten ergeben⁶³.

Sinnvolle Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz von Anlagen zu finden ist oftmals nicht ganz einfach. Bei industriellen Prozessen hat es sich daher bewährt, beim EnMo drei verschiedene Zeitabschnitte zu betrachten⁶⁴:

- eine Kurzzeitphase von wenigen Stunden, um wesentliche Regel- und Steuerungsfunktionen zu analysieren
- ein mittlerer Zeitraum von einigen Tagen um unmittelbare Randbedingungen aufzeichnen zu können
- eine Langzeitbetrachtung für eine langfristige Bewertung der Gesamteffizienz

⁶² Vgl. Junge/Holzäpfel (2011), S.96

⁶³ Laut Leitung, Abteilung EL am 10.08.2014

⁶⁴ Vgl. Schult/Zinkler, (2011), S.37

2.6.4 Standardisierung von Prozessen

Beim konventionellen EnMo müssen sehr viele Prozesse noch manuell durchgeführt werden. Einige dieser Arbeitsschritte sind:

- Laufendes Ablesen von Zählerständen
- Sammlung von Daten über erzeugte Güter (z.B. erzeugte Pulvermengen)
- Übertragung der Werte in Dokumentation (z.B. Microsoft Excel)
- Manuelle Auswertung der Daten
- Informationen den Verantwortlichen in geeigneter Form zu Verfügung stellen

Einen wesentlichen Nutzen erbringt das EnMoS durch die Standardisierung von periodisch wiederkehrenden Prozessen:⁶⁵

- Automatisches Einlesen von Daten
- Automatische Überwachung und Überprüfung von Daten
- Automatische Ausgabe von Daten

Das EnMoS kommuniziert laufend mit Messeinrichtungen und weiteren Systemen in denen relevante Daten vorliegen (z.B. PLS). Eine Verknüpfung der Daten (z.B. Bildung von Energiekennzahlen) wird automatisiert durchgeführt. Eine laufende Überprüfung von diesen Daten ist sehr zeitaufwendig. Für Energiekennzahlen werden daher Grenzkurven erstellt, bei deren Überschreitung ein Alarmierungssystem eine Warnmeldung aussendet. Das EnMoS ermöglicht so eine automatisierte Bewertung der Energieeffizienz in Echtzeit, stellt dadurch ein Frühwarnsystem dar und reduziert den Arbeitsaufwand der Mitarbeiter erheblich.⁶⁶ Weiters sendet das System den jeweiligen Mitarbeitern Informationen über den jeweiligen energetischen Zustand ihres Verantwortungsbereichs. Daneben erfolgt eine automatische Dokumentation der Daten, um auch langfristige Auswertungen durchführen zu können.

2.6.5 Anforderung an die Software eines EnMoS⁶⁷

Die Software stellt die Grundlage eines EnMoS dar. Diese Software ist das Verbindungsglied zwischen der Erfassung von Messwerten und der Bereitstellung und Aufbereitung der Daten für den Empfänger der Informationen. Die Software soll grundlegende Funktionen beherrschen:

⁶⁵ Vgl. Dill (2013), S.31

⁶⁶ Vgl. Junge/Holzäpfel (2011), S. 95

⁶⁷ Vgl. Adam (2001), S.83ff

1. Eingabe von Stammdaten

Daten, die Auskunft über das zu untersuchende Objekt geben und für längere Zeit unverändert bleiben, zählen zu den Stammdaten. Hierzu ist auch der zu untersuchende Bereich, also eine Bilanzgrenze anzugeben, in der die energetische Betrachtung erfolgt. Diese Daten sollen zur Sicherstellung der langfristigen Vergleichbarkeit der Daten nicht regelmäßig verändert werden.

2. Aufnahme der Messdaten

Neben den direkt von den Messeinrichtungen erfassten Messwerten, müssen bestimmte Daten aus anderen Systemen (z.B. Microsoft Excel-Dateien, PLS) eingelesen werden, da in einer Unternehmung nicht alle relevanten Daten gemessen werden können, bzw. der Aufwand dafür nicht gerechtfertigt ist. Wichtig ist auch hier die Durchführung von Plausibilitätskontrollen.

3. Aufbereitung der Messdaten

Eine hohe Anzahl an Messwerten alleine macht noch kein gutes EnMoS aus. Erst die intelligente Verknüpfung der verschiedenen Datenwerte und einer einfachen, für den Empfänger der Daten verständlichen, Aufbereitung der Daten führt zum eigentlichen Mehrwert der Daten. Dazu sind aussagekräftige Energiekennzahlen zu definieren, um Vergleiche anstellen zu können. Energiekennzahlen können zu jeder Zeit verändert und neue Energiekennzahlen hinzugefügt werden. In Zukunft werden auch Querschnittsvergleiche mit anderen Unternehmen an Relevanz gewinnen.

4. Visualisierung der Messdaten

Aufgrund der für den Menschen einfacheren Aufnahmemöglichkeit von Informationen aus bildlichen Darstellungen, sind grafische Auswertungen der Messwerte vorzusehen. Wichtige Vertreter davon sind Diagramme und Sankey-Diagramme. Automatisch erzeugte Energieberichte vereinfachen die Kommunikation im Unternehmen.

5. Speicherung der Messdaten

Je nach Priorität gilt es Messwerte für ein bestimmtes Zeitintervall zu speichern. Vor allem bei Messwerten die das System in einem sehr kurzen Intervall aufzeichnet (z.B. $\frac{1}{4}$ stündig) sind auf ihre Relevanz zur Langzeit-Speicherung zu hinterfragen. Für ein längeres Zeitfenster sind Verbrauchswerte von Maschinen, Prozessen und Anlagen zu speichern, die der Beschreibung des energetischen Zustandes in einer bestimmten Periode dienen. Vor allem Daten von Energieberichten sind hier zu nennen.

3 Energetische Betriebsanalyse

Dieses Kapitel beginnt mit einer energetischen Übersicht des Standortes. Darauf folgt eine Analyse der hauptverbrauchenden Kostenstellen auf Basis von der vorhandenen Dokumentation.

Energiekennzahlen umfassen grundsätzlich alle im Abschnitt 2.5 genannten Kennzahlenarten. Zur Bewertung der Energieeffizienz eignen sich Beziehungskennzahlen besonders gut. Da alle in diesem Kapitel genannten Energiekennzahlen zur Bewertung der Energieeffizienz dienen, sind darunter stets Beziehungskennzahlen zu verstehen.

Aus Geheimhaltungsgründen seitens der WBH wird auf die Verwendung von absoluten Verbrauchswerten verzichtet und lediglich spezifische Verbrauchswerte angegeben.

3.1 Energetische Betriebsübersicht

Dieser Abschnitt soll die energetische Situation des Unternehmens am Standort St. Martin darstellen. Darin enthalten sind Verbrauchsübersichten der untersuchten Medien, die Ermittlung der Hauptverbraucher in Form von Kostenstellen und das sich daraus ergebende Energieflussbild. Abschließend wird kurz auf das Vorgehen zur Bildung einer betriebsübergreifenden Energiekennzahl eingegangen.

3.1.1 Verbrauchsübersicht

Die zur Erstellung der Verbrauchsübersicht verwendeten Daten stehen der Abteilung TE im Moment für energetische Auswertungen zur Verfügung und stammen aus Monatsberichten der Abteilungen des Standortes. Diese energetische Analyse beinhaltet die Medien Erdgas, Strom und Wasser. Die energetischen Daten stammen aus den Jahren 2008 bis einschließlich 2013.

Erdgas und Strom

Erdgas und Strom sind die dominierenden Energieträger am Standort und damit zugleich federführend bei den Energiekosten. Abbildung 15 zeigt die Entwicklung der Energieträgerbezüge über die letzten Jahre. Dabei ist zu erkennen, dass beide Energieträger in etwa dieselbe Verbrauchsentwicklung aufweisen. Der Energieverbrauch am Standort ist sehr stark von der Produktionsleistung abhängig. Der im Jahr 2009 starke Rückgang der Pulverproduktion lässt sich in der Abbildung gut erkennen. In den Jahren 2010 und 2011 erfolgte ein Aufschwung durch eine verbesserte Auftragslage. 2012 ging die Pulverproduktion ein wenig zurück, steigerte sich jedoch wiederum im Jahr 2013.

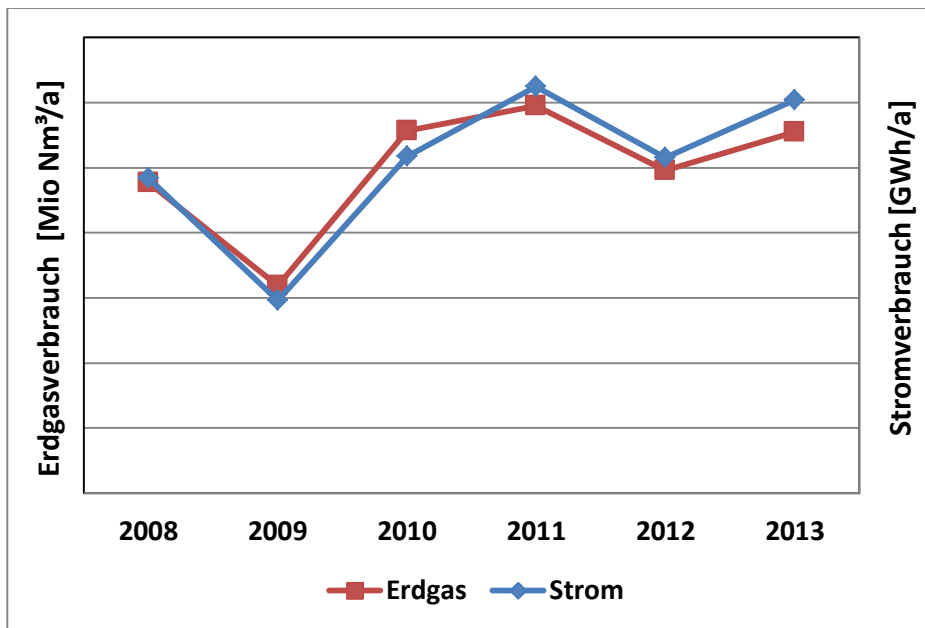


Abbildung 15: Entwicklung des Energieträgerverbrauchs⁶⁸

Bewertet man das bezogene Erdgas mit dessen Energieinhalt (bezogen auf Heizwert), so ergibt sich jene Verbrauchsaufteilung, die in Abbildung 16 dargestellt ist. Diese Aufteilung blieb über die letzten 6 Jahre mit einem durchschnittlichen Verhältnis von 80 Prozent Erdgas zu 20 Prozent Strom relativ konstant⁶⁹. Jedoch ist hier zu beachten, dass eine Kilowattstunde Strom zumindest in den letzten 4 Jahren mehr als das doppelte kostete als jene für Erdgas⁷⁰.

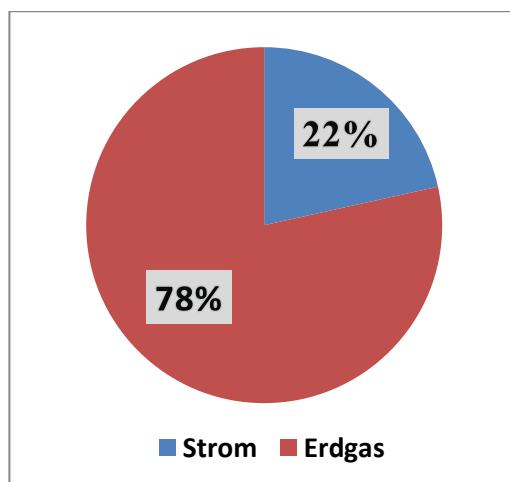


Abbildung 16: Aufteilung Erdgas- und Stromverbrauch im Jahr 2013⁷¹

⁶⁸ Vgl. Verbrauchsdokumentation, Abteilung TE

⁶⁹ Vgl. Verbrauchsdokumentation, Abteilung TE

⁷⁰ Vgl. WBH-Verrechnungspreise-Masterarbeit.xls

⁷¹ Vgl. Verbrauchsdokumentation, Abteilung TE

Da Erdgas zu den fossilen Energiequellen zählt und auch Strom zum Teil aus fossilen Energiequellen erzeugt wird, sind diese beiden Energieträger die Hauptverursacher der Emissionen des Standortes. Abbildung 17 zeigt die Entwicklung der Emissionen durch Strom und Erdgas über die Jahre. Die Darstellung zeigt ein ähnliches Bild wie die Entwicklung des Energieträgerverbrauchs in Abbildung 15. Dieser Umstand erklärt sich durch das zuvor erwähnte nahezu gleichbleibende Verhältnis von Erdgas- und Stromverbrauch über die letzten Jahre.

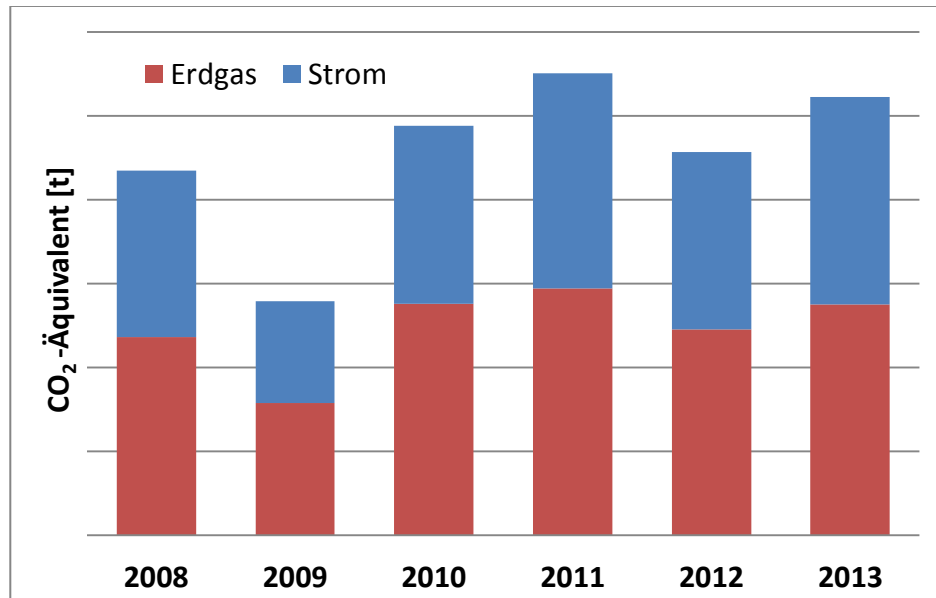


Abbildung 17: Jährliche Emissionen durch Erdgas und Strom⁷²

Wasser

Der Bezug an Wasser setzt sich zusammen aus dem Nutzwasser (NW), welches das Werk aus einem naheliegenden Fluss bezieht und aus dem Trinkwasser. Wie in Abbildung 18 ersichtlich, pendelte sich der Verbrauch an Nutzwasser in den Jahren 2011 bis 2013 auf einem relativ konstanten Niveau ein. Außerdem spielt das Trinkwasser im Vergleich zum Nutzwasser nur eine untergeordnete Rolle. Jedoch ist zu bedenken, dass der Preis des Trinkwassers je Kubikmeter um ein vielfaches über dem des Nutzwassers liegt.

⁷² Vgl. Verbrauchsdokumentation, Abteilung TE und Emissionsfaktoren: Theissing (2010) S.14ff

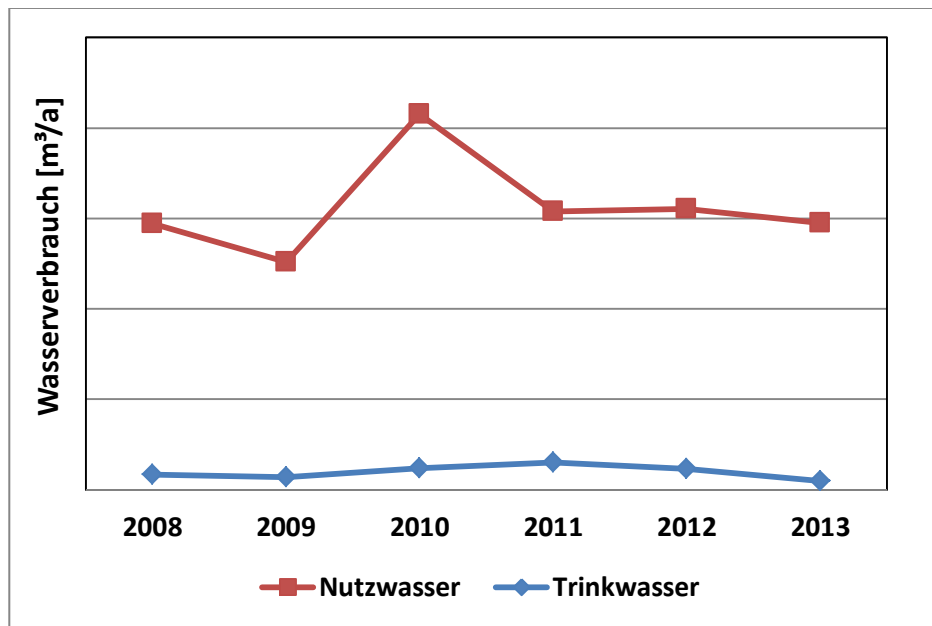


Abbildung 18: Entwicklung des Wasserbezugs⁷³

Gesamtkosten

Um ein Bild davon zu bekommen, wie sich die Kosten auf die betrachteten Medien aufteilen, wurden die Verbräuche mit den jeweiligen Verrechnungspreisen⁷⁴ beaufschlagt und in Abbildung 19 dargestellt. Mit 60 Prozent hat Erdgas den größten Anteil an den Kosten. 35 Prozent der Kosten verursachte der Stromverbrauch und mit insgesamt nur 5 Prozent der Kosten schlägt der Wasserverbrauch zu Buche. Um die Energiekosten merklich zu senken, empfiehlt es sich, die großen Erdgas- und Stromverbraucher des Standortes näher zu betrachten.

⁷³ Vgl. Verbrauchsdokumentation, Abteilung TE

⁷⁴ Vgl. WBH-Verrechnungspreise-Masterarbeit.xls

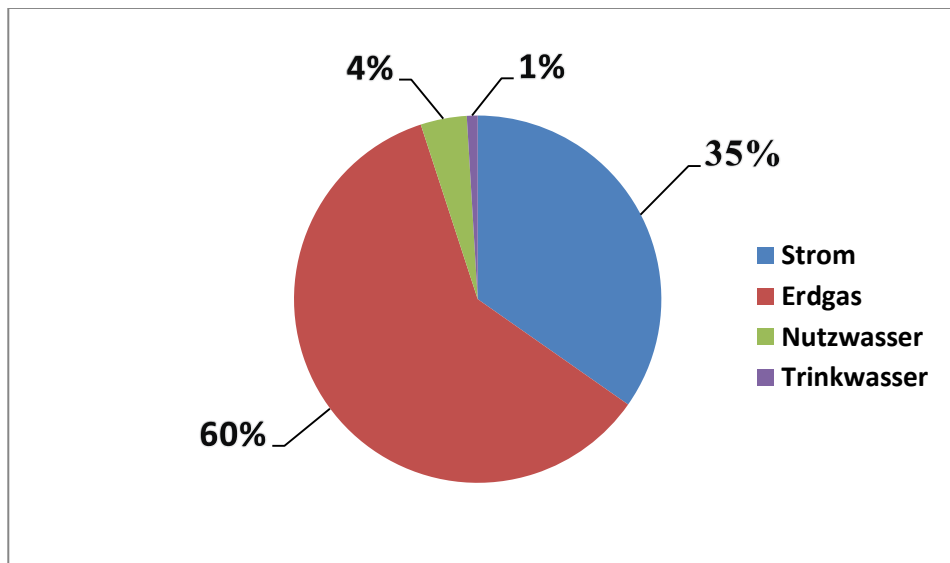


Abbildung 19: Aufteilung der Gesamtkosten für das Jahr 2013⁷⁵

3.1.2 Ermittlung von Hauptverbrauchern

Um eine Übersicht über die internen Energieflüsse des Standortes zu bekommen, werden in diesem Abschnitt die Hauptverbraucher von Erdgas, Strom und Wasser ermittelt. Aufgrund des recht unbedeutenden Verbrauchanteils des Trinkwassers wird im Zuge dieser Arbeit nur mehr das Nutzwasser betrachtet.

Zur Identifikation der Hauptverbraucher kommt eine Pareto-Analyse zur Anwendung⁷⁶. Diese Analyseform ist näher bekannt unter der 80-20 Regel. Bei dieser Regel werden die Verbrauchsmengen von großen Verbrauchern, beginnend mit dem größten, aufsummiert, bis dieser Wert ungefähr 80 Prozent des gesamten Verbrauchs eines Mediums entspricht. Dieses Bilden einer Summe wird auch als kumulieren bezeichnet. Als Basisjahr für diese Untersuchung dient das Jahr 2013.

Erdgas

Wie zuvor erwähnt, fällt der größte Anteil des Energieverbrauchs auf das Erdgas. In Tabelle 2 und ebenfalls in Abbildung 20 ist sehr gut erkennbar, dass drei Kostenstellen für nahezu den gesamten Erdgasverbrauch verantwortlich sind.

⁷⁵ Vgl. Verbrauchsdokumentation, Abteilung TE

⁷⁶ Vgl. Hesselbach, J, (2012), S.286

Kostenstelle	Bezeichnung	Anteil	Kumuliert
KST 3960	Dampfkesselanlage	54,77%	54,77%
KST 3710	Reduktion	21,41%	76,18%
KST 3970	Wasserstoff-Erzeugung & Reinigung	18,03%	94,21%

Tabelle 2: Hauptverbraucher Erdgas⁷⁷

Mit rund 55 Prozent Anteil am Gesamtverbrauch ist die KST 3960 (Dampfkesselanlage) der größte Verbraucher. In der Anlage erzeugen Dampfkessel Sattedampf für den Standort. Daneben benötigt die KST 3710 (Reduktion) Erdgas für die Beheizung der Reduktionsöfen. Die dritte KST 3970 (Wasserstoff-Erzeugung & Reinigung) benutzt das Erdgas zur Erzeugung von Wasserstoff in einem Steam-Reformer-Prozess.

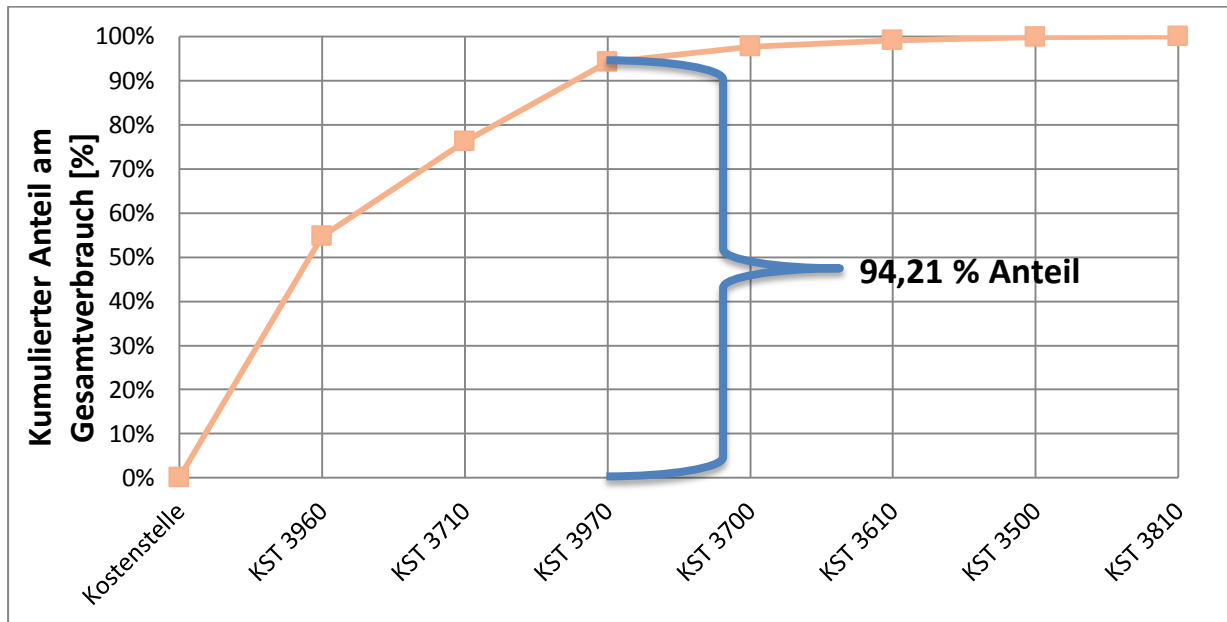


Abbildung 20: Kumulierter Erdgasverbrauch⁷⁸

Strom

Elektrischen Strom benötigen nahezu alle Kostenstellen des Standortes. Eine Auflistung der sechs größten Stromverbraucher ist in Tabelle 3 ersichtlich. Um die Anzahl der Hauptverbraucher einzuschränken, werden nur jene Kostenstellen dazugezählt, die einen Anteil von über 5 Prozent am gesamten Stromverbrauch aufweisen. Der restliche

⁷⁷ Vgl. Verbrauchsdokumentation, Abteilung TE

⁷⁸ Vgl. Verbrauchsdokumentation, Abteilung TE

Anteil am gesamten Stromverbrauch von rund 25 Prozent verteilt sich auf eine große Anzahl an Kostenstellen, wie in Abbildung 21 zu erkennen ist.

Kostenstelle	Bezeichnung	Anteil	Kumuliert
KST 372x	Carburierung	30,89%	30,89%
KST 3920	Drucklufterzeugung	11,15%	42,04%
KST 3690	Natriumsulfatanlage	9,96%	52,00%
KST 3810	Betriebs- & Bürogebäude	9,17%	61,17%
KST 3970	Wasserstoff-Erzeugung & Reinigung	8,25%	69,42%
KST 3710	Reduktion	5,10%	74,52%

Tabelle 3: Hauptverbraucher Strom⁷⁹

Die KST 372x fasst den gesamten Stromverbrauch der “Carburierung” zusammen. Darin enthalten sind die KST 3720, die den Stromverbrauch allgemeiner Aggregate (z.B. Mühlen, Mischer, Carburierungs-Öfen) beschreibt und die KST 3721, 3722 und 3723, die jeweils den Stromverbrauch von einem der drei Hochtemperatur-Öfen erfassen. Die Carburierung verbraucht rund 31 Prozent des bezogenen Stroms am Standort. Die KST 3920, in der die Erzeugung von Druckluft erfolgt, weist einen Anteil von rund 11 Prozent auf. Des Weiteren kommt die KST 3690 (Natriumsulfatanlage) auf rund 10 Prozent, KST 3810 (Betriebs & Bürogebäude) auf rund 9 Prozent, KST 3970 (Wasserstoff-Erzeugung & Reinigung) auf 8,25 Prozent und die KST 3710 (Reduktion) auf rund 5 Prozent.

⁷⁹ Vgl. Verbrauchsdokumentation, Abteilung TE

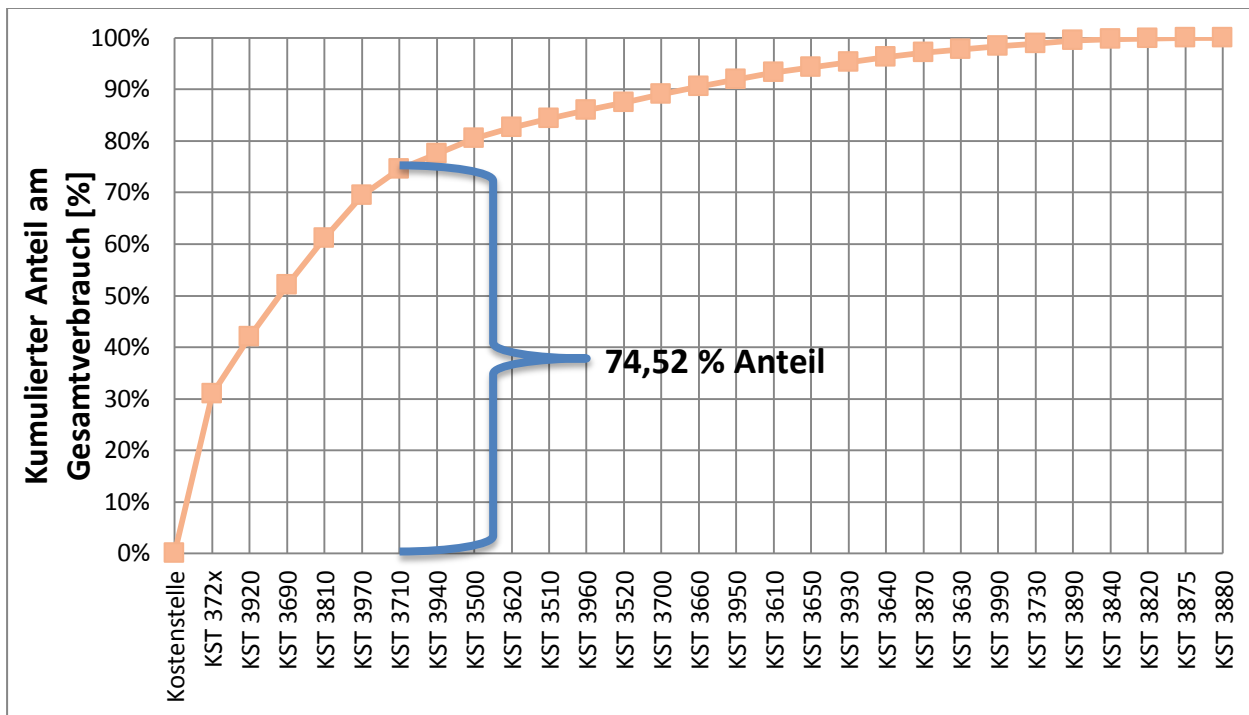


Abbildung 21: Kumulierter Stromverbrauch⁸⁰

Nutzwasser

Das benötigte NW wird vorrangig als Kühlwasser verwendet. In Tabelle 4 sind die größten NW-Verbraucher ersichtlich und Abbildung 22 zeigt die Kumulierung dieser NW-Verbraucher grafisch.

Kostenstelle	Bezeichnung	Anteil	Kumuliert
KST 3660	APW	34,83%	34,83%
KST 3700	Oxidherstellung	22,66%	57,49%
KST 3710	Reduktion	10,97%	68,46%
KST 3870	QSGU/Umwelt	9,75%	78,21%
KST 3970	Wasserstoff-Erzeugung & Reinigung	8,40%	86,61%

Tabelle 4: Hauptverbraucher Nutzwasser⁸¹

Die KST 3660 (APW) hat mit einem Verbrauch von rund 35 Prozent den größten Bedarf an NW, gefolgt von der KST 3700 (Oxidherstellung) mit 22,66 Prozent und der KST 3710 (Reduktion) mit rund 11 Prozent. Des Weiteren zählen zu den Hauptverbrauchern

⁸⁰ Vgl. Verbrauchsdokumentation, Abteilung TE

⁸¹ Vgl. Verbrauchsdokumentation, Abteilung TE

von NW KST 3870 (QSGU/Umwelt) mit einem Anteil von 9,75 Prozent und KST 3970 (Wasserstoff-Erzeugung & Reinigung) mit 8,4 Prozent.

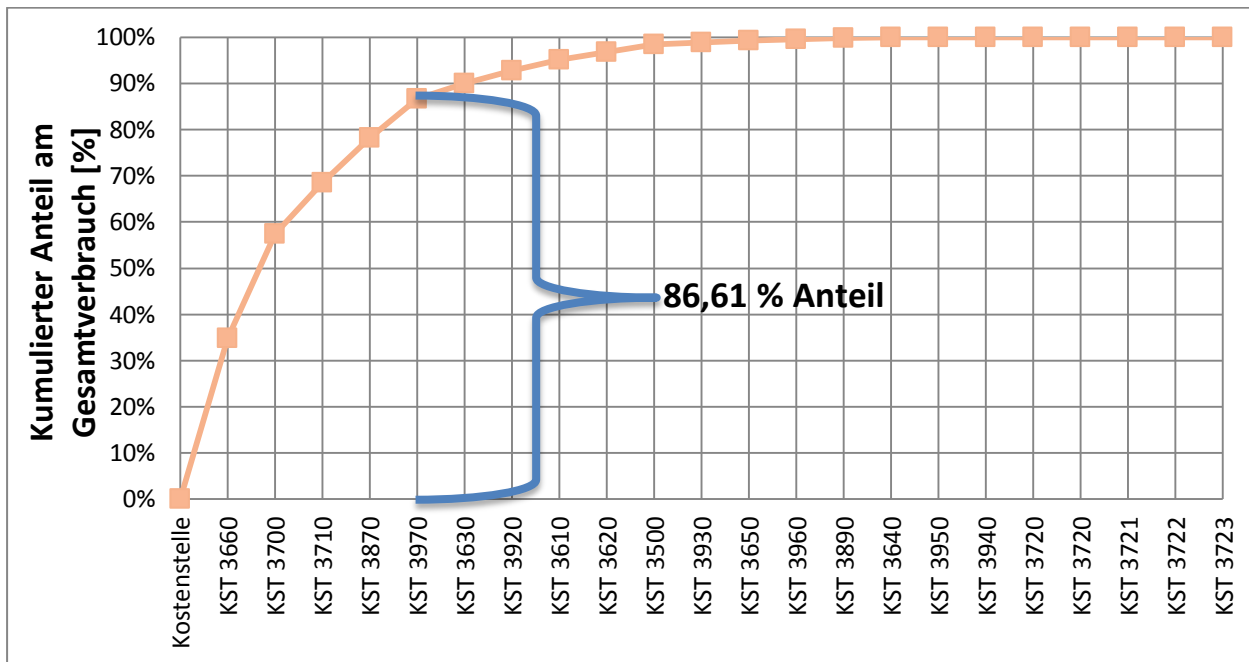


Abbildung 22: Kumulierter NW-Verbrauch⁸²

3.1.3 Energieflussbild

Nach der Ermittlung der Hauptverbraucher von Erdgas, Strom und Nutzwasser kann nun ein Energieflussbild erstellt werden, welches auch unter der Bezeichnung Sankey-Diagramm bekannt ist. Abbildung 23 zeigt dieses Energieflussbild für das Jahr 2013. Die angeführten Kostenstellen zählten zum Großteil auch in den davorliegenden Jahren zu den Hauptverbrauchern des jeweiligen Mediums.

⁸² Vgl. Verbrauchsdokumentation, Abteilung TE

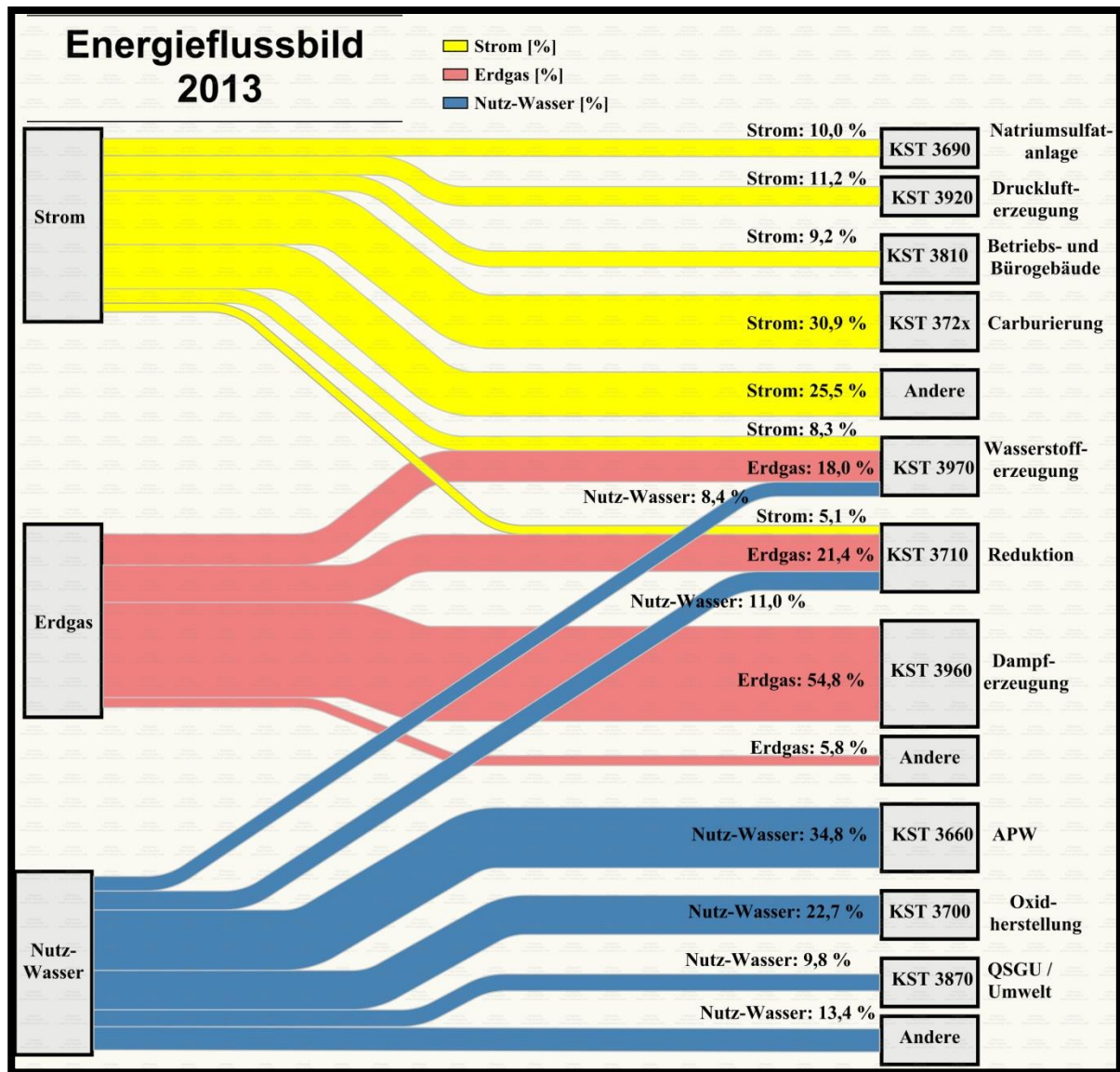


Abbildung 23: Energieflussbild der Hauptverbraucher für das Jahr 2013⁸³

3.1.4 Betriebsübergreifende Energiekennzahl

Oft wünscht sich die Führungsebene einer Unternehmung stark komprimierte Zahlen zur einfachen und schnellen Einordnung des Unternehmens. Für den Standort St. Martin wird dafür bereits folgende Energiekennzahl $EnPI_{Strom}$ gebildet:

$$EnPI_{Strom} = \frac{\text{Stromverbrauch [MWh]}}{\text{Erzeugte W \& WC Pulvermenge [t]}}$$

⁸³ Vgl. Verbrauchsdokumentation, Abteilung TE

In dieser Energiekennzahl wird entweder der gesamte Stromverbrauch (siehe oben), Erdgasverbrauch oder Nutzwasserverbrauch des Standortes der für den Verkauf erzeugten W- und WC-Pulvermenge als Bezugsgröße gegenübergestellt. So erhält man vermeintlich den Aufwand der nötig ist, um eine Tonne Pulver herzustellen.

Die Rohstoffversorgung des Standortes beruht auf dem im eigenen Bergbau gewonnenen Konzentrat aus Mittersill, dem externen Zukauf von Konzentrat aus aller Welt und dem Recycling von wolframhaltigem Material. Diese Konzentrate werden als Primärrohstoffe, der Rohstoff aus dem Recycling als Sekundärrohstoff bezeichnet. Der Produktionsprozess wurde in Abschnitt 1.1 bereits erläutert und in Abbildung 2 dargestellt. Nach der Aufbereitung der Primär- und Sekundärrohstoffe werden diese in weiterer Folge in den Produktionsschritten APW (Erzeugung von APW), Oxidherstellung (WO_3 -Pulver), Reduktion (W-Pulver) und Carburierung (WC-Pulver) weiterverarbeitet.

Zur Absicherung der Versorgung des Standortes werden weiters Halbfertigprodukte zugekauft. Zu diesen Halbfertigprodukten zählen zugekauftes APW und WO_3 -Pulver, welche als Fremd-APW und Fremd- WO_3 bezeichnet werden.

Abbildung 24 zeigt den Materialfluss des Standortes für die Jahre 2013 und 2011. Die genannten Produktionsschritte sind darin als hellblaue Säulen dargestellt. Weiters ist zu erkennen, dass Primär- und Sekundärrohstoff für die Erzeugung von APW verwendet wird. Das Fremd-APW wird zusammen mit dem selbst hergestellten APW in der Oxidherstellung, das Fremd- WO_3 mit dem eigenen WO_3 -Pulver in der Reduktion verwendet. Um den Materialfluss des Standortes darstellen zu können, werden die Rohstoffmengen, APW-Mengen und Pulvermengen einheitlich auf $[WO_3]$ bezogen bzw. umgerechnet.

Dadurch ergibt sich, dass in der Reduktion nach der Umrechnung die größte Menge $[WO_3]$ verarbeitet wird. Aus diesem Grund wird die Säule der Reduktion in der Abbildung mit 100 Prozent gekennzeichnet. Die Prozentangaben in den dargestellten Pfeilen (Primär- und Sekundärrohstoff, Fremd-APW und Fremd- WO_3) und unter den dargestellten Säulen geben also an, welcher Anteil von der in der Reduktion verarbeiteten Menge $[WO_3]$ aus dem jeweiligen Rohstoff, Halbfertigprodukt oder Produktionsschritt stammt. So ergeben die beiden Prozentangaben des Primär- und Sekundärrohstoffs (im Jahr 2013 jeweils 38 Prozent) den Wert für die APW (im Jahr 2013 76 Prozent). Da schon ein Teil der in der Reduktion erzeugten Menge $[WO_3]$ verkauft wird, ist die in der Carburierung verarbeitete Menge $[WO_3]$ geringer (z.B. im Jahr 2013 86 Prozent).

Die Aufbereitung des Sekundärrohstoffes sowie die Produktion von APW sind sehr energieintensiv. In der Abbildung ist zu sehen, dass im Produktionsschritt APW im Jahr 2011 (57 Prozent) deutlich weniger APW selbst produziert wurde als im Jahr 2013 (76

Prozent). Dies wurde durch die hohen Zukaufsmengen an Fremd-APW ausgeglichen. Dadurch wurde im Jahr 2011 auch deutlich weniger Sekundärrohstoff selbst aufbereitet (26 Prozent) als im Jahr 2013 (38 Prozent).

Der zu Beginn genannten Energiekennzahl zufolge, wäre die Energiebilanz desto besser, je mehr Halbfertigprodukte ich zukaufe und je weniger Recycling ich betreibe, weil dadurch am Standort weniger Energie aufgewendet werden muss. Daraus ergäbe sich eine gute Energiekennzahl für das Jahr 2011, jedoch eine schlechte für 2013.

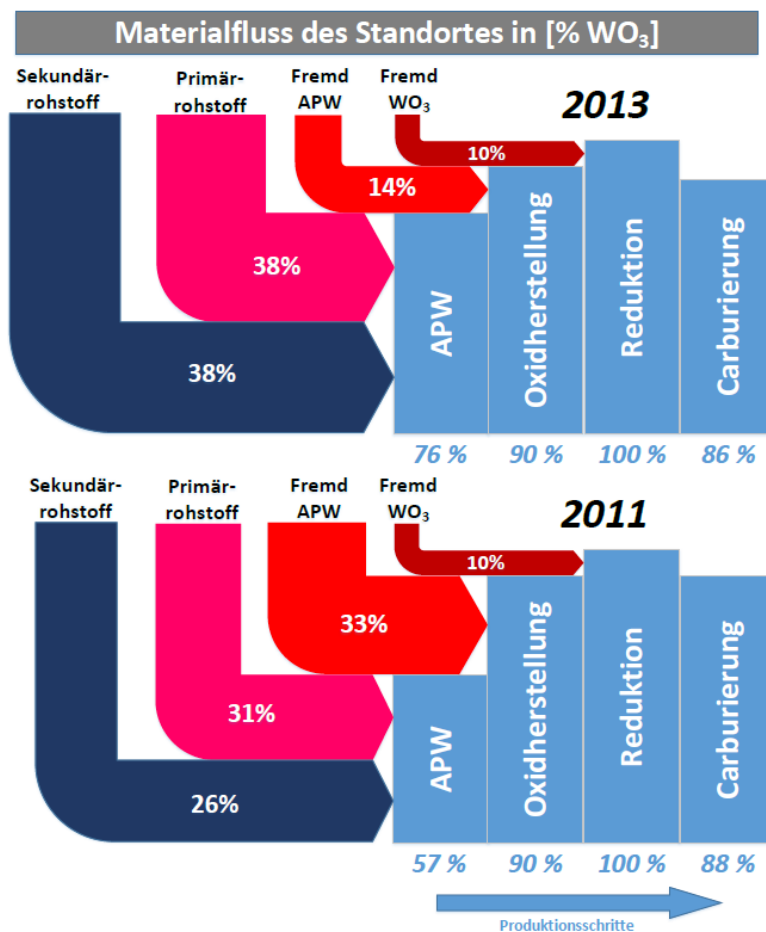


Abbildung 24: Materialfluss am Standort⁸⁴

Um dennoch eine Energiekennzahl bilden zu können, bedarf es einer verursachungsgerechten Zuteilung der benötigten Medien auf die Aufbereitungsschritte Primär- und Sekundärrohstoff sowie die Produktionsschritte. Diese Zuteilung kann für Strom, Erdgas und Nutzwasser erfolgen. Einige Verbrauchswerte von Kostenstellen können direkt zugeordnet werden (z.B. Erdgasverbrauch der KST 3710 zur Reduktion). Jedoch

⁸⁴ Vgl. Verbräuchsdokumentation, Abteilung TE

müssen auch andere Medien verursachungsgerecht auf die Schritte verteilt werden. (z.B. Dampf- und Druckluft-Verbrauch aus KST 3960 und 3920).

In Tabelle 5 ist beispielhaft das Ergebnis einer solchen verursachungsgerechten Zuteilung des Stromverbrauchs ersichtlich. Die angeführten Zahlenwerte in dieser Tabelle entsprechen nicht der Realität und dienen nur zu einer Einordnung des Energieaufwandes für den jeweiligen Schritt. Die Energiekennzahl $EnPI_{Strom}$ gibt den Stromverbrauch je Tonne $[WO_3]$ an. Die Bildung einer solchen Energiekennzahl kann durch die zuvor erwähnte Verbrauchszuordnung für jeden der angegebenen Schritte durchgeführt werden.

Durch die Einteilung in die Prozesse A und B können Aussagen über den gesamten spezifischen Verbrauch des Standortes getroffen werden. Prozess A beinhaltet die Aufbereitung des Sekundärrohstoffs und die darauffolgenden Produktionsschritte. Daneben beinhaltet Prozess B die Aufbereitung des Primärrohstoffs und die weiteren Produktionsschritte. Die Energiekennzahlen der einzelnen Schritte werden in weiterer Folge addiert, um die Energiekennzahl $EnPI_{Strom}$ für einen Prozess zu erhalten. Der energieintensivste Prozess ist Prozess A aufgrund des hohen Aufwands für den Sekundärrohstoff.

	$EnPI_{Strom}$ je Schritt [MWh/t WO_3]	Aufbereitungsschritte		Produktionsschritte				$EnPI_{Strom}$ je Prozess [MWh/t WO_3]
		Sekundärrohstoff	Primärrohstoff	APW	Oxidherst.	Reduktion	Carburierung	
		10	1	9	2	4	2	
Prozess	A	X		X	X	X	X	27
	B		X	X	X	X	X	17

Tabelle 5: Bildung von Betriebs und Bereichs-EnPI

Das dargelegte Vorgehen ist durch die Erfassung und verursachungsgerechten Zuordnung der Verbräuche sehr aufwändig. Weiters ist bei der Bildung der Energiekennzahlen Vorsicht geboten. Wie im folgenden Abschnitt 3.2 angesprochen, kann sich die Ausgangssituation in einzelnen Bereichen laufend ändern (z.B. unterschiedliche Pulverqualitäten in der Carburierung). Das wiederum kann die Vergleichbarkeit der generierten Energiekennzahlen einschränken. Energiekennzahlen lassen jedoch durch dieses Vorgehen zum Beispiel in bestimmte Ebenen unterteilen:⁸⁵

- Betriebs-EnPI
- Bereichs-EnPI
- Maschinen-EnPI

⁸⁵ Vgl. Gleich (2014), S.45

Als allgemeiner Betriebs-EnPI ist die Energiekennzahl $EnPI_{Strom}$ des Prozesses A gut geeignet, da dieser die energieintensivsten Schritte beinhaltet. Betriebs-EnPI beinhalten wichtige Informationen für die Führungsebene.

Bereichs-EnPI sind auf die einzelnen Aufbereitungs- und Produktionsschritte bezogen, welche in Tabelle 5 dargestellt sind. Relevant sind die Informationen für die Verantwortlichen des jeweiligen Schrittes bzw. Bereichs.

Noch detaillierter sind Maschinen-EnPI, welche die energiebezogene Leistung einer Einrichtung detailliert wiedergeben. Diese dienen den Betreibern und Mitarbeitern der jeweiligen Maschine als Informationsquelle. Als Beispiel kann der Stromverbrauch eines HT-Ofens auf die erzeugte Menge an Pulver bezogen werden.

3.2 Analyse von Hauptverbrauchern

Am Beginn dieses Abschnitts erfolgt eine Evaluierung der aktuellen Datenerfassung. Bei den einzelnen Kostenstellen folgt nach einer kurzen Einleitung eine Untersuchung der für Analysen zur Verfügung stehenden Daten. Dabei werden auch bereits gebildete Energiekennzahlen evaluiert und weitere Energiekennzahlen empfohlen. Darauf folgen Empfehlungen wie das aktuelle $EnMo$ verbessert werden kann. Anschließend wird auf die Möglichkeiten, die sich durch das $EnMoS$ ergeben würden, eingegangen. Das Ende des Abschnitts bildet eine kurze Zusammenfassung.

3.2.1 Evaluierung der Datenerfassung

Es stehen Datenaufzeichnungen bezüglich des Verbrauchs an Strom, Erdgas und Nutzwasser der einzelnen KST auf monatlicher Basis zur Verfügung. Hinzu kommen Daten von den jeweiligen Erzeugnissen der KST. Ursprünglich stammen die Daten aus Berichten, die von unterschiedlichen Abteilungen des Standortes monatlich erstellt werden. Diese Daten versucht die Abteilung TE auf Basis des Programms Microsoft Excel zusammenzufassen und auszuwerten. Folgende Daten sind neben den Verbrauchswerten an Erdgas, Strom und Nutzwasser für die hauptverbrauchenden KST relevant:

- Erzeugte Dampfmenge
- Erzeugte Druckluftmenge
- Erzeugte Wasserstoffmenge
- Erzeugte APW-Menge
- Erzeugte WO_3 -, W- und WC-Pulvermenge
- Betriebstage der Drehrohr-, Reduktions- und Carburierungsöfen

In weiterer Folge wird an dieser Stelle die aktuelle Datenerfassung auf ihre Verwendbarkeit für weitere Auswertungen untersucht. Dazu werden allgemeine Probleme der Datenerfassung aufgezeigt, um diese nicht bei jeder KST-Betrachtung eigens erläutern zu müssen.

Erdgas

Die angegebenen Erdgasverbräuche bei den Hauptverbrauchern Dampfkessel, Reduktionsöfen und Wasserstoffherzeugung sind von Mitarbeitern abgelesene Zählerstände. Dadurch sind diese Messdaten für eine weitere Auswertung verwendbar, auch wenn Ablesefehler nicht ausgeschlossen werden können.

Elektrischer Strom

Der gesamte Strom des Standortes fließt über Transformatoren (Trafos) zu den einzelnen KST. Dieser Trafostrom, wird jeweils gemessen und dokumentiert. Jeder Trafo versorgt mehrere KST mit Strom. Über einen von der Abteilung EL festgelegten prozentmäßigen Verteilungsschlüssel wird dieser Strom des Trafos auf die einzelnen KST aufgeteilt. Der Verteilungsschlüssel eines jeden Trafos liegt für die Monate der Jahre 2012 und 2013 vor. Der Verteilungsschlüssel ist nicht statisch über alle Monate, sondern wird leicht angepasst (z.B. auf Basis der monatlichen Betriebsdauer großer Stromverbraucher), wobei nur wenige Anpassungen in der zweiten Jahreshälfte 2013 stattfanden.

Betrachtet man nun einen Trafo, so ist der Verbrauchswert einer KST auch von den Verbräuchen der anderen, vom selben Trafo gespeisten, KST abhängig. Tritt zum Beispiel ein unerwarteter Mehrverbrauch in einer KST auf, so wird den anderen KST automatisch ein höherer Verbrauchswert zugeordnet. Daneben hängt der Stromverbrauch bei vielen KST von der Menge und Qualität der jeweiligen Erzeugnisse ab. Da diese Erzeugungsmengen bei manchen Kostenstellen teils stark variieren, wird durch den Verteilungsschlüssel ein Mehrverbrauch einer KST auch auf die anderen umgelegt. Darüber hinaus werden einige KST von mehreren Trafos mit Strom versorgt. Dadurch ist der Stromverbrauch dieser KST von mehreren Verteilungsschlüsseln abhängig. Darüber hinaus sind durch die Verbrauchszusammenfassung in KST Einzelbewertungen von Verbrauchern nicht möglich.

Nutzwasser

Die NW-Mengen werden weitestgehend von Wasserzählern von Mitarbeitern monatlich abgelesen, wobei wiederum Ablesefehler nicht ausgeschlossen sind.

Erzeugnisse der KST

Der Verbrauch an den eingesetzten Medien ist von der Erzeugungsmenge, also der Menge an erzeugten Gütern der jeweiligen KST, abhängig. Deswegen sind die Daten bezüglich der Erzeugnisse der einzelnen KST äußerst wichtig, um Energiekennzahlen zu bilden und damit in weiterer Folge Effizienzbewertungen durchzuführen.

- Pulvermengen

Die Daten zu den erzeugten Pulvermengen sind in einer Excel-Datei zusammengefasst und werden darin aus sogenannten Pulverbilanzen herausgelesen. Aus diesen Pulverbilanzen geht nicht klar hervor, welche Pulvermengen im gesamten Monat erzeugt worden sind (durch Rückläufe an vorherige Produktionsschritte, interne Lager etc.). Dadurch können sich bei der Verwendung dieser Daten sehr leicht Fehler einschleichen. Des Weiteren sind keine Daten zu den Pulvermengen, die durch die einzelnen Öfen hergestellt worden sind, vorhanden.

- Pulverqualitäten

Das W- und WC-Pulver wird je nach Kundenanforderung in unterschiedlicher Qualität hergestellt. Dafür werden unter anderem die Boote (Behälter, in denen das Pulver den Ofen durchläuft) der Öfen mit unterschiedlichen Mengen an Pulver gefüllt, andere Einstellungen (z.B. Temperatur) an den Öfen gewählt und die Zykluszeit der Boote für den Ofendurchlauf unterschiedlich eingestellt⁸⁶. Diese Parameter wirken sich auf den Energieverbrauch aus. Die zur Verfügung stehenden Daten berücksichtigen diesen Umstand jedoch nicht. Es stehen keine Daten bezüglich der Pulverqualitäten (Unterschiede, zugehörige Pulvermengen, Zuordnung der Pulvermengen zu jeweiligen Ofen) zur Verfügung. Wie stark der Einfluss der jeweiligen Pulverqualität auf den Energieverbrauch ist, steht derzeit noch nicht fest und kann nur mittels Analyse entsprechender Daten geklärt werden. Aus Gesprächen mit der Abteilung Prod/AV geht hervor, dass Daten und Aufzeichnungen dazu in der Abteilung vorhanden sind, jedoch die Freigabe für die Verwendung der Daten zur weiteren Auswertung noch nicht vorhanden ist.

Auch die erzeugte Pulvermenge eines Ofens hängt unter anderem von der Zykluszeit der Boote ab. Darum kann aufgrund der erzeugten Pulvermenge und der Betriebstage nicht automatisch auf die Energieeffizienz eines Ofens geschlossen werden.

Hilfsmedien

Großen Anteil am Energieverbrauch haben die aus Strom und Erdgas erzeugten Hilfsmedien Druckluft, Dampf und Wasserstoff. Eine Verbrauchszuteilung dieser

⁸⁶ Laut Mitarbeiter, Abteilung Prod/AV am 23.07.2014

Medien auf die KST ist in den derzeitigen Aufzeichnungen nicht vorhanden. In das PLS sind einige Messeinrichtungen dieser Medien eingebunden (z.B. Druckluftverbrauch GSM-Mühlen in Carburierung), werden jedoch im Zuge der derzeitigen Dokumentation noch nicht entsprechend aufgezeichnet.

Im Zuge der Untersuchung der Zahlenwerte der erzeugten Hilfsmedien konnte festgestellt werden, dass Werte der erzeugten Druckluft und des erzeugten Wasserstoffs ganz oder teilweise mit entsprechenden Annahmen errechnet werden. Auf diese Aussage wird in der jeweils betroffenen KST eingegangen.

3.2.2 KST 3960 - Dampferzeugungsanlage

Die Dampferzeugung ist mit rund 55 Prozent der mit Abstand größte Erdgasverbraucher am Standort. In dieser Anlage findet die Umwandlung von Permeat in Sattedampf mit 22 [bar_ü] (Überdruck) in mit Erdgas befeuerten Dampfkesseln statt. Der Dampfkessel der Firma Viessmann nahm Mitte des Jahres 2012 den Betrieb auf und löst damit Schritt für Schritt den alten Dampfkessel der Firma LOOS ab. Dieser war im Jahr 2013 noch teilweise in Betrieb, wird in weiterer Folge jedoch nur mehr als Notfallkessel eingesetzt.

Der Viessmann-Kessel ist mit einer Brennwerttechnik ausgestattet und kann dadurch die Verdampfungswärme aus dem Abgas teilweise rückgewinnen. Die Anlage beinhaltet zwei Abgaswärmetauscher ECO₁ und ECO₂, wobei ECO₁ für die Vorwärmung des Speisewassers und ECO₂ für die Rückgewinnung der Abgas-Verdampfungswärme sorgen soll. Die Wärmeenergie aus dem ECO₂ wird für die Vorwärmung des Nutzwassers der Umkehrosmose und zur Vorwärmung des Permeats, welches in den Speisewasserbehälter gelangt, verwendet. In Tabelle 6 sind einige Eckdaten des Viessmann-Dampf-kessels aufgelistet.

Hersteller Dampfkessel:	Viessmann
Type:	Vitomax-HS M79A087
Baujahr:	2011
Dampfleistung:	27 [t/h]
Feuerungswärmeleistung:	19 MW

Tabelle 6: Technische Daten des Dampfkessels⁸⁷

Der Viessmann-Dampfkessel ist auf dem Stand der Technik. Die Erdgasbrenner werden über den Sauerstoffgehalt im Abgas geregelt und das Verbrennungsluftgebläse weist einen Frequenzumrichter auf. Mittels des Speisewasserregelventils und der

⁸⁷ Vgl. Datenblätter Viessmann Dampfkesselanlage

drehzahlgeregelten Pumpen wird der Durchfluss des Speisewassers so geregelt, dass der Wasserstand im Dampfkessel konstant bleibt.⁸⁸

Abbildung 25 veranschaulicht ein einfaches Schema der Dampferzeugungsanlage. Der Dampfkessel wird mit Erdgas befeuert und liefert Dampf. Ein Teil des Dampfes gelangt in den Speiswasserbehälter zur Entgasung. Das Abgas durchläuft ECO₁ sowie ECO₂ und wird anschließend über den Kamin an die Umgebung abgegeben. Der Speiswasserbehälter wird vom Sammelbehälter des Kondensats gespeist. Der erzeugte Dampf wird teilweise direkt in Prozessen verwendet und kann dadurch nicht in den Sammelbehälter rückgeführt werden. Diese Kondensatverluste werden durch von Wärmetauscher 1 vorgewärmtes Permeat ersetzt. Das Speiswasser, welches in den Dampfkessel gelangt, erwärmt sich zuvor in ECO₁. Nutzwasser erwärmt sich im ECO₂ oder alternativ im Wärmetauscher 2 und fließt zur Ultrafiltration.

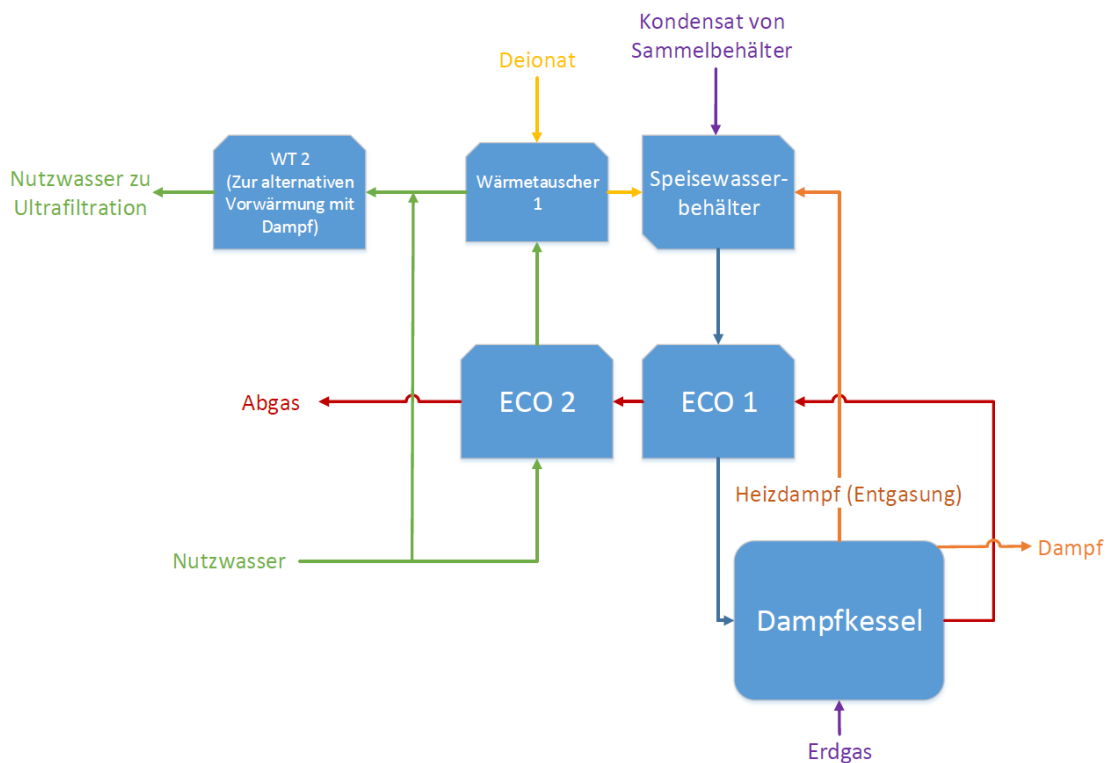


Abbildung 25: Schema der Dampferzeugungsanlage⁸⁹

⁸⁸ Vgl. Dokumentation Viessmann Dampfkesselanlage

⁸⁹ Vgl. Dokumentation Viessmann Dampfkesselanlage

Aktuelles Energiemonitoring

Für die Auswertung stehen die monatlich verbrauchte Erdgasmenge und erzeugte Dampfmenge zur Verfügung. Mit diesen Daten wird die Energiekennzahl $EnPI_{DK_1}$ gebildet. Diese Energiekennzahl stellt die je Tonne erzeugtem Dampf benötigte Erdgasmenge dar:

$$EnPI_{DK_1} = \frac{\text{Erdgasverbrauch [Nm}^3\text{]}}{\text{Dampf erzeugt [t]}}$$

Die monatlich verbrauchte Erdgasmenge beinhaltet das Erdgas von LOOS-Kessel und Viessmann-Kessel. Da in Zukunft nur mehr der Viessmann-Kessel kontinuierlich im Einsatz sein wird, sind die Erdgas- und Dampfmenngen des LOOS-Kessels herausgerechnet worden, um in weiterer Folge nur mehr den Viessmann-Kessel betrachten zu können.

Abbildung 26 zeigt den monatlichen Verbrauch an Erdgas [Nm³] und die erzeugte Dampfmenge [t] des Viessmann-Kessels für das Jahr 2013. In Abbildung 27 ist die monatliche Energiekennzahl $EnPI_{DK_1}$ für das Jahr 2013 ersichtlich. Aus diesen beiden Abbildungen ist zu erkennen, dass der $EnPI_{DK_1}$ auch bei stark variierender Dampfmenge relativ konstant bleibt. Jedoch wirken sich aufgrund des großen Erdgasbedarfs des Dampfkessels auch kleinere Schwankungen der Energiekennzahl erheblich auf den Erdgasverbrauch aus.

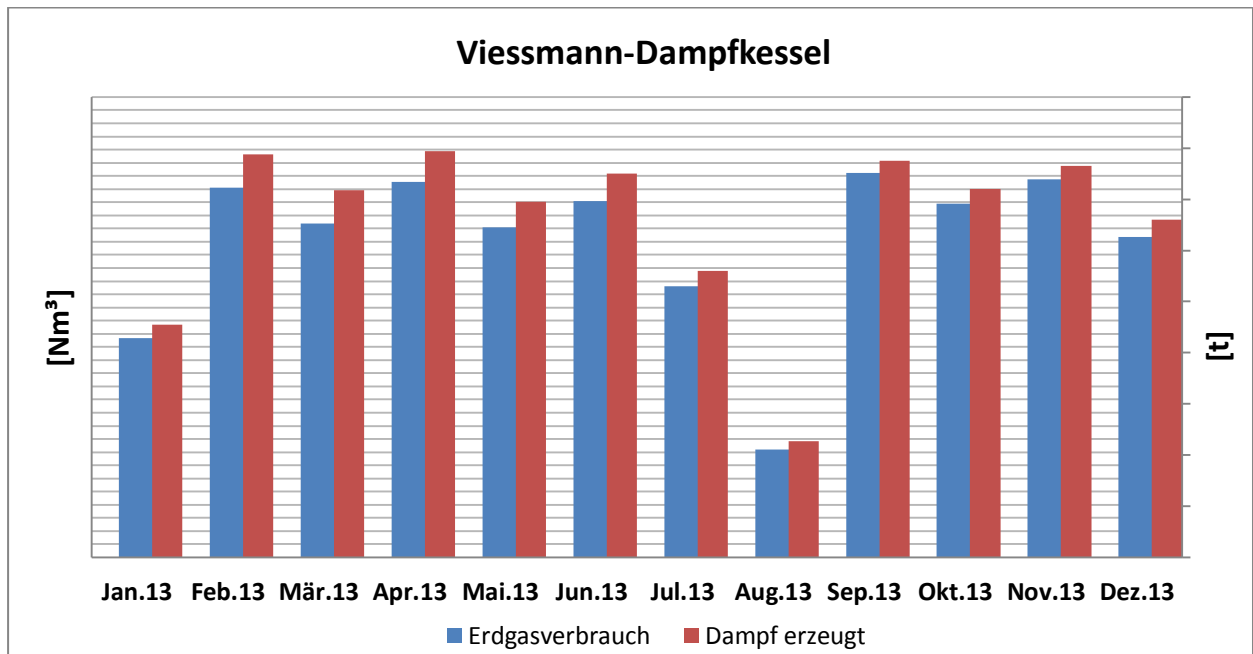


Abbildung 26: Monatlicher Verbrauch an Erdgas und erzeugte Dampfmenge⁹⁰

⁹⁰ Vgl. Verbrauchsdokumentation, Abteilung TE

Der niedrigste Wert für die Energiekennzahl $EnPI_{DK_1}$ wurde im März mit 70,7 $[Nm^3/t]$ erreicht, der höchste Wert im September mit 75,4 $[Nm^3/t]$. Dadurch ergibt sich eine maximale Differenz in der Effizienz von über 6 Prozent für 2013.

Aufgrund der Inbetriebnahme-Phase trat beim Viessmann-Dampfkessel 2013 noch die eine oder andere Schwierigkeit auf und musste öfters ab- und angefahren werden. Dieser Umstand erhöhte entsprechend auch die Verluste. Der Viessmann-Dampfkessel erreichte im Jahr 2013 einen durchschnittlichen $EnPI_{DK_1}$ von 73,07 $[Nm^3/t]$. Die Aufzeichnungen für das erste Quartal 2014 zeigten bereits ein weiteres Absinken des $EnPI_{DK_1}$ auf ca. 72,5 $[Nm^3/t]$.

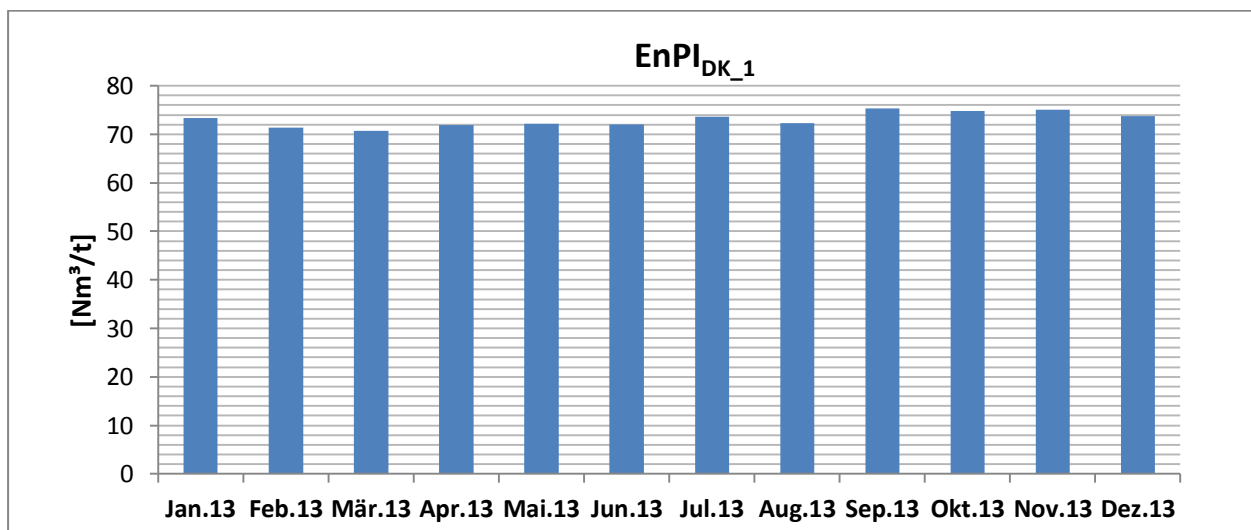


Abbildung 27: Monatlicher $EnPI_{DK_1}$ für den Viessmann Dampfkessel 2013⁹¹

Im nächsten Schritt sollen Informationen über Verursacher der Schwankungen der Energiekennzahl $EnPI_{DK_1}$ eruiert werden. Als Beispiel dienen dabei die Monate April und November 2013. In diesen Monaten waren die Erdgasverbräuche des Viessmann-Kessels sehr ähnlich, jedoch beträgt die Differenz der Energiekennzahl 3,1 $[Nm^3/t]$. Beispiele für Einflussgrößen sind die Anzahl der Anfahrzyklen bzw. Kaltstarts, kontinuierliche Betriebsweise der Anlage, Schwankungen der benötigten Dampfmenge etc.

Empfehlung für Energiekennzahlen

Die wichtige Energiekennzahl $EnPI_{DK_1}$ für die Dampferzeugung ist bereits genannt worden. Diese beinhaltet zwar den Nutzen des ECO_1 , jedoch nicht den des ECO_2 und stellt so nur die Effizienz des Dampfkessels selbst in den Mittelpunkt. Für eine Gesamtbewertung des Systems soll jedoch der Brennstoffnutzungsgrad als $EnPI_{DK_2}$ dienen:

⁹¹ Vgl. Verbrauchsdokumentation, Abteilung TE

$$EnPI_{DK_2} = \eta_{Br}[-]$$

Durch die Betrachtung des Aufwands (Energieinhalt des Brennstoffs) und des Nutzens (Dampf, ECO_2) der Anlage gelangt man zum Brennstoffnutzungsgrad, der anders als der Wirkungsgrad auch das dynamische Verhalten der Anlage und die Verluste mitberücksichtigt:

$$\eta_{Br} = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}} = \frac{m_{Dampf} * (h_{Dampf} - h_{Wasser}) + m_{ECO2} * (h_{NWaus} - h_{NWein})}{V_{Brennstoff} * H_U}$$

- $\eta_{Br} \dots$ Brennstoffnutzungsgrad
- $m_{Dampf} \dots$ Erzeugte Dampfmenge
- $h_{Dampf} \dots$ Enthalpie des Sattdampfes
- $h_{Wasser} \dots$ Enthalpie des Speisewassers aus Speisewasserbehälter
- $m_{ECO2} \dots$ NW-Menge durch ECO_2
- $h_{NWein} \dots$ Enthalpie des Nutzwassers vor ECO_2
- $h_{NWaus} \dots$ Enthalpie des Nutzwassers nach ECO_2
- $V_{Brennstoff} \dots$ Benötigte Brennstoffmenge aus dem $EnPI_{DK_1}$ des Jahres 2013
- $H_U \dots$ Heizwert⁹² von 10,12 [kWh/Nm³]

Tabelle 7 zeigt die Zustandsgrößen für den erzeugten Sattdampf und des Wassers im Speisewasserbehälter zur Berechnung des Brennstoffnutzungsgrades.

Zustandsgröße	Sattdampf	Speisewasser
Druck [bar _i]	22	0,3
Temperatur [°C]	219	107
Enthalpie [kJ/kg]	2803	449

Tabelle 7: Zustandsgrößen für Dampf und Speisewasser⁹³

Mittels des durchschnittlichen $EnPI_{DK_1}$ aus dem Jahr 2013, den Daten aus Tabelle 7 und dem Heizwert kann der Brennstoffnutzungsgrad für das Jahr 2013 berechnet werden. Jedoch ist zu beachten, dass der Nutzen des ECO_2 durch das Fehlen von entsprechenden Daten nicht berücksichtigt werden kann:

⁹² Brennwert aus: Energie-Control Austria (2014), Heizwert ca.: 10 Prozent unter Brennwert

⁹³ IVT (2009)

$$\eta_{Br} = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}} = \frac{m_{Dampf} * (h_{Dampf} - h_{Wasser})}{V_{Brennstoff} * H_U} = \frac{1000[kg] * (2803 \left[\frac{kJ}{kg} \right] - 449 \left[\frac{kJ}{kg} \right])}{73,07 Nm^3 * 10,12 \left[\frac{kWh}{Nm^3} \right] * 3600 \left[\frac{s}{h} \right]}$$

$$\eta_{Br} = 88,4 \%$$

m_{Dampf} ... Dampfmenge aus dem EnPI_{DK_1} des Jahres 2013

$V_{Brennstoff}$... Benötigte Brennstoffmenge aus dem EnPI_{DK_1} des Jahres 2013

Der Wert für den in dieser Form berechneten Brennstoffnutzungsgrad ohne ECO₂ sollte bei 80 Prozent und darüber liegen⁹⁴. Diese Forderung überbietet die neue Anlage erwartungsgemäß ohne Schwierigkeiten. Für den gesamten Brennstoffnutzungsgrad muss der Nutzen des ECO₂ mitberücksichtigt werden. Vereinfacht kann dieser Nutzen auch wie folgt berechnet werden, wobei m_{ECO_2} die Wassermenge durch ECO₂ in [kg] darstellt, c_w der spezifischen Wärmekapazität des Wassers (4,19 [kJ/kgK]) entspricht und für die Temperaturen t_{NWaus} und t_{NWein} die Aus- und Eintrittstemperatur in [°C] eingesetzt wird:

$$m_{ECO_2} * c_w * (t_{NWaus} - t_{NWein})$$

Der Brennstoffnutzungsgrad kann für ein beliebiges Zeitintervall (Jahr, Monat, Tag, Stunde etc.) berechnet werden und daraus abgeleitet können sich wiederum Informationen über eine mögliche Optimierung der Anlage ergeben. Um die Verdampfungswärme des Wassers im Abgas entsprechend zu nutzen, muss die Temperatur des Abgases den Taupunkt des Wasserdampfes von ca. 58 [°C] unterschreiten⁹⁵. Wie im PLS ersichtlich, liegt die durchschnittliche Abgastemperatur im ersten Halbjahr 2014 um einiges höher und erreicht diese notwendige Temperatur nicht. Aufgrund des hohen Erdgasverbrauchs des Dampfkessels wird dadurch eine erhebliche Menge an Energie nicht genutzt.

Kesselwirkungsgrad und Verluste

Ergänzend wird im Folgenden auf den oft verwendeten Kesselwirkungsgrad und die Verluste des Dampfkessels eingegangen. Abbildung 28 zeigt den Kesselwirkungsgrad in Abhängigkeit der Kesselleistung und dem Betriebsdruck für Viessmann-Dampfkessel. Die angegebenen Werte sind gemittelte Werte über alle Kesselgrößen, die mit einem Economiser für die Speisewasservorwärmung von 102 [°C] heißem Speisewasser betrieben werden und einen Sauerstoffgehalt im Abgas von 3 Prozent aufweisen. Der höchste Kesselwirkungsgrad von 94,4 Prozent wird bei einem Kessel

⁹⁴ Vgl. AEA (2013), S.9

⁹⁵ Vgl. Viessmann Werke (2011), S.109

mit 22 [bar_i] an Betriebsdruck bei etwa 65 Prozent der Kesselleistung bezogen auf die Nennleistung erreicht. Das entspricht einer Dampfleistung von 17,5 Tonnen Dampf pro Stunde. Der Viessmann-Dampfkessel wird im Moment etwa bei 50 Prozent seiner Nennleistung betrieben⁹⁶.

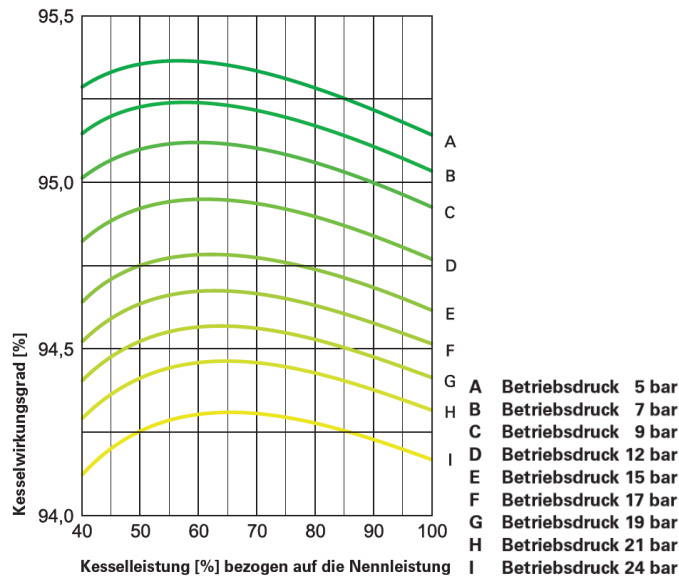


Abbildung 28: Kesselwirkungsgrad über Kesselleistung⁹⁷

Der Kesselwirkungsgrad enthält lediglich Abgas- und Strahlungsverluste und wird im stationären Betrieb gemessen⁹⁸. Meistens wird der Kesselwirkungsgrad bei Dampfkesseln vom Hersteller angegeben. In der Realität sind zusätzlich Abschammverluste, Absalzverluste sowie Entgasungsverluste miteinzubeziehen, die stark von den Bedingungen am jeweiligen Betriebsort abhängen. Daneben spielt noch das instationäre Verhalten durch den veränderlichen Dampfbedarf der Verbraucher eine wichtige Rolle.

Speisewasserverluste entstehen durch das Ausschleusen von Speisewasser aus dem Dampfkessel. Dies geschieht um die Belastung des Kessels mit Salzen zu verhindern (Absalzung) und um Ablagerungen vom Kesselboden zu entfernen (Abschlammung). Bei der Abschlammung sind die Temperatur und die Menge des ausgeschleusten Speisewassers die bestimmenden Größen der Verluste. Diese Verluste können über die Optimierung der Abschammintervalle über das Abschammventil minimiert werden. Die Höhe der Absalzverluste hängt von der Menge des frischen Speisewassers und dessen Qualität (Salzgehalt) ab.⁹⁹

⁹⁶ Durchschnittlich erzeugte Dampfmenge [t/h] aus PLS, 2.Quartal 2014

⁹⁷ Viessmann Werke (2011), S.44

⁹⁸ Vgl. AEA (2013), S.10

⁹⁹ Vgl. Sternberg/Gose (2011), S.250

Auf dem Speisewasserbehälter ist ein sogenannter Entgaserdom angebracht, der im Speisewasser gelöste Gase entfernt. Dieser benötigt dazu eine bestimmte Menge an Heizdampf, der aus dem Dampfkessel abgezweigt wird und in den Speisewasserbehälter gelangt.

Verbesserung des aktuellen Energiemonitorings

In das PLS sind Messungen der momentanen erzeugten Dampfmenge und zwei Zähler für die Messung des Erdgasverbrauchs der beiden Erdgasbrenner eingebunden. Diese erlauben es den $EnPI_{DK_1}$ auch ohne das Ablesen von Zählern zu bilden.

Für die Darstellung des Nutzens von ECO_2 wird eine Durchflussmessung des Nutzwassers, welches durch den ECO_2 fließt und Temperaturmessungen vor und nach dem ECO_2 empfohlen. Mittels dieser Daten kann eine vollständige Berechnung des Brennstoffnutzungsgrades erfolgen. Dieser Nutzungsgrad gibt erstmals darüber Auskunft, welchen Nutzen aus der Brennwerttechnik bzw. aus dem ECO_2 grundsätzlich generiert wird. Geht daraus hervor, dass die Ausnutzung der Brennwerttechnik nur gering ist, so bietet es sich bei zukünftigen Änderungen am Standort eventuell an, den Nutzen des ECO_2 zu erhöhen (z.B. Flüssigkeits-Vorwärmung für andere Anlagen).

Energiemonitoringsystem

Für das EnMoS sind die Messwerte der genannten Messeinrichtungen in das System einzubinden. Im Folgenden sind einige Beispiele angeführt, die den Nutzen des EnMoS zeigen sollen:

- Effizienzüberwachung

Arbeitet der Dampfkessel durch Störungen im System (z.B. Defekt am Erdgas-Brenner) nicht mehr im effizienten Bereich, so ist das über den $EnPI_{DK_1}$ erkennbar. Mithilfe der automatischen Alarmierung der Verantwortlichen durch das EnMoS, können unmittelbar danach Maßnahmen eingeleitet werden. Damit kann in Sonderfällen womöglich eine Unterbrechung der gesamten Produktion verhindert werden (z.B. durch vorsorgliches Anfahren des LOOS-Kessels) und erhebliche Kosten eingespart werden. Bei Bildung von monatlichen EnPI werden diese Effizienzverluste erst bei der Auswertung erkannt.

- Betriebspunkt

Das kontinuierliche EnMo gibt Aufschluss über den optimalen Betriebspunkt der Anlage (z.B. bestimmte erzeugte Dampfmenge), in der die gesamte Anlage am effizientesten Dampf erzeugt. Durch Forcierung des Betriebs in diesem Betriebspunkt kann die Effizienz der Anlage erhöht werden.

- Versuche

Verändert man aus Versuchsgründen gewisse Parameter an der Dampfkesselanlage (z.B. Brennereinstellungen), so können die Auswirkungen auf die Effizienz über die Energiekennzahl sofort überprüft werden.

- Brennstoffnutzungsgrad

Durch das EnMoS wird neben dem Brennstoffnutzungsgrad weiters sichtbar, von welchen Einflüssen der Brennstoffnutzungsgrad bzw. der Grad der Nutzung der Brennwerttechnologie abhängig ist. Daraus können Maßnahmen abgeleitet werden (z.B. durch Anpassung des Steuerungskonzeptes).

- Erdgaskosten

Beim Dampfkessel darf nicht vergessen werden, dass aufgrund des sehr hohen Erdgasverbrauchs bereits geringe Verbesserungen des Jahresdurchschnitts des $EnPI_{DK_1}$ von nur 1 bis 2 $[Nm^3/t]$ große Einsparungen bei den Erdgaskosten bewirken. Durch das EnMoS ergeben sich detaillierte Informationen über das Verhalten der Anlage (z.B. detaillierte Betriebsparameter, Einfluss von großen Dampfverbrauchern) die zur weiteren Reduktion des $EnPI_{DK_1}$ beitragen können.

3.2.3 KST 3710 - Reduktion

Wie in Tabelle 8 dargelegt, hatte die Reduktion im Jahr 2013 21,4 Prozent Anteil am gesamten Erdgasverbrauch, 5,1 Prozent am Stromverbrauch und 11 Prozent am NW-Verbrauch des Standortes.

Medium	Anteil am Gesamtverbrauch
Erdgas	21,4 %
Strom	5,1 %
Nutzwasser	11 %

Tabelle 8: Verbrauchsanteile der KST 3710¹⁰⁰

In der Reduktion erfolgt die Erzeugung von W-Pulver aus WO_3 -Pulver in Reduktionsöfen, deren Befeuerung Erdgasbrenner übernehmen. In den Öfen herrschen Temperaturen von 700 bis 1000 $[^\circ C]$. Das WO_3 -Pulver gelangt mittels sogenannter Boote in den Ofen und wird darin in feines W-Pulver umgesetzt. Ein Ofen besitzt mehrere Ofenrohre, damit mehrere Boote gleichzeitig durch den Ofen geschoben werden können. Dieser Vorgang läuft unter einer Wasserstoffatmosphäre ab. Der Wasserstoff verbindet sich mit den Sauerstoff-Atomen des WO_3 -Pulvers zu Wasser. Dadurch bleibt W-Pulver in

¹⁰⁰ Vgl. Verbrauchsdokumentation, Abteilung TE

den Booten übrig. Die Befüllung und Entleerung der Boote funktioniert weitestgehend automatisch. Daneben sind in der Reduktion noch Mischer zur Homogenisierung des Pulvers vorhanden. In der Reduktionshalle befinden sich 13 Reduktionsöfen, die größtenteils in den letzten Jahren modernisiert wurden. Generell sind sich die vorhandenen Reduktionsöfen im Aufbau ähnlich.

Aktuelles Energiemonitoring

Für die Reduktion liegen die in Tabelle 9 angeführten Daten vor.

Daten auf Monatsbasis
Erdgasverbrauch der einzelnen Öfen
Stromverbrauch Gesamt
Nutzwasserverbrauch Gesamt
Betriebstage der einzelnen Öfen
Gesamte erzeugte Pulvermenge

Tabelle 9: Vorhandene Daten der KST 3710¹⁰¹

Als Energiekennzahl wird der jeweilige gesamte Erdgas-, Strom- oder Nutzwasserverbrauch auf die gesamte erzeugte Pulvermenge bezogen:

$$EnPI = \frac{\text{Mediumverbrauch}}{\text{Erzeugte Pulvermenge}}$$

Das Problem der fehlenden Daten hinsichtlich der verschiedenen Pulverqualitäten wurde bereits im Abschnitt 3.2.1 erläutert.

- Erdgas

Die Erdgasverbrauchsdaten werden von Turbinenradzählern an jedem Ofen abgelesen. Die gebildete Energiekennzahl $EnPI_{Re_1}$ dient als Vergleichsgröße:

$$EnPI_{Re_1} = \frac{\text{Erdgasverbrauch}}{\text{Erzeugte Pulvermenge}} \left[\frac{Nm^3}{t} \right]$$

Bei dieser Energiekennzahl wird der gesamte Erdgasverbrauch der Öfen auf die in der Reduktion erzeugte Pulvermenge bezogen. Im Anhang¹⁰² befindet sich dazu Abbildung 39 mit der grafischen Darstellung des Erdgasverbrauchs, der erzeugten Pulvermenge und der Bildung der Energiekennzahl $EnPI_{Re_1}$. In der Abbildung ist die im Jahr 2013, mit Ausnahme der schwächeren Produktionsmonate Jänner, Juli und August, konstant niedrige Energiekennzahl auffallend im Vergleich zu 2012. Aus diesen Daten pauschale Aussagen für alle Öfen zu tätigen erscheint nicht sinnvoll. Sind die Daten zu den

¹⁰¹ Vgl. Verbrauchsdokumentation, Abteilung TE

¹⁰² Siehe Anhang Kapitel 1

Pulverqualitäten und Pulvermengen eines jeden Ofens vorhanden, so kann der Einfluss auf die Energiekennzahl $EnPI_{Re_1}$ für jeden Ofen getrennt analysiert werden.

- Strom

Große Stromverbraucher in der Reduktion sind unter anderen die Öfen, welche Gebläse und Antriebe beinhalten. Daneben sind noch Mischer und Pumpen in der Reduktion vorhanden. Die Energiekennzahl, die den gesamten Stromverbrauch und die erzeugte Pulvermenge in ein Verhältnis stellt, trägt die Bezeichnung $EnPI_{Re_2}$:

$$EnPI_{Re_2} = \frac{\text{Stromverbrauch}}{\text{Erzeugte Pulvermenge}} \left[\frac{MWh}{t} \right]$$

Den mit Abstand größten Anteil des Stroms bezieht die Reduktion vom Transformator der Schaltanlage KV 100.01. 44 Prozent am Gesamtverbrauch des Trafos wird der Reduktion zugeordnet. Der Schlüssel dieses Transformators blieb für die Reduktion über die beiden Jahre 2012 und 2013 mit 44 Prozentpunkten faktisch konstant.¹⁰³

Im Anhang¹⁰⁴ ist in Abbildung 40 der Verbrauch an Strom, die erzeugte Pulvermenge und die Energiekennzahl $EnPI_{Re_2}$ auf monatlicher Basis grafisch für die Jahre 2012 und 2013 dargestellt. In den Monaten Juli und August stellten sich höhere Energiekennzahlen durch den Betriebsurlaub ein. Im Dezember 2012 war die Energiekennzahl durch die starke Reduzierung der Produktion erhöht. Die in Kapitel 3.2.1 dargestellten Gründe bezüglich der Stromerfassung und Pulverqualitäten lassen weitere Schlüsse aus den vorhandenen Daten nicht zu. Darüber hinaus ist durch die Zusammenfassung des gesamten Stromverbrauchs und der gesamten Pulvermenge keine Effizienzbewertung einzelner Öfen mittels der Energiekennzahl $EnPI_{Re_2}$ möglich.

- Nutzwasser

Jeder Reduktionsofen weist einen sogenannten Waterseal auf. Das NW wird in diesem Waterseal als Sperrwasser für den Wasserstoff verwendet. Daneben dient er zum Kühlen und Auswaschen des Wasserstoffs. Aus dem Fließschema der Begasung eines Ofens ist ersichtlich, dass die NW-Menge über zwei Armaturen manuell eingestellt wird. Für den durch den Waterseal rücklaufenden Wasserstoff gibt es laut Fließschema keine Messung¹⁰⁵.

Die dritte in den Aufzeichnungen gebildete Energiekennzahl $EnPI_{Re_3}$ bezieht den NW-Verbrauch der Reduktion auf die erzeugte Pulvermenge:

¹⁰³ Vgl. Stromaufteilung_2012.xls und Stromaufteilung_2013.xls

¹⁰⁴ Siehe Anhang Kapitel 1

¹⁰⁵ Vgl. Fließschema Begasung RO102

$$EnPI_{Re_3} = \frac{\text{Nutzwasserverbrauch} \left[\frac{m^3}{t} \right]}{\text{Erzeugte Pulvermenge} \left[\frac{m^3}{t} \right]}$$

Im Anhang¹⁰⁶ ist in Abbildung 41 der NW-Verbrauch, die erzeugte Pulvermenge und die Energiekennzahl $EnPI_{Re_3}$ auf monatlicher Basis ersichtlich. Der NW-Verbrauch ist nach derzeitigem Informationstand jedoch nicht direkt proportional zur Pulverproduktion, sondern auch abhängig von der Temperatur des Wasserstoffs und von den Einstellungen, die am Waterseal an den Armaturen gemacht werden¹⁰⁷.

Empfehlung für Energiekennzahlen

Aufgrund der aktuellen Datenlage sollen sich die Energiekennzahlen in einem ersten Schritt auf die einzelnen Pulverqualitäten beziehen. Die Energiekennzahl $EnPI_{Re_1}$ erhält darum folgende Form:

$$EnPI_{Re_1} = \frac{\text{Erdgasverbrauch}}{\text{Erzeugte Pulvermenge einer Pulverqualität}} \left[\frac{Nm^3}{t} \right]$$

Daneben kann eine Energiekennzahl $EnPI_{Re_2}$ den Stromverbrauch für die Erzeugung einer Pulverqualität darstellen:

$$EnPI_{Re_2} = \frac{\text{Stromverbrauch}}{\text{Erzeugte Pulvermenge einer Pulverqualität}} \left[\frac{MWh}{t} \right]$$

Die aufgenommene Leistung bei Betrieb eines Ofens beläuft sich laut Abteilung EL nach einer Messung mittels einer Stromzange auf ca. 13-15 [kW]. Durch den recht geringen Wert soll sich das Energiemonitoring zuerst verstärkt auf den Erdgasverbrauch konzentrieren.

Die Wassermengen am Waterseal werden, wie bereits dargelegt, mittels Armaturen eingestellt. Hier sollen zuerst die Einstellungen an den einzelnen Öfen bezüglich des NW-Verbrauchs untersucht werden. Weiters ist zu klären, welche Energiekennzahl für den NW-Verbrauch unter Berücksichtigung von relevanten Parametern gebildet werden kann und ob weitere Einsparungen an NW an den bestehenden Waterseals überhaupt möglich sind, oder ob dafür alternative Konzepte benötigt werden.

Verbesserung des aktuellen Energiemonitorings

Die einzelnen monatlichen Erdgasverbräuche der Reduktionsöfen werden bereits dokumentiert. Jedoch müssen auch die Pulvermengen der einzelnen Öfen zur Verfügung stehen, um Energiekennzahlen für jeden Ofen bilden zu können. Zu den Daten der Pulvermengen sind auch die jeweiligen Pulverqualitäten anzugeben. Die Pulverqua-

¹⁰⁶ Siehe Anhang Kapitel 1

¹⁰⁷ Vgl. Betriebsanleitung RO102

litäten sind auf ihre Unterschiede in den Einstellungen (z.B. Zykluszeit, Ofentemperaturen, Ofeneinstellungen) zu überprüfen um herauszufinden, welche Auswirkungen sich aus diesen Einstellungen auf den Energieverbrauch ergeben.

Auf Basis dieser Informationen ist in weiterer Folge zu eruieren, welche Reduktionsöfen miteinander über die Energiekennzahl $EnPI_{Re_1}$ vergleichbar sind. Haben die Pulverqualitäten großen Einfluss auf die Energiekennzahl, so sind nur jene Öfen vergleichbar, die Pulver mit der gleichen Qualität herstellen. Haben die Qualitäten nur geringen Einfluss auf den Energieverbrauch, so sind dementsprechend mehrere Öfen miteinander vergleichbar.

Als nächstes können erste Vergleiche stattfinden. Während der Herstellung einer bestimmten Pulverqualität ist der Erdgasverbrauch über den Zähler zu protokollieren und daraus der $EnPI_{Re_1}$ zu bilden. Treten erhebliche Unterschiede bei den $EnPI_{Re_1}$ der Öfen auf, so sind die Ursachen für die Unterschiede zu eruieren. Die eruierten Gründe für die Unterschiede (z.B. Mängel an den Gasbrennern, Einstellungen der Gasbrenner, Gasbrennermodell, Ofen-Einstellungen) bilden die Basis zur Ableitung von Maßnahmen (z.B. Ersatz von Gasbrenner, bestimmte Qualitäten nur auf bestimmten Öfen herstellen).

Mittels temporärer Stromverbrauchsmessungen an den Öfen kann die Energiekennzahl $EnPI_{Re_2}$ gebildet werden und damit eruiert werden, ob sich erhebliche Unterschiede im Stromverbrauch bei der Erzeugung unterschiedlicher Pulverqualitäten ergeben.

Energiemonitoringsystem

Kontinuierliche Messwerte der vorhandenen Turbinenradzähler können laut Abteilung EL aus den Steuerungen der Öfen in das EnMoS eingebunden werden. Jedoch ist in weiterer Folge zu überprüfen, ob diese Zähler an den Öfen die Ansprüche an die Messgenauigkeit langfristig erfüllen können. Laut Abteilung EL verschleissen die vorhandenen Turbinenradzähler und empfehlen deswegen diese Zähler zu ersetzen. Ein neuer wartungs- und verschleißfreier Wirbelzähler ist in einem der Öfen bereits versuchsweise verbaut, jedoch noch nicht getestet worden. Des Weiteren ist es notwendig, Daten zu den erzeugten Pulvermengen, Pulverqualitäten, etc. eines jeden Ofens von der Abteilung Prod/AV (z.B. aus vorhandenem PPS) in das EnMoS automatisch zu integrieren. Informationen darüber, wie und in welcher Form die Daten im PPS vorliegen, sind noch nicht verfügbar. Beispiele für Vorteile des EnMoS sind im Folgenden angeführt:

- Durchführung der Analysen

Bei den zuvor angeführten durchzuführenden Überprüfungen (Einfluss der Pulverqualitäten auf Energieverbrauch etc.) sind die Mitarbeiter stark gefordert (z.B. Notierung der

Ofen-Herstellungsdauer und Daten des Erdgaszählers für jede Pulverqualität etc.). In der Praxis können dabei Fehler unterlaufen und bei einer größeren Zahl an Pulverqualitäten der Aufwand erheblich werden. Dadurch ergibt sich eine lange Analysephase, welche die Motivation der Mitarbeiter sinken lässt. Durch die Einbindung der benötigten Daten in das EnMoS (Erdgasverbrauch, Pulverqualitäten etc.) kann die Analyse schneller und mit geringerer Fehlerwahrscheinlichkeit im EnMoS erfolgen.

- Einflussgrößen

Nach der Analyse stehen die Einflüsse der unterschiedlichen Pulverqualitäten und deren Spezifikationen (Zykluszeit, Temperatureinstellungen etc.) auf den Erdgasverbrauch eines jeden Ofens fest.

- Vergleiche

Mit diesen Daten kann durch Vergleiche der Energiekennzahlen festgestellt werden, welcher Ofen effizienter arbeitet bzw. bei einer bestimmten Pulverqualität am effizientesten arbeitet.

- Produktionsplanung

Das Wissen über die effizientesten Öfen kann bei der Produktionsplanung eingesetzt werden. Diese Öfen sollen eine möglichst hohe Auslastung aufweisen, um dadurch den Erdgasverbrauch zu minimieren. Sind die Unterschiede im Verbrauch eklatant, so sind Überlegungen bezüglich Umbau (z.B. neue Brenner) bzw. Neuanschaffungen möglich.

- Ähnliche Öfen

Sind sich bestimmte Öfen im Aufbau sehr ähnlich, weisen jedoch große Unterschiede im Erdgasverbrauch bei vergleichbaren produzierten W-Pulver auf, so sind dies Hinweise auf fehlerhafte Einstellungen am Ofen (z.B. Einstellungen der Brenner) bzw. auf fehlerhafte Komponenten (z.B. Reparaturbedürftige Brenner). Vor allem nach Veränderungen an den Komponenten (z.B. Wartung) können Unterschiede sofort festgestellt werden.

- Kontinuierlicher Vergleich

Bei keinem System kann über die gesamte Einsatzzeit von einer konstanten Effizienz ausgegangen werden. Das EnMoS überprüft die Öfen laufend auf ihre Effizienz und reagiert bei Überschreitung vorgegebener Effizienzgrenzen sofort auf Abweichungen. So kann auf Ausfälle, die sich durch erhöhten Verbrauch ankündigen, vorab reagiert werden. Damit können zum Beispiel durch Reparaturen oder Anpassung der Produktionsplanung Pulver mit hoher Priorität in der geplanten Zeit produziert werden.

- Zustände ohne Nutzen

Der Erdgasverbrauch in nicht produktiven Zuständen, wie dem Leerlauf oder dem Standby-Betrieb wird quantifizierbar. Durch verbesserte Einstellungen an den Öfen oder verbesserter Produktionsplanung sind diese Verbräuche womöglich zu minimieren.

- Produktkosten

Durch das Wissen über den Erdgasverbrauch einer erzeugten Pulvermenge kann die Kostenzuteilung zu den einzelnen Produkten und damit die Kundenpreisbildung sehr genau erfolgen. Durch das Wissen über den Verbrauch je Produkt kann auch der Erdgasverbrauch genauer geplant werden.

3.2.4 KST 3970 - Wasserstoff- Erzeugung und Reinigung

Die KST 3970 hatte im Jahr 2013 große Anteile am Gesamtverbrauch von Erdgas, Strom und Nutzwasser. In Tabelle 10 sind deren Verbrauchsanteile zusammengefasst.

Medium	Anteil am Gesamtverbrauch
Erdgas	18 %
Strom	8,3 %
Nutzwasser	8,4 %

Tabelle 10: Verbrauchsanteile der KST 3970¹⁰⁸

Wasserstoff (H_2) stellt für den Standort ein wesentliches Hilfsmedium dar. Einen Teil des benötigten H_2 erzeugt ein sogenannter Steam-Reformer aus Erdgas. Der Reformer wird von der Firma Linde betrieben. Neben der Eigenerzeugung kauft der Standort noch zusätzlich H_2 zu.

Ein Teil des H_2 , der in die Produktion gelangt, wird wieder zurückgeführt. H_2 aus dem Steam-Reformer und aus den Tanks wird diesem rückgeführten beigemischt, um die in der Produktion verbrauchte Menge auszugleichen. Diese Menge an H_2 gelangt anschließend in die H_2 -Reinigung, die das H_2 zur Verwendung in der Produktion wieder aufbereitet.¹⁰⁹

Bei der alten H_2 -Reinigungsanlage sind Kaltwassersätze und eine Flüssigkeitsringpumpe die großen Stromverbraucher. Große Mengen an Nutzwasser wurden als Kühlwasser verwendet. Die H_2 -Reinigung wird im Jahr 2014 völlig neu errichtet. Bei der Planung der neuen Anlage wurde bereits auf stromsparende Komponenten geachtet. Als Beispiel ist hier die effiziente neue Flüssigkeitsringpumpe zu nennen. Daneben wird

¹⁰⁸ Vgl. Verbrauchsdokumentation, Abteilung TE

¹⁰⁹ Laut Mitarbeiter H_2 , Abteilung Prod/AV am 12.08.2014

das NW-System in dieser Anlage mittels eines Wasserkreislaufs über Kühltürme realisiert, welches den NW-Verbrauch erheblich senken soll. Dieses neue Kreislaufsystem benötigt für den Betrieb (z.B. Kühlturm) zusätzlich Strom. Durch das System wird jedoch ein Kaltwassersatz nicht mehr benötigt und so reduziert sich insgesamt der Stromverbrauch der Anlage.¹¹⁰ Durch diese Neuerrichtung der H₂-Reinigung sind die bestehenden Daten für Strom und NW für den Standort nicht mehr von großer Bedeutung.

Aktuelles Energiemonitoring

Für die KST 3970 liegen die in Tabelle 11 angeführten Daten vor.

Daten auf Monatsbasis
Erdgasverbrauch Steam-Reformer
Stromverbrauch
Nutzwasserverbrauch
Erzeugte H ₂ -Menge Steam-Reformer

Tabelle 11: Vorhandene Daten KST 3970¹¹¹

- Erdgas

Die erste gebildete Energiekennzahl $EnPI_{H_2-1}$ stellt den Erdgasverbrauch des Steam-Reformers und die erzeugte Wasserstoffmenge in ein Verhältnis:

$$EnPI_{H_2-1} = \frac{\text{Erdgasverbrauch [Nm}^3\text{]}}{\text{Erzeugter Wasserstoff [Nm}^3\text{]}}$$

Daraus kann, wie in Abbildung 29 ersichtlich, die Energiekennzahl $EnPI_{H_2-1}$ des Steam-Reformers gebildet werden. Jedoch weist diese Energiekennzahl einen konstanten Wert über fast zwei Jahre auf. Aus diesem Grund ist es naheliegend, dass die erzeugte H₂-Menge aus dem Erdgasverbrauch mittels eines konstanten Faktors errechnet wird. Der Erdgasverbrauch wird monatlich von einem Zähler an der Erdgasleitung des Steam-Reformers abgelesen. Dadurch ist es nicht möglich aus den vorhandenen Daten Aussagen bezüglich der Effizienz zu tätigen.

¹¹⁰ Laut Mitarbeiter H₂, Abteilung Prod/AV am 12.08.2014

¹¹¹ Vgl. Verbrauchsdokumentation, Abteilung TE

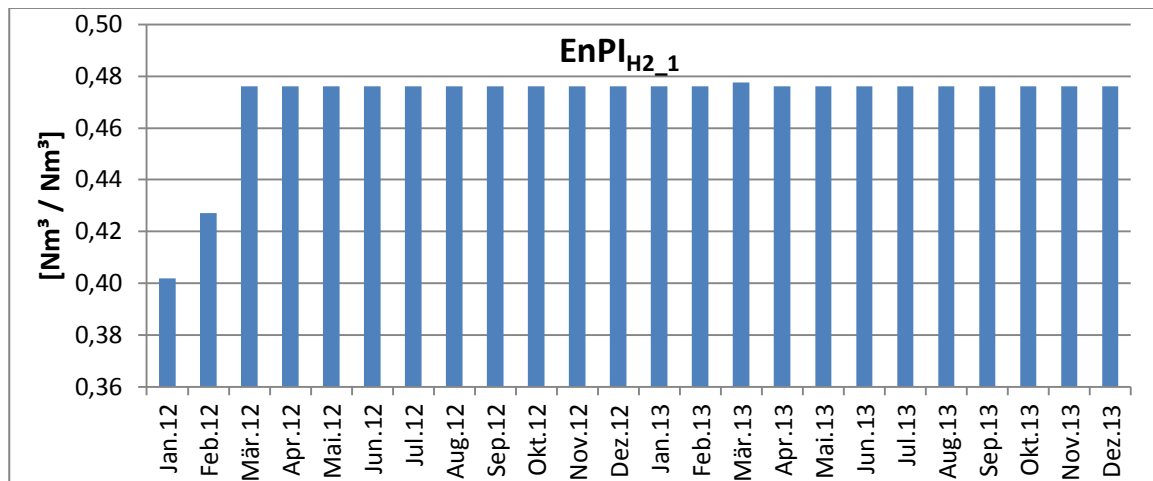


Abbildung 29: Darstellung der Energiekennzahl EnPI_{H2_1}¹¹²

- Strom

Eine weitere Energiekennzahl bezieht den Stromverbrauch der KST auf die erzeugte H₂-Menge. Aufgrund der zuvor beschriebenen Tatsache, dass nicht nur der Wasserstoff aus dem Steam-Reformer die H₂-Reinigung durchläuft, sondern auch der rückgeführte Anteil aus der Produktion und der Anteil aus den Tanks, liefert diese Energiekennzahl keine aussagekräftigen Informationen. Die KST wird bzw. wurde laut Stromverteilungsplan von drei Transformatoren versorgt. Dieser Strom wurde nicht gemessen, sondern wiederum über Verteilungsschlüssel zugeordnet.

- Nutzwasser

Auch der NW-Verbrauch wird auf die erzeugte H₂-Menge bezogen und damit eine Energiekennzahl gebildet. Hier kann der Verbrauch an NW, deren Verbrauch in der H₂-Reinigung erfolgte, wiederum nicht nur auf die erzeugte H₂-Menge des Steam-Reformers bezogen werden.

Empfehlung für Energiekennzahlen

Die bereits beschriebene Energiekennzahl EnPI_{H2_1} kann für Effizienzbeurteilungen des Steam-Reformers verwendet werden. Darüber hinaus soll die Energiekennzahl EnPI_{H2_2} den spezifischen Stromverbrauch der neuen H₂-Reinigungsanlage darstellen:

$$EnPI_{H2_2} = \frac{\text{Stromverbrauch [kWh]}}{\text{Wasserstoff – Reinigungsanlage [Nm}^3\text{]}}$$

¹¹² Vgl. Verbrauchsdokumentation, Abteilung TE

Bei den Hauptstromverbrauchern in der neuen H₂-Reinigungsanlage werden laut Abteilung Prod/AV Strommessungen vorbereitet. Weiters soll eine Messung des Wasserstoffs nach der neuen Reinigungsanlage vorhanden sein.

Durch den zu erwartenden sehr geringen zukünftigen NW-Verbrauch in der H₂-Reinigungsanlage und der Abhängigkeit von mehreren Parametern (Umgebungstemperatur, Eindickung des NW im Kreislauf etc.), ist die Bildung und Notwendigkeit einer aussagekräftigen Energiekennzahl nach Fertigstellung des Systems zu prüfen.

Verbesserung des aktuellen Energiemonitorings

Für die Bildung einer aussagekräftigen Energiekennzahl $EnPI_{H_2_1}$ steht neben dem Erdgasverbrauchszähler eine Durchflussmessung des erzeugten Wasserstoffs zur Verfügung¹¹³.

Der Steam-Reformer wird von der Firma Linde betrieben. Die Energiekennzahl $EnPI_{H_2_1}$ dient zur Überprüfung der Effizienz des Steam-Reformers und zur Ermittlung der Kosten, die sich aus der H₂-Eigenerzeugung ergeben. Eventuell lässt sich die Energiekennzahl $EnPI_{H_2_1}$ daraufhin mit Vergleichswerten (z.B. Werte aus Datenblättern des Steam-Reformers bzw. Werte von Firma Linde) evaluieren. Daneben ist es für den Standort eventuell interessant, Vergleiche mit den Informationen bezüglich der gesamten Kosten je Kubikmeter Wasserstoff in der Eigenherstellung und den Kosten des zugekauften Wasserstoffs anzustellen.

Mit den vorgesehenen Strommessungen in der H₂-Reinigung und der Messung für den gereinigten Wasserstoff aus der Reinigungsanlage kann zukünftig die Energiekennzahl $EnPI_{H_2_2}$ gebildet werden.

Energiemonitoringsystem

Zur Bildung der Energiekennzahl $EnPI_{H_2_1}$ sind die Messwerte des Erdgaszählers des Steam-Reformers und die Messung des erzeugten Wasserstoffs in das EnMoS zu integrieren. Aus dem Erdgaszähler des Steam-Reformers können nach Informationen der Abteilung EL kontinuierlich Messwerte ausgelesen werden. Diese Werte des Zählers sind zuerst auf ihre Tauglichkeit für das kontinuierliche EnMo zu prüfen.

Für die Energiekennzahl $EnPI_{H_2_2}$ sind die zukünftigen Strommessungen der H₂-Reinigung sowie die Messung für den gereinigten Wasserstoff in das EnMoS einzubinden. Einige Vorteile, die sich aus dem EnMoS ergeben, sind im Folgenden angeführt:

¹¹³ Laut Mitarbeiter-EnMoS, Abteilung EL am 11.08.2014

- Betriebspunkt

Mit dem EnMoS kann der optimale Betriebspunkt bzw. Betriebsbereich des Steam Reformers festgestellt werden. So erkennt man mittels des $EnPI_{H_2,1}$ bei welchen Werten der Einflussgrößen (z.B. momentane erzeugte H_2 -Menge) der Steam Reformer optimal arbeitet. Auch für die H_2 -Reinigung kann der optimale Betriebspunkt bestimmt werden, bei dem der $EnPI_{H_2,2}$ die geringsten Werte einnimmt.

- Kostenvergleich

Weiß man über den optimalen Betriebspunkt Bescheid und ist die Effizienz bei anderen Betriebspunkten relativ schlecht, so kann durch dieses Wissen beim Steam-Reformer z.B. ein Optimum zwischen Zukauf und Eigenerzeugung von H_2 gefunden werden.

- Vorwarnung

Erhöhte Verbräuche können Hinweise auf notwendige Wartungsarbeiten oder Ausfälle geben. Steuerungen erkennen Probleme einer Anlage oft erst bei Ausfall von Aggregaten. So kann frühzeitig durch eine Reparatur oder anderen Maßnahmen (z.B. vorsorgliches Auffüllen des H_2 -Lagers) negative Folgen für das Unternehmen verhindert werden.

3.2.5 KST 372x - Carburierung

Die Carburierung zählt zu den Hauptstromverbrauchern mit einem Anteil am Gesamtstromverbrauch von 30,9 Prozent im Jahr 2013. Dabei haben die drei Hochtemperatur-Öfen jeweils eigene Kostenstellen (3721,3722, 3723), die mit der allgemeinen Kostenstelle der Carburierung (3720) zusammengefasst wurden. Die Aufteilung des Stromverbrauchs auf die Hochtemperatur-Öfen und die restliche Carburierung ist in Tabelle 12 ersichtlich. Daraus ist erkennbar, dass rund 42 Prozent des gesamten Stromverbrauchs auf die drei HT-Öfen entfallen.

Verbraucher	Anteil am Gesamtverbrauch der Carburierung in [%]
HTH-1	13,6%
HTH-2	14,1 %
HT-Elino	14,5 %
Restliche Carburierung	57,8 %

Tabelle 12: Aufteilung des Stromverbrauchs der Carburierung für 2013¹¹⁴

In diesem Teil der Produktion entsteht aus dem W-Pulver, welches in der Reduktion erzeugt wird, WC-Pulver. Anfangs erfolgt die Vermischung des W-Pulvers mit Ruß. Zur Erzeugung von WC-Pulver aus diesem W&C-Gemisch stehen zwei unterschiedliche

¹¹⁴ Vgl. Verbrauchsdokumentation, Abteilung TE

Ofenarten zur Verfügung, die jeweils mit Strom beheizt werden. Die beiden Ofenarten werden in dieser Arbeit als Carburierungs-Öfen (C-Öfen) und Hochtemperatur-Öfen (HT-Öfen) bezeichnet. Die C-Öfen arbeiten bei Temperaturen von ca. 1500 [°C]. In den HT-Öfen herrschen Temperaturen von über 2000 [°C]. In der Carburierung sind 40 C-Öfen vorhanden, die in drei Batterien (C-Ofen 1-10, 11-25 und 26-40) zusammengeschlossen sind. Von den HT-Öfen sind drei Stück am Standort vorhanden. Abhängig von der jeweiligen Pulverqualität wird das WC-Pulver entweder in einem HT-Ofen oder eine C-Ofen-Batterie erzeugt. Dabei gelangt das W&C-Gemisch zuerst in Boote, die anschließend durch den Ofen geschoben werden.

Aktuelles Energiemonitoring

Für die Carburierung stehen die in Tabelle 13 angeführten Daten zur Verfügung.

Daten auf Monatsbasis
Stromverbrauch Carburierung (KST 3720)
Stromverbrauch der einzelnen HT-Öfen
Gesamte erzeugte Pulvermenge
Betriebstage der einzelnen Öfen

Tabelle 13: Vorhandene Daten der Carburierung¹¹⁵

Bei der Energiekennzahl $EnPI_{Ca_1}$ wird der gesamte Stromverbrauch der Carburierung auf die gesamte erzeugte Pulvermenge eines Monats bezogen:

$$EnPI_{Ca_1} = \frac{\text{Stromverbrauch}}{\text{Erzeugte Pulvermenge}} \left[\frac{MWh}{t} \right]$$

Ähnlich wie in der Reduktion das W-Pulver, wird das WC-Pulver je nach Kundenwunsch hergestellt. Dazu gibt es auch in der Carburierung unterschiedliche Pulverqualitäten. Je nach Pulverqualität werden andere Mühlen und Mischer durchlaufen, die jeweils sehr unterschiedliche Laufzeiten und Stromaufnahmen aufweisen. Auch die Wahl des Ofens ist von der Pulverqualität abhängig. In Abschnitt 3.2.1 ist das Problem der Pulverqualitäten bereits näher dargestellt worden.

Die sich im Anhang¹¹⁶ befindende Abbildung 42 zeigt in zwei Diagrammen den gesamten Stromverbrauch der Carburierung inklusive der HT-Öfen, die erzeugte Pulvermenge und die daraus gebildete Energiekennzahl $EnPI_{Ca_1}$ auf monatlicher Basis. Mit Ausnahme der Monate August 2012 und 2013, die durch den Betriebsurlaub einen sehr hohen $EnPI_{Ca_1}$ aufweisen, fällt nur der Monat Jänner 2013 mit einem erhöhten Wert auf. Weitere Aussagen sind aufgrund der in Abschnitt 3.2.1 dargelegten Probleme und

¹¹⁵ Vgl. Verbrauchsdokumentation, Abteilung TE

¹¹⁶ Siehe Anhang Kapitel 2

der Zusammenfassung des Stromverbrauchs aller Einrichtungen der Carburierung nicht sinnvoll.

Aus den Daten zu den Verteilungsschlüsseln des Jahres 2013 der Abteilung EL ist zu erkennen, dass die prozentmäßigen Anteile am Stromverbrauch der HT-Öfen HTH-1 und HTH-2 über deren in den Daten angeführten Betriebstage festgelegt wurden. Weisen diese HT-Öfen eine gleiche Anzahl an Betriebstagen auf, so ist auch deren Stromverbrauch größtenteils gleich. Diese Daten zu den Betriebstagen stimmen jedoch nicht immer mit den Angaben zu den Betriebstagen aus den Monatsberichten überein. Weiters haben die HT-Öfen unterschiedliche Anschlussleistungen und produzieren teilweise auch WC-Pulver bei nur ca. 1500 [°C], also lediglich bei Teillast.

Empfehlung für Energiekennzahlen

Aufgrund der aktuellen Datenlage soll sich die Energiekennzahl $EnPI_{Ca_1}$ in einem ersten Schritt auf die einzelnen Pulverqualitäten beziehen:

$$EnPI_{Ca_1} = \frac{\text{Stromverbrauch}}{\text{Erzeugte Pulvermenge einer Pulverqualität}} \left[\frac{MWh}{t} \right]$$

Verbesserung des aktuellen Energiemonitorings

Wie bei der Reduktion bereits näher angeführt, soll der Einfluss der Pulverqualitäten auf den Energieverbrauch eruiert werden. Dazu müssen die Daten zu den Spezifikationen der Pulverqualitäten (Temperatureinstellungen, Zykluszeit etc.) und die jeweiligen erzeugten Pulvermengen eines jeden Ofens verfügbar sein. Damit kann eruiert werden, welche Öfen prinzipiell vergleichbar sind. Da Pulvermengen, die in den C-Ofen-Batterien auch bei entsprechender Temperatur in HT-Öfen erzeugt werden, ist auch ein solcher Vergleich interessant. Bei den HT-Öfen und C-Ofen-Batterien werden mittlerweile Strommessungen durchgeführt. Auf Basis dieser ersten Analyse können Vergleiche der Öfen stattfinden. Auch bei weiteren Aggregaten (z.B. Kugelmühlen) wird der Stromverbrauch bereits gemessen.

Energiemonitoringsystem

Das EnMoS kann die Stromverbräuche der C-Ofen-Batterien und der HT-Öfen kontinuierlich erfassen. Laut Informationen der Abteilung EL können auch eventuell relevante Daten aus den Ofensteuerungen in das EnMoS aufgenommen werden. Des Weiteren ist es zu empfehlen, Daten zu den erzeugten Pulvermengen, Pulverqualitäten, etc. eines jeden Ofens von der Abteilung Prod/AV (eventuell aus vorhandenem PPS) in das EnMoS automatisch zu integrieren. In welcher Form die Daten im PPS der Abteilung vorliegen, ist derzeit noch nicht bekannt. Beispiele, die den Nutzen des EnMoS zeigen sollen, sind nachfolgend angeführt:

- Durchführung der Analysen

Die Analysephase ist jener der Reduktion sehr ähnlich. Bei den Analysen (Einfluss Pulverqualität, Ofeneinstellungen, Ofentemperaturen etc.) sind die Mitarbeiter zur Dokumentation notwendiger Daten stark eingebunden (Pulverqualität, Herstellungsdauer, Start-und Endzeit etc.). Die Qualität der Analyse hängt dadurch sehr stark vom Engagement der Mitarbeiter ab. Durch die Einbindung der benötigten Daten in das EnMoS (Erdgasverbrauch, Pulverqualitäten) kann die Analyse direkt im EnMoS erfolgen.

- Einflussgrößen

Die Einflüsse der Pulverqualitäten und deren Parametern (z.B. Zykluszeit, Temperatureinstellungen am Ofen etc.) auf den jeweiligen Stromverbrauch der Öfen können quantifiziert werden.

- Vergleiche

Vergleiche von HT-Öfen und C-Ofen-Batterien geben Auskunft über effiziente Öfen bzw. über jene Öfen, die bei der Herstellung einer bestimmten Pulverqualität effizient arbeiten. Beim direkten Vergleich der HT-Öfen mit C-Ofen-Batterien lässt sich eruieren, welche Ofenart für die Erzeugung von bestimmten Pulverqualitäten aus energetischer Sicht besser geeignet ist. Ergeben sich daraus große Unterschiede, so kann zum Beispiel auch ein Austausch eines Ofens in Betracht gezogen werden.

- Produktionsplanung

Die effizientesten Öfen sollen auch bei der Produktionsplanung berücksichtigt werden. Die Auslastung dieser Öfen soll hoch sein, um dadurch insgesamt den Stromverbrauch zu verringern.

- Ofenausfall

Ofenausfälle treten öfters auf. Durch eine kontinuierliche Messung wird aufgrund eines veränderten Stromverbrauchs womöglich erkennbar, ob ein unmittelbarer Ausfall bevorsteht. Dieses Wissen kann in die Produktionsplanung miteinfließen, um zum Beispiel Aufträge mit hoher Priorität vorzuziehen.

- Leerlauf- und Standby-Verbrauch

In Zuständen in denen kein Nutzen generiert wird, wie dem Leerlauf oder dem Standby-Betrieb, verbrauchen die Öfen auch Strom. Sind diese Stromverbräuche doch wesentlich am Stromverbrauch beteiligt, so sind weitere Maßnahmen in Betracht zu ziehen (z.B. Verbesserte Produktionsplanung, Erhöhung des Automatisierungsgrades).

- Energieverbrauch und Energiekosten einer Pulverqualität

Abhängig von der Pulverqualität, werden verschiedene Aggregate (Mischer, Mühlen etc.) zur Herstellung eingesetzt. Dadurch benötigt jede Pulverqualität für die Herstellung eine bestimmte Strommenge. Durch Messungen an den Aggregaten kann eine exakte Kostenzuteilung und Kundenpreisbildung zu den einzelnen Pulverqualitäten erfolgen.

- Weitere Aggregate

Neben den Öfen sind auch bei anderen Aggregaten Stromverbrauchsmessungen vorhanden (z.B. Kugelmühlen), die es ermöglichen, laufende Effizienzvergleiche wie bei den Öfen durchzuführen.

3.2.6 KST 3920 - Druckluftherzeugung

Eine der teuersten Energieformen in der Industrie stellt die Druckluft dar. Mit einem Anteil von rund 11 Prozent am Gesamtstromverbrauch im Jahr 2013, ist die Druckluftherzeugung ein Hauptverbraucher des Standortes.

Bezeichnung	Leistung [kW]
Druckluftkompressor ZR4-57	250
Druckluftkompressor ZR4-50	160
Druckluftkompressor ZR315 VSD	300

Tabelle 14: Schraubenkompressoren der Druckluftherzeugung¹¹⁷

Tabelle 14 zeigt eine Auflistung der eingesetzten Schraubenkompressoren. Diese erzeugen Druckluft mit einem Betriebsdruck von 7,4 [bar_ü]. Instrumentenluft steht bei einem Druck von 6 [bar_ü] zur Verfügung.

Der größte Kompressor (VSD) ist drehzahl geregelt und weist eine Anschlussleistung von 300 [kW] auf. Die Kompressoren mit den Bezeichnungen ZR4-57 und ZR4-50 sind Spitzenlastkompressoren, bei denen keine Drehzahlregelung erfolgt. Das Druckluftmanagement führt eine Steuerung der Firma Atlas Copco durch. Die Steuerung verläuft innerhalb eines festgelegten Druckbandes. Der VSD-Kompressor ist für die Deckung der Grundlast des Druckluftbedarfs zuständig. Dieser versucht einen Druck von 7,4 [bar_ü] im Druckluftnetz zu halten. Steigt der Bedarf an Druckluft jedoch an, schaltet die Steuerung je nach Höhe des Bedarfs bzw. Druckabfalls einen oder zwei der Spitzenlastkompressoren hinzu. Die Spitzenlastkompressoren werden starr mit fixen Liefermengen betrieben. Sind Spitzenlastkompressoren in Betrieb, liefert der VSD-

¹¹⁷ Vgl. Datenblätter Kompressoren

Kompressor die restliche benötigte Menge an Druckluft, um so den Druckabfall auszugleichen.

- Leckageverluste

Leckagen in einem Druckluftnetz sind bis zu einem gewissen Grad unvermeidbare Verluste. Auch Leckagen beeinflussen die Stabilität des Druckluftnetzes, da diese einem kontinuierlichen Druckluft-Verbraucher entsprechen. Ein vernünftiger Zielwert für Leckageverluste ist ein Wert von 10 Prozent. Die Reduktion des Anteils unter diesen Wert ist in den meisten Fällen nur mit hohem Aufwand zu erzielen.¹¹⁸

Informationen über die Leckageverluste der Druckluftleitungen und Einbauten brachten zwei Leckage-Untersuchungen am Standort. Diese kamen zu dem Ergebnis, dass ungefähr 10 Prozent der erzeugten Druckluft durch Leckagen verloren gehen.¹¹⁹

Das Druckluftnetz sollte regelmäßig einer Leckage-Überprüfung unterzogen werden. Hörbar sind Druckluftleckagen infolge des hohen Geräuschpegels vor allem in der produktionsfreien Zeit. Bei Anlagenstillständen und im alljährlichen Betriebsurlaub sollte darum ein (nächtlicher) Rundgang stattfinden, um etwaige Geräusche von austretender Druckluft wahrzunehmen. Daneben kann ein Ultraschallgerät als Unterstützung zum Einsatz kommen. Dieses kann auch bei störenden Nebengeräuschen Leckagen aufspüren.

Aktuelles Energiemonitoring

Wie in Tabelle 15 dargestellt, sind in den zur Verfügung stehenden Daten zur Auswertung der Stromverbrauch der KST 3920 und die gesamte erzeugte Druckluftmenge auf Monatsbasis vorhanden.

Daten auf Monatsbasis:
Stromverbrauch Gesamt
Erzeugte Druckluft Gesamt

Tabelle 15: Vorhandene Daten der KST 3920¹²⁰

Aus diesen Daten wird eine Energiekennzahl $EnPI_{DL_1}$ gebildet. Diese Energiekennzahl stellt das Verhältnis von Stromverbrauch der Kostenstelle zu der erzeugten Druckluftmenge dar. Die erzeugte Druckluft wird auf den Normzustand bezogen, der bei einem Druck von 1,013 [bar], einer Temperatur von 0 [°C] und einer Luftfeuchtigkeit von 0 [%] liegt.

¹¹⁸ Vgl. Fraunhofer (2006), S.1

¹¹⁹ Laut Mitarbeiter, Abteilung TE am 07.05.2014

¹²⁰ Vgl. Verbrauchsdokumentation, Abteilung TE

$$EnPI_{DL_1} = \frac{\text{Stromverbrauch [kWh]}}{\text{Erzeugte Druckluft [Nm}^3\text{]}}$$

Zur Auswertung der Daten ist in Abbildung 30 die genannte Energiekennzahl $EnPI_{DL_1}$ auf jährlicher Basis dargestellt. Dazu ist der gesamte Stromverbrauch eines Jahres auf die gesamte erzeugte Druckluftmenge bezogen worden. Auffallend ist der Anstieg dieser Energiekennzahl im Jahr 2013. Bezogen auf das Jahr 2012 erhöhte sich der $EnPI_{DL_1}$ von 0,119 auf 0,144 [kWh/Nm³] im Jahr 2013 um rund 21 Prozent.

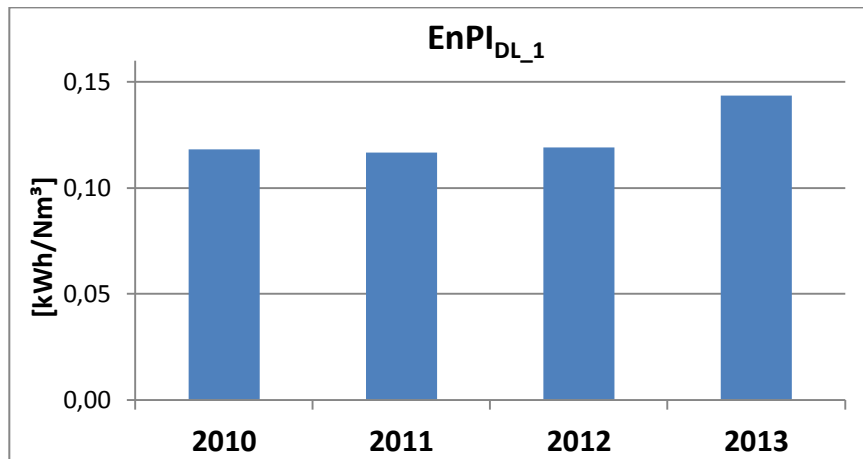


Abbildung 30: Energiekennzahl $EnPI_{DL_1}$ der Jahre 2010-2013¹²¹

Zusätzlich befindet sich im Anhang¹²² Abbildung 43, die den Stromverbrauch, die erzeugte Druckluftmenge und die Energiekennzahl $EnPI_{DL_1}$ auf monatlicher Basis für die Jahre 2012 und 2013 grafisch darstellt. Auffallend ist in der Abbildung vor allem, dass der Stromverbrauch der Monate September bis Dezember 2013 ständig steigt, obwohl die erzeugte Druckluftmenge sinkende Tendenz aufweist. Dadurch erhöht sich naturgemäß auch die Energiekennzahl stetig. Darüber hinaus erreicht die Energiekennzahl im Dezember 2013 mit dem Wert 0,19 [kWh/Nm³] den mit Abstand höchsten Wert der vergangenen zwei Jahre. Es gibt mehrere mögliche Gründe für diesen plötzlichen Anstieg. Der Stromverbrauch der Druckluftherzeugung ist durch die Speisung von zwei Trafos von zwei Verteilungsschlüsseln abhängig. Wie in Kapitel 3.2.1 erläutert, kann dadurch ein veränderter Stromverbrauch einer anderen Kostenstelle auf dem Verbrauchsanteil der KST 3920 Einfluss nehmen.

Die Ermittlung der erzeugten Druckluft ist für den VSD-Kompressor und den beiden Spitzenlastkompressoren unterschiedlich. Die erzeugte Druckluftmenge des VSD-Kompressors wird aus dem Bedienpanel der Druckluftsteuerung in Bauwerk 6 monat-

¹²¹ Vgl. Verbrauchsdokumentation, Abteilung TE

¹²² Siehe Anhang Kapitel 3

lich abgelesen. Bei den Spitzenlastkompressoren werden aus dem Bedienpanel die jeweiligen Laststunden abgelesen. Die erzeugten Druckluftmengen werden über einen Umrechnungsfaktor, der mit den Laststunden des jeweiligen Kompressors multipliziert wird, errechnet. Die Faktoren sind aus den Datenblättern der Kompressoren abgeleitet, welche auch Angaben bezüglich der erzeugten Druckluftmenge bei einem gegebenen Betriebsdruck beinhalten. Durch diese Berechnung der erzeugten Druckluft mittels eines Faktors, wird bei den Spitzenlastkompressoren stets davon ausgegangen, dass diese immer mit der gleichen Effizienz Druckluft erzeugen. Darüber hinaus fällt auf, dass laut den Datenblättern der Faktor für den ZR4-57 eigentlich zu hoch ist und zwar um ca. 215 [Nm³] je Laststunde, welcher Umstand eine weitere Unschärfe verursacht. Tabelle 16 zeigt diesen Zusammenhang.

Kompressor	Umrechnungsfaktor auf Ableseprotokoll	Umrechnungsfaktor aus Datenblatt	Differenz
ZR4-50	1500 [Nm ³ /h]	1500 [Nm ³ /h] bei 7,4 [barü]	0 [Nm ³ /h]
ZR4-57	2315 [Nm ³ /h]	2100 [Nm ³ /h] bei 7,4 [barü]	+215 [Nm ³ /h]

Tabelle 16: Umrechnungsfaktoren der Spitzenlastkompressoren¹²³

Die erzeugten Druckluftmengen der drei Kompressoren werden addiert und im Monatsbericht festgehalten. Eine Messung der erzeugten Druckluftmengen der beiden Spitzenlastkompressoren, ist in der Steuerung nicht enthalten. Obwohl ein Durchflussmessgerät für die gemeinsam erzeugte Druckluftmenge des ZR4-50 und ZR4-57 vorhanden ist, wird diese nicht für das EnMo verwendet. Der aktuelle Messwert der Einrichtung ist lediglich im PLS abrufbar.

Durch die nicht hinreichend genaue Ermittlung des Stromverbrauchs über Verteilungsschlüssel und der teilweisen Errechnung der erzeugten Druckluftmengen, können die Verbrauchsdaten des bestehenden EnMo nicht für eine aussagekräftige Effizienzbewertung der Druckluftanlage bzw. der einzelnen Kompressoren verwendet werden.

Empfehlung für Energiekennzahlen

Für die Druckluftherzeugung ist die bereits zuvor genannte Energiekennzahl $EnPI_{DL,1}$ bei Messung des Stromverbrauchs und der Druckluftmenge sehr aussagekräftig. In externen Vergleichen dient diese Energiekennzahl sehr oft zur Bewertung der Druckluftherzeugungsanlage.

Abbildung 31 zeigt ein Diagramm, auf dessen Ordinate die spezifische Leistung der Anlage aufgetragen ist und auf der Abszisse das Verhältnis des Netzdrucks zum Atmosphärendruck. Daraus lassen sich, je nach Druckverhältnis, erzielbare Werte für

¹²³ Vgl. Datenblätter und monatliches Ableseprotokoll der Kompressoren

die Energiekennzahl $EnPI_{DL_1}$ ablesen. Der Netzdruck, auf dem die Luft am Standort komprimiert wird, beträgt 7,4 [bar_ü]. Dadurch beträgt das Verhältnis von absolutem Druck zum Atmosphärendruck 8,3. Aus dem Diagramm ergibt sich für den gekennzeichneten "Guten Bereich" eine spezifische Leistung von 0,082-0,119 [kWh/Nm³]. Als guten Wert für den $EnPI_{DL_1}$ können deshalb 0,09 [kWh/Nm³] angenommen werden. Vergleicht man die Werte des $EnPI_{DL_1}$ des Jahres 2013 in Abbildung 43 mit diesen Werten, so wird die obere Schranke von ungefähr 0,12 [kWh/Nm³] mit Ausnahme des Monats Juli immer überschritten. Ein solcher Vergleich soll in Zukunft für jeden Kompressor getrennt und für alle Kompressoren zusammen erfolgen.

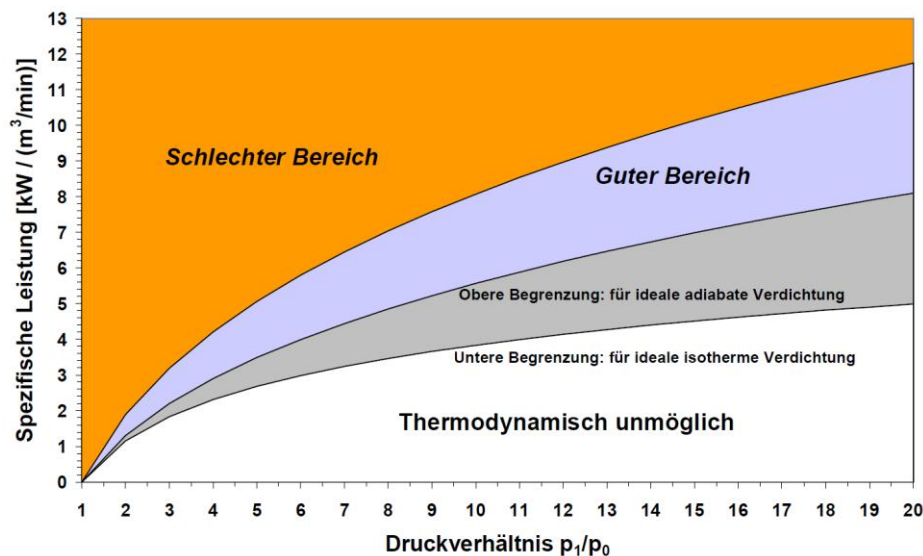


Abbildung 31: Spezifische Leistung der Druckluftzeugung¹²⁴

Eine weitere relevante Energiekennzahl ($EnPI_{DL_2}$) stellt der Nutzungsgrad für die Spitzenlastkompressoren dar, der in [%] angegeben wird¹²⁵:

$$EnPI_{DL_2} = \frac{\text{Laststunden [h]}}{\text{Betriebsstunden [h]}} * 100$$

Spitzenlastkompressoren nehmen auch im Leerlaufzustand elektrische Energie auf. Die Anzahl der Leerlaufstunden erhält man durch die Subtraktion der Laststunden von den Betriebsstunden. Im Leerlaufzustand befindet sich der Kompressor zwar in Betrieb, es wird jedoch keine Luft verdichtet. Der Zielwert für den Nutzungsgrad für sämtliche Kompressoren in gesteuerten Mehrkompressoranlagen liegt bei über 90 Prozent¹²⁶.

¹²⁴ Fraunhofer (2003), S.8

¹²⁵ Vgl. AEA (2010a), S.17

¹²⁶ Vgl. AEA (2010a), S.17

In Tabelle 17 sind die Betriebsstunden und Laststunden der beiden Spitzenlastkompressoren aus der Druckluftsteuerung angeführt. Daraus ist der Nutzungsgrad grundsätzlich kalkulierbar. Diese Aufzeichnungen beziehen sich jedoch, wie an der hohen Betriebsstundenzahl erkennbar, auf einen sehr langen Zeitraum, der auf den aktuellen Nutzungsgrad keine Schlüsse zulässt. Daneben ist die Steuerung in der aktuellen Form erst seit wenigen Jahren in Betrieb. Die berechneten Nutzungsgrade von 70 und 72 Prozent wären für das gesteuerte System zu gering. Betriebsstunden und Laststunden müssten für eine solche Auswertung monatlich abgelesen werden.

Spitzenlastkompressoren:	ZR4-57	ZR4-50
Betriebsstunden [h]	105151	120906
Laststunden [h]	73880	87048
Nutzungsgrad [%]	70	72

Tabelle 17: Nutzungsgrade der Spitzenlastkompressoren¹²⁷

Verbesserung des aktuellen Energiemonitorings

Mittlerweile sind Strommessungen an den Kompressoren installiert. Für den VSD-Kompressor ist eine Druckluft-Messeinrichtung vorhanden. Weiters besteht eine gemeinsame Messung für die beiden Spitzenlastkompressoren. Für die Bewertung der Effizienz eines jeden Kompressors wird empfohlen, eine weitere Messung der erzeugten Druckluft zu installieren, um die getrennte Bildung der Energiekennzahl $EnPI_{DL_1}$ für die Kompressoren ZR4-50 und ZR4-57 zu ermöglichen. Für die Energiekennzahl $EnPI_{DL_2}$ sollen die Betriebs- und Laststunden der beiden Spitzenlastkompressoren monatlich mitaufgezeichnet werden. Aus diesen Daten ist es möglich die Effizienz der Druckluftanlage erstmals mit den empfohlenen Werten aus der Literatur zu vergleichen.

Energiemonitoringsystem

Die zuvor genannten Messeinrichtungen sind in das EnMoS einzubinden, wobei die Strommessungen der Kompressoren bereits in das EnMoS integriert sind. Für die kontinuierliche Bildung der Energiekennzahl $EnPI_{DL_2}$ sind aus der Druckluftsteuerung noch die Betriebsstunden und Laststunden in das EnMoS aufzunehmen. Laut Informationen der Abteilung EL sind die Daten aus der Druckluftsteuerung in das EnMoS integrierbar. Auch die Messung des Netzdrucks ist einzubinden, da diese Werte für Auswertungen relevant sind. Weiters sind die Druckluft-Messungen von großen Druckluft-Verbrauchern, wie die GSM-Mühlen und die Filterpresse 5 in das EnMoS zu integrieren. Einige Möglichkeiten, die sich durch das EnMoS ergeben sind:

¹²⁷ Vgl. Druckluftsteuerungspanel, Bauwerk 6 am 06.05.2014

- Überwachung der Effizienz

Durch die kontinuierliche Bildung der Energiekennzahl $EnPI_{DL_1}$ für alle Kompressoren wird die Effizienz der Druckluftherzeugung vom EnMoS ständig durch vorgegebene Grenzwerte überwacht. So kann unmittelbar auf Störungen in der Druckluftanlage (z.B. undichte Komponenten) reagiert werden.

- Einflussgrößen

Einige große Druckluft-Verbraucher beeinflussen die Stabilität des Druckluftnetzes. Durch das EnMoS werden der Einfluss eines jeden Verbrauchers sowie der Einfluss eines gleichzeitigen Betriebs dieser Verbraucher auf die Effizienz der Kompressoren sichtbar. Ist dieser Einfluss recht groß, so ist zur Steigerung der Effizienz ein Management dieser Verbraucher zu empfehlen.

- Betriebszeit der Spitzenlastkompressoren

Der Kompressor ZR4-50 hat, wie im PLS ersichtlich, öfters Phasen, in denen dieser nur wenige Minuten in Betrieb ist. Die kurzen Betriebszeiten wirken sich auf die Energiekennzahlen des Kompressors aus. Die Gründe (z.B. Druckluft-Steuerung reagiert auf plötzlichen schnellen Abfall des Netzdrucks) können eruiert werden und Maßnahmen dagegen eingeleitet werden (z.B. Management der großen Verbraucher). Auch der VSD-Kompressor, der die in kurzen Abständen auftretende zusätzliche Druckluftmenge des ZR4-50 mit einer veränderten Drehzahl ausgleichen muss, kann gleichmäßiger betrieben werden.

- Druckabsenkung

Durch die Verminderung des Netzdrucks um 1 bar ergeben sich Energieeinsparungen von rund 7 Prozent. Bei Reduktion des Drucks von nur 0,5 bar verringert die Leistungsaufnahme der Kompressoren um rund 3-4 Prozent.¹²⁸ Auswirkungen von Versuchen zur Absenkung des Netzdrucks werden sofort im System dargelegt. Sinkt der reduzierte Netzdruck bei Betrieb von einzelnen großen Verbrauchern nicht weiter ab, so kann der Netzdruck eventuell abgesenkt werden. Auch die Kosteneinsparungen können durch den Versuch quantifiziert werden.

3.2.7 KST 3690 - Natriumsulfatanlage

Die Natriumsulfatanlage hatte im Jahr 2013 einen Anteil von 10 Prozent am Gesamtstromverbrauch. Die Anlage ist auf dem Stand der Technik und nahm den regelmäßigen Betrieb im Jahr 2011 auf.

¹²⁸ Vgl. Kulterer et al. (2010), S. 1

Die Anlage dient zur Kristallisation von Natriumsulfat, welches gelöst in einem Prozesswasserstrom vorkommt. Nach der Trocknung wird das Natriumsulfat abgefüllt und aus dem Werk mittels LKWs transportiert. Natriumsulfat ist ein weißes, kristallines Pulver und wird in der Waschmittel-, Glas-, Zellstoff-, Lebensmittel- sowie chemischen Industrie verwendet.¹²⁹

Die Regelung des kontinuierlich ablaufenden Prozesses in der Anlage erfolgt weitestgehend automatisch über frei einstellbare Betriebsgrößen (Sollwerte). Gesteuert wird dieser Prozess über ein Prozessleitsystem, in dem alle wichtigen Parameter kontrolliert und verändert werden können. Bei Erreichen von festgelegten Grenzwerten erfolgt eine Signalisierung im Prozessleitsystem. Durch die Verwendung einer mechanischen Brüdenverdichtung soll sich der Frischdampfbedarf des Kristallisators um ein erhebliches Maß reduzieren. Durch die Verdichtung des Brüden dampfs aus dem Kristallisator ist es möglich, die Wärmeenergie aus diesem Brüden dem gleichen Prozess wieder zuzuführen. Der Kristallisator der Anlage soll durch diese Einrichtung ohne oder nur mit einer geringen Menge an Frischdampf auskommen.¹³⁰

Die großen Stromverbraucher der Anlage sind in Tabelle 18 ersichtlich. Diese drei Verbraucher stellen 86 Prozent der in der Anlage installierten Motorleistung dar¹³¹.

Bezeichnung	Leistung [kW]
Brüdenverdichter TC1	250
Brüdenverdichter TC2	250
Umwälzpumpe P01	132

Tabelle 18: Hauptverbraucher der Natriumsulfatanlage¹³²

Die Anlage weist zwei Brüdenverdichter mit einer Anschlussleistung von jeweils 250 [kW] auf, die den Brüden dampf in zwei Stufen verdichten. Die Steuerung der Verdichter übernehmen zwei Frequenzumrichter. Daneben ist eine Umwälzpumpe mit 132 [kW] Anschlussleistung in Betrieb. Durch das Betreiben der Brüdenverdichter-Motoren mit Frequenzumrichtern, laufen diese Antriebe auch im Teillastbereich mit gutem Wirkungsgrad, wie in Tabelle 19 veranschaulicht. Um die benötigte Menge an Frischdampf so gering wie möglich zu halten, sollte die Anlage kontinuierlich laufen und Neustarts bzw. Unterbrechungen wenn möglich vermieden werden.

¹²⁹ Vgl. Dokumentation Natriumsulfatanlage

¹³⁰ Vgl. Dokumentation Natriumsulfatanlage

¹³¹ Vgl. Dokumentation Natriumsulfatanlage

¹³² Vgl. Dokumentation Natriumsulfatanlage

Wirkungsgrad bei Teillast [%]	4/4	3/4	1/2
Motor Brüdenverdichter	95,5	95,3	94,3

Tabelle 19: Wirkungsgrade bei Teillast von Brüdenverdichter-Motor¹³³

Aktuelles Energiemonitoring

Zur Analyse steht derzeit nur der Stromverbrauch der gesamten Anlage auf monatlicher Basis zur Verfügung. Dieser ist im Anhang¹³⁴ in Abbildung 44 für die Jahre 2012 und 2013 dargestellt. Da keine Bezugsgrößen zur Bildung von Energiekennzahlen in den Aufzeichnungen vorhanden sind, kann mittels dieser Grafik keine Aussage über die Energieeffizienz durch Energiekennzahlen getroffen werden. In den Monaten mit verminderter Produktion, also August und Dezember 2012 sowie August 2013, ist der Stromverbrauch erwartungsgemäß gering.

Im Gebäude der Natriumsulfatanlage befindet sich ein Transformator, der die Anlage mit Strom versorgt. Weitere größere Verbraucher an diesem Trafo sind lediglich die KST 3950 (Reinstwassererzeugung) und KST 3960 (Dampferzeugung). Seit Juli 2012 bleibt der Verteilungsschlüssel des Transformators für die Natriumsulfatanlage mit 81,1 Prozent konstant.¹³⁵ Informationen über die erzeugte Menge an Natriumsulfat sind am Standort vorhanden und sollen in Zukunft zur Auswertung zur Verfügung stehen¹³⁶. Wie detailliert diese Daten (z.B. auf Monats- oder Wochenbasis) sind, steht derzeit noch nicht fest.

Empfehlung für Energiekennzahlen

Die Energiekennzahl $EnPI_{NS_1}$ stellt in einem ersten Schritt den Stromverbrauch der drei großen Stromverbraucher dem erzeugten Natriumsulfat gegenüber:

$$EnPI_{NS_1} = \frac{\text{Stromverbrauch [MWh]}}{\text{Erzeugtes Natriumsulfat [t]}}$$

Verbesserung des aktuellen Energiemonitorings

Laut Abteilung EL können die Stromverbräuche der beiden Brüdenverdichter und der Umwälzpumpe bereits erfasst werden. Mittels der Daten zu den erzeugten Mengen an Natriumsulfat kann erstmals eine Effizienzbewertung der Anlage stattfinden. Dabei muss der Einfluss des dem verdichteten Brüdendampf zusätzlich zugeführten Frischdampfes mitberücksichtigt werden. Eine Messung dieser Dampfmenge ist im PLS vorhanden.

¹³³ Vgl. Datenblatt Brüdenverdichter

¹³⁴ Siehe Anhang Kapitel 4

¹³⁵ Vgl. Stromaufteilung_2012.xls und Stromaufteilung_2013.xls

¹³⁶ Laut Mitarbeiter, Abteilung TE am 11.06.2014

Energiemonitoringsystem

Durch Strommessungen der drei großen Stromverbraucher kann deren Verbrauch kontinuierlich im EnMoS erfasst werden. In welcher Detailtiefe die Daten zum erzeugten Natriumsulfat vorliegen, ist noch offen. Laut PLS ist eine kontinuierliche Messung der erzeugten Salzbreimenge des Kristallisators vorhanden. Diese Messung ist möglicherweise zur Bildung von kontinuierlichen Energiekennzahlen verwendbar (z.B. Bildung der Energiekennzahl Stromverbrauch je erzeugter Salzbreimenge) und muss zuvor auf Eignung zu überprüfen. Möglichkeiten die sich durch das EnMoS in der Natriumsulfatanlage ergeben sind:

- Effizienz

Der Einfluss von Treibergrößen(z.B. erzeugte Menge an Natriumsulfat, Teillast) auf den Stromverbrauch bzw. Energiekennzahl wird erkennbar. Dadurch wird ersichtlich, bei welchen Werten dieser Einflussgrößen die Anlage am effizientesten arbeitet. Durch dieses Wissen können Anpassungen erfolgen, um die Anlage verstärkt im optimalen Betriebsbereich zu betreiben.

- Ausfallssicherheit

Verändert sich die Energiekennzahl, so kann dies auf notwendige Wartungsmaßnahmen (z.B. Motoren, verschmutzte Rohrleitungen) hinweisen. Dadurch können entsprechende durchzuführende Arbeiten geplant werden und müssen nicht bei plötzlichem Ausfall der Anlage relativ zügig durchgeführt werden. Dadurch trägt das EnMoS zur Steigerung der Ausfallssicherheit bei. Steuerungen von Anlagen erkennen Probleme oft erst bei Ausfall von Aggregaten.

3.2.8 KST 3810 - Betriebs und Bürogebäude

Die KST 3810 hatte im Jahr 2013 einen Anteil am Gesamtstromverbrauch von 9,2 Prozent. Darin sind laut Abteilung EL unter anderem der Stromverbrauch der Elektrik-Werkstätte, der Außenbeleuchtung, von diversen Heizungen (Zelte, Infrarotheizung etc.), der Büro-Container, von Gebäuden und der Klimaanlage des Bauwerks 100 enthalten.

Aktuelles Energiemonitoring

Die KST bekommt von allen Transformatoren des Standortes über Verteilungsschlüssel Stromanteile zugewiesen¹³⁷. Abbildung 32 stellt die Entwicklung des Stromverbrauchs der letzten Jahre dar. Hier ist auffällig, dass der Verbrauch von 2011 bis 2013 stetig

¹³⁷ Vgl. Stromaufteilung_2012.xls und Stromaufteilung_2013.xls

steigt. Die Abhängigkeit von den Stromverteilungsschlüsseln der Trafos und die Installation weiterer Verbraucher, wie zum Beispiel neue Büro-Container mit integrierten Klimageräten und Heizungen, sind mögliche Gründe für die Verbrauchssteigerungen.

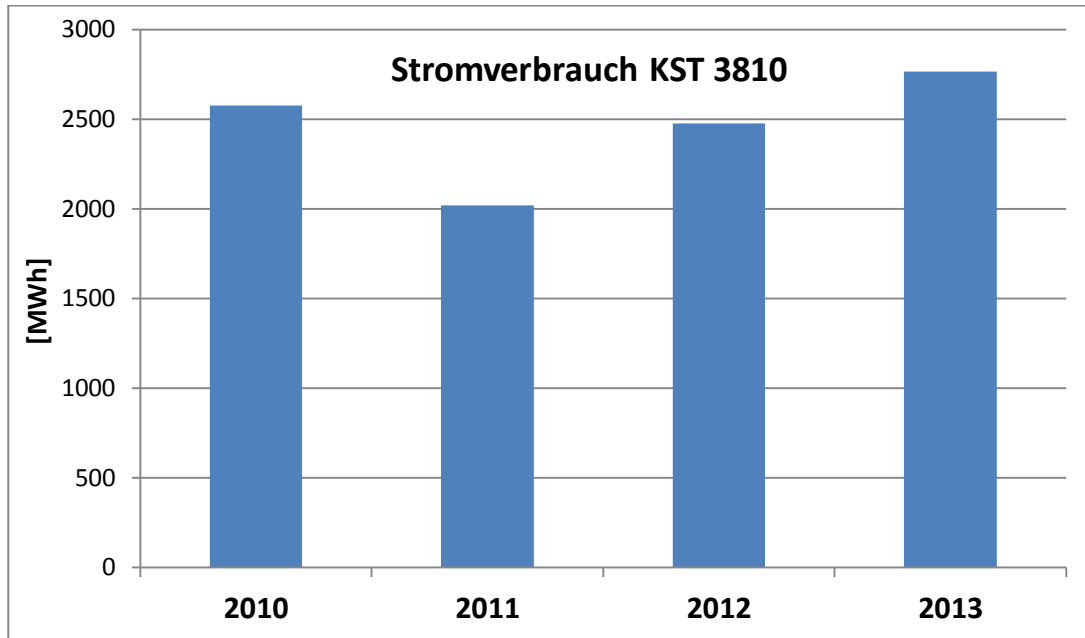


Abbildung 32: Stromverbrauch der KST 3810 der Jahre 2010-2013¹³⁸

Darüber hinaus ist im Moment der Bau eines neuen Bürogebäudes im Gange, welches im Jahr 2015 bezugsfertig sein wird und durch Umsiedelungen (z.B. aus Büro-Containern oder alten Gebäuden) großen Einfluss auf den Stromverbrauch der KST nehmen wird. Daneben werden laut Abteilung EL seit März 2014 die Stromverbräuche von Klima- und Belüftungsanlage des Bauwerks 100 der KST 3710 (Reduktion) zugeordnet.

Empfehlungen

Durch die hohe Anzahl an unterschiedlichen Verbrauchern kann keine pauschale Energiekennzahl für diese KST angegeben werden. Hier ist zu empfehlen, einzelne große Verbraucher getrennt auf ihre Effizienz zu überprüfen.

Für das neue Bürogebäude ergeben sich einige Anwendungsmöglichkeiten für das EnMoS. Zur Überwachung und zur Ermittlung von Einsparungspotentialen kann der Stromverbrauch des Gebäudes dienen. Großen Einfluss auf diesen Verbrauch haben die Mitarbeiter. Durch das Abschalten und dem effizienten Einsatz von Elektrogeräten können die Mitarbeiter einen Beitrag zur Senkung des Stromverbrauchs leisten. Die Analyse des Strom-Lastgangs des Gebäudes kann zur Minimierung des Stromver-

¹³⁸ Vgl. Verbrauchsdokumentation, Abteilung TE

brauchs beitragen (z.B. erhöhter Stromverbrauch da Mitarbeiter Computer, Licht etc. über Nacht eingeschalten lassen).

Klimaanlagen sind teilweise bereits mit Strommessungen ausgestattet (z.B. Bauwerk 100). Eine Möglichkeit zur Überprüfung der Energieeffizienz von Klimaanlagen bietet die Leistungszahl (Kühlleistung bezogen auf Leistungsaufnahme). Abschnitt 2.6.3 enthält eine beispielhafte Darstellung, wie das Ergebnis einer solchen Auswertung aussehen kann. Die erzeugte Kühlleistung kann durch eine temporäre Messung in einem repräsentativen Zeitintervall festgestellt werden. Ergibt sich daraus, dass die Klimaanlage einen Großteil der Zeit in einem ineffizienten Bereich arbeitet, so sind Maßnahmen zur Optimierung zu erarbeiten. Vor allem bei großen Klimaanlagen kann sich der Aufwand für eine solche Analyse relativ schnell rechnen.

Auch eine Infrarotheizung zählt zu jenen großen Verbrauchern, deren Stromverbrauch bereits gemessen wird. Der Verbrauch dieser Heizung ist weitgehend von den gewählten Einstellungen der Heizung abhängig. Diese sind so zu wählen, dass ein Optimum zwischen Energieverbrauch und notwendigen Wärmebedarf im Gebäude gefunden wird.

3.2.9 KST 3660 - APW

Der Anteil der KST 3660 am gesamten NW-Verbrauch des Standortes beträgt rund 35 Prozent. Damit stellt die APW den Hauptverbraucher von Nutzwasser im Jahr 2013 dar. Allerdings erfolgt im Jahr 2014 der Umbau des NW-Systems der APW.

In der APW gelangt eine Ammoniumwolframatlösung in einem Vakuumkristallisator, in dem ein Teil an Ammoniak und Wasser verdampft. Dabei kristallisiert ein weißes Salz, welches den Namen Ammoniumparawolframat trägt.¹³⁹

Der dabei im Kristallisator anfallende Brügendampf dient bei einigen Verbrauchern zur Vorwärmung (z.B. NH₃-Destille, Permeat-Vorwärmung) und als Wärmequelle (z.B. Heizungssystem). Danach wird der Brügendampf in einem Brüdenkondensator durch NW abgekühlt. Dieses NW wird wiederum anschließend in Kühltürmen abgekühlt und fließt danach in einen nahegelegenen Bach.

Mit dem neuen Kreislaufsystem, welches im Jahr 2014 realisiert wird, soll ein Wasserkreislauf entstehen, der den Verbrauch an NW erheblich senken soll. Nur jener Anteil an NW muss dabei in den Kreislauf nachgespeist werden, der durch Verdunstung in den Kühltürmen und durch die Absalzung verloren geht.¹⁴⁰

¹³⁹ Vgl. WBH-Medienbegleitheft_2002.pdf

¹⁴⁰ Laut Mitarbeiter, Abteilung TE am 04.08.2014

Aktuelles Energiemonitoring

Aufgrund der grundsätzlichen Änderung des NW-Systems, wird an dieser Stelle nicht konkret auf die bestehenden Daten der APW eingegangen, da die Voraussetzungen nach diesem Umbau völlig andere sein werden. In den Aufzeichnungen wird für die APW die Energiekennzahl $EnPI_{AP_1}$ gebildet, die den NW-Verbrauch auf die erzeugte Menge an APW bezieht.

$$EnPI_{AP_1} = \frac{\text{Nutzwasserverbrauch} \left[\frac{m^3}{t} \right]}{\text{Erzeugtes APW}}$$

Je nach Eintrittstemperatur des Nutzwassers, Auslastung des Kristallisators und Bedarf an Wärme der zuvor genannten Verbraucher, änderte sich bei der alten Anlage die benötigte Menge an Nutzwasser. Somit war der NW-Verbrauch nicht ausschließlich vom erzeugten APW abhängig. Für eine Energiekennzahlenbildung müssen jedoch alle relevanten Einflussparameter bekannt sein. Nach Umbau des NW-Systems ist zu klären, ob weitere Maßnahmen bezüglich des NW nötig sind bzw. welche Parameter bei der Bildung einer Energiekennzahl zu berücksichtigen sind. Jedoch darf hier nicht vergessen werden, dass aufgrund des neuen NW-Systems der Stromverbrauch (z.B. durch neue Kühltürme) steigen wird.

3.2.10 KST 3700 - Oxidherstellung

Die Oxidherstellung hat einen Anteil von 22,7 Prozent am NW-Gesamtverbrauch des Jahres 2013. Bei der Oxidherstellung wird aus dem APW in erdgasbefeueten Drehrohröfen WO_3 -Pulver hergestellt. Den Großteil des NW benötigen die drei NH_3 -Wäscher und die drei Drehrohröfen zur Kühlung¹⁴¹.

In den NH_3 -Wäschern wird Ammoniak aus der verunreinigten Abluft mittels Einspritzung von vollentsalztem Wasser herausgelöst. Ein Teil dieses Wassers wird aus dem Wäscher wieder entnommen, über einen Wärmetauscher mittels NW abgekühlt und nochmals in den Wäscher eingespritzt. Die NW-Menge wird dabei in Abhängigkeit von der Temperatur des eingespritzten Wassers nach dem Wärmetauscher geregelt. Bei den NH_3 -Wäschern sind keine separaten Mengenmessungen für den NW-Verbrauch installiert.¹⁴²

¹⁴¹ Laut Mitarbeiter, Abteilung Prod/AV am 12.08.2014

¹⁴² Vgl. Schema NH_3 -Wäscher-3

Bei den Drehrohröfen wird das NW zur Abkühlung des erzeugten WO_3 -Pulvers in Kühlzonen eingesetzt. Dabei wird die NW-Menge über eine Armatur eingestellt.¹⁴³ Bei den Kühlzonen sind mittlerweile Durchflussmessungen für das NW eingebaut.

Aktuelles Energiemonitoring

Zur Auswertung stehen der gesamte NW-Verbrauch und die gesamte erzeugte Pulvermenge zur Verfügung. Zurzeit wird daraus die Energiekennzahl $\text{EnPI}_{\text{Ox}_1}$ gebildet. Diese bezieht das verbrauchte NW auf die erzeugte Pulvermenge:

$$\text{EnPI}_{\text{Ox}_1} = \frac{\text{Nutzwasserverbrauch} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{t}} \right]}{\text{Erzeugte Pulvermenge}}$$

Im Anhang¹⁴⁴ ist in Abbildung 45 der monatliche NW-Verbrauch, die erzeugte Pulvermenge und die Energiekennzahl $\text{EnPI}_{\text{Ox}_1}$ grafisch dargestellt. In dieser Abbildung stechen die sehr hohen Werte der Energiekennzahl $\text{EnPI}_{\text{Ox}_1}$ der Monate Februar und März 2013 sofort ins Auge. Eine weitere Untersuchung ergab, dass bei diesen Werten Fehler bei der Übertragung der Werte in die Excel-Auswertungsdatei unterlaufen sind. Die eigentlichen Verbrauchswerte dieser Monate sind durchschnittliche Verbrauchswerte für die KST 3700 des Jahres 2013. Nach der Beseitigung dieser Fehler ist die KST im Jahr 2013 nur mehr mit rund 13 Prozent am NW-Gesamtverbrauch des Standortes beteiligt.

Der Verbrauch an NW hängt zwar auch von der erzeugten WO_3 -Pulvermenge der Drehrohröfen ab, jedoch sind auch noch andere Einflussparameter maßgebend (z.B. NW-Einstellungen an den Kühlzonen, Temperaturregelung der NH_3 -Wäscher).

Empfehlungen

Bei der Überprüfung der Einstellungen bezüglich der NW-Mengen der Kühlzonen an den Öfen ist zu klären, von welchen Parametern der NW-Verbrauch abhängt und welche aussagekräftige Energiekennzahl gebildet werden kann. Weiters ist zu eruieren, ob weitere Einsparungen an NW an den bestehenden Kühlzonen grundsätzlich möglich sind (z.B. durch Verminderung der Durchflussmengen) oder ob andere Konzepte (z.B. Einbindung in ein NW-Kreislaufsystem) dazu notwendig sind. Durch die vorhandenen Durchflussmessungen kann der NW-Verbrauch der Kühlzonen in Zukunft bezüglich auftretender Anstiege (z.B. durch Verschmutzung der Übertragungsflächen, Leckageverluste, veränderter NW-Einstellungen) laufend überprüft werden. Bei den NH_3 -Wäschern sind keine Durchflussmessungen vorhanden, obwohl diese die größten NW-Mengen in der KST 3700 benötigen. Auch hier ist zu klären, ob beim bestehenden NW-

¹⁴³ Vgl. Dokumentation Drehrohröfen

¹⁴⁴ Siehe Anhang Kapitel 5

System Einsparungen grundsätzlich überhaupt erreichbar sind oder ob das NW-System (z.B. mit einem NW-Kreislaufsystem) angepasst werden sollte.

3.2.11 KST 3870 - QSGU/Umwelt

Die KST 3870 QSGU/Umwelt wurde erst vor einigen Jahren gebildet. Der Anteil am gesamten NW-Verbrauch betrug im Jahr 2013 9,8 Prozent. Das NW dieser Kostenstelle dient zur Direktkühlung des aus dem nahegelegenen Bach bezogenen Nutzwassers, zur Einhaltung der vorgeschriebenen Aufheizspanne. Dadurch erfolgt in dieser Arbeit keine weitere Betrachtung der KST 3870.

3.2.12 Zusammenfassung

Wie in Abschnitt 3.2 dargestellt, sind die verfügbaren Aufzeichnungen für das Aufspüren von Einsparungspotentialen nur sehr eingeschränkt geeignet. Das lässt sich zum Teil damit begründen, dass einige der zur Verfügung stehenden Daten nicht für Effizienzanalysen, sondern nur für eine Verbrauchs- bzw. Kostenzuordnung, gedacht sind. (z.B. Stromverteilung auf die Kostenstellen). Aus den Untersuchungen geht hervor, dass einige notwendige Messeinrichtungen bei den Hauptverbrauchern schon vorhanden sind, jedoch die Messwerte zum Teil trotzdem noch errechnet werden (z.B. Druckluft-Kompressoren). Weiters ist zum Beispiel in der Carburierung und Reduktion nicht klar, welchen Einfluss die unterschiedlichen Pulverqualitäten auf den Energieverbrauch haben und welche Pulvermengen die einzelnen Öfen herstellen. Nur mittels einer fundierten Daten-Ausgangsbasis kann das EnMo am Standort zur Ermittlung von Einsparungspotentialen beitragen. Durch die angeführten Vorschläge für die Verbesserung des aktuellen EnMo sind zum größten Teil aussagekräftige Energiekennzahlen bildbar.

Einsparungspotentiale werden in der Reduktion und Carburierung erwartet, da es in diesen Produktionsbereichen bisher nicht gefordert war den Energieverbrauch der Anlagen konkret in den Mittelpunkt zu stellen. Durch das EnMoS wird zum Beispiel sichtbar, welche Öfen am effizientesten arbeiten, welchen Öfen möglicherweise ein Ausfall droht oder wie hoch der Energieverbrauch in unproduktiven Zuständen ist.

Die erzeugte Druckluft ist ein sehr teures Medium. Durch das EnMoS soll ersichtlich werden, welchen Einfluss große Druckluft-Verbraucher auf die Energiekennzahlen der Kompressoren ausüben, welche Kostenvorteile sich aus einem Verbraucher-Management ergeben oder ob eine Absenkung des Netzdrucks in Kombination mit einem Verbraucher-Management nachhaltig umsetzbar ist.

Bei KST mit großem NW-Bezug, wie die APW und die Wasserstoff- Erzeugung und Reinigung, sind Umbaumaßnahmen im Gange, die den NW-Verbrauch verändern bzw.

reduzieren werden. Aufgrund eines Fehlers in den Aufzeichnungen ergab sich für die Oxidherstellung ein hoher Anteil am gesamten NW-Verbrauch des Jahres 2013. Nach der Behebung des Fehlers ist dieser Anteil jedoch um einiges geringer. Weiters ist der NW-Verbrauch nicht nur von den Erzeugnissen der jeweiligen KST abhängig, sondern teilweise auch von anderen Parametern (z.B. Einstellungen an den Verbrauchern), die zur Bildung von belastbaren Energiekennzahlen näher untersucht werden sollten.

Im Anhang¹⁴⁵ befinden sich Tabelle 37 und Tabelle 38, welche die Empfehlungen zu den Kostenstellen zusammenfassen.

Jedoch haben auch die zukünftig generierten Daten nur einen geringen Wert, wenn diese von den jeweiligen Abteilungen für weitere Analysen nicht in ausreichendem Maße verwendet werden. Bei den Recherchen erwies sich das Sammeln von Daten als sehr zeitaufwändig, da Daten nur mühsam zu beschaffen waren bzw. der Zugang zu den relevanten Daten fehlte. Deswegen stellt die Zusammenarbeit der Abteilungen untereinander eine Grundlage für den Erfolg des EnMo am Standort dar. Dabei sind die Erfahrungen, die Mitarbeiter mit den Maschinen und Anlagen bereits machen konnten wesentliche Faktoren, um aus den Daten konkrete Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz ableiten zu können.

¹⁴⁵ Siehe Anhang Kapitel 6

4 Konzeptionierung eines EnMo- und EnMaS

Das folgende Kapitel soll die Konzepte zur Einführung eines EnMo- und EnMaS nach ISO 50001 am Standort darstellen.

4.1 Energiemonitoringsystem

In diesem Abschnitt wird auf den aktuellen Stand des EnMoS eingegangen, danach die dafür empfohlenen Humanressourcen beschrieben und die Integration von Daten in das EnMoS beleuchtet. Weiters wird der Ablauf für den Aufbau des EnMoS dargestellt, bevor abschließend eine Kostenabschätzung für das System durchgeführt wird.

4.1.1 Aktueller Stand des EnMoS

Die Abteilung Elektrik arbeitet bereits mit dem EnMoS und konnte damit erste Erfahrungen sammeln. Bis jetzt wurde der Fokus in erster Linie auf den Stromverbrauch und die Leistungsaufnahme der großen elektrischen Verbraucher gelegt. Der Strom, der über die einzelnen Transformatoren fließt, wird erfasst. Diese Transformatoren versorgen die einzelnen Kostenstellen und deren Verbraucher mit Strom. Darüber hinaus sind Strommessungen bei Verbrauchern mit einer Anschlussleistung von über 100 [kW] weitgehend installiert worden. Eine Liste großer Stromverbraucher, deren Strom gemessen werden kann, ist im Anhang¹⁴⁶ ersichtlich.

Tabelle 20 zeigt eine Auswahl von Verbrauchern aus den in der Arbeit betrachteten KST, bei denen Strommessungen installiert worden sind und deren Messwerte bereits im EnMoS abrufbar sind. Mittlerweile werden diese Messwerte für die Zuordnung der Stromverbräuche zu den einzelnen Kostenstellen verwendet¹⁴⁷.

Kostenstelle	Bezeichnung
KST 3720: Carburierung	C-Ofen-Batterie: 1-10, 11-25 + 26-40
KST 3721-3723: Carburierung	HT-Ofen: HTH-1, HTH-2, HT-Elino
KST 3810: Betriebs & Bürogebäude	Hallenklimatisierung Bauwerk 100, Infrarotheizung Bauwerk 3, Werkstätten
KST 3920: Druckluftherzeugung	Kompressoren: ZR4-57, ZR4-50, VSD

Tabelle 20: Auswahl von im EnMoS abrufbaren Strommessungen¹⁴⁸

¹⁴⁶ Siehe Anhang Kapitel 6

¹⁴⁷ Laut Mitarbeiter-EnMoS, Abteilung EL am 07.05.2014

¹⁴⁸ Laut Mitarbeiter-EnMoS, Abteilung EL am 07.05.2014

4.1.2 Humanressourcen

Um das EnMoS im vollen Funktionsumfang zu nutzen, soll ein für das System verantwortlicher Mitarbeiter benannt werden. Dieser soll das bestehende Energiemonitoring-Konzept des Standortes in das EnMoS integrieren bzw. ein komplett neues aufbauen, um damit ein zentrales EnMo-Instrument zu schaffen. Am Beginn benötigt der Mitarbeiter eine Schulung für den Umgang mit dem EnMoS bzw. mit der Software. Der EnMoS-Mitarbeiter soll Erfahrung im Energiebereich aufweisen und hat unter anderem folgende Aufgaben:

- Laufende Pflege des EnMoS
- Integration von relevanten Mess- und Betriebsdaten in das System
- Datenaufbereitung für Analysen
- Erarbeitung von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz
- Erstellung individueller Energieberichte
- Dokumentation von relevanten Daten
- Weitgehende Automatisierung des EnMoS

Es wird empfohlen, dass dieser EnMoS-Mitarbeiter Unterstützung aus den einzelnen Abteilungen erhält. Darum sollten in den relevanten Abteilungen, wie NA, Prod/AV, Mechanik, Elektrik, IGM und TE sogenannte Energie-Verantwortliche benannt werden. Ohne diese Verantwortlichen wird es voraussichtlich nur schwer möglich sein das EnMoS am Standort vollkommen und nachhaltig zu integrieren.

Eine Voraussetzung für diese Verantwortlichen ist ein erhöhtes Interesse an der Optimierung des Energieverbrauchs in ihren Bereichen. Diese Mitarbeiter sind Ansprechpersonen bezüglich energetischer Angelegenheiten (z.B. Bereitstellung notwendiger Daten) und sollen in weiterer Folge auch mit den generierten Daten und Informationen aus dem EnMoS arbeiten bzw. in Zusammenarbeit mit dem EnMoS-Mitarbeiter Maßnahmen zur Effizienzverbesserung erarbeiten. Daneben sind sie Ansprechpersonen für die jeweiligen Mitarbeiter in ihren Abteilungen, die auch bei der Steigerung der Energieeffizienz mitarbeiten sollen (z.B. durch Verbesserungsvorschläge).

4.1.3 Datenintegration in das EnMoS

Um die am Standort vorhandenen Daten in das EnMoS integrieren zu können, muss in einem ersten Schritt die Verbindung zu den Einrichtungen hergestellt werden, in denen Daten bereits vorliegen. Die Datenintegration soll in weiterer Folge automatisiert erfolgen, um den regelmäßigen Aufwand der Datensammlung zu minimieren.

PLS und PPS

In dem am Standort vorhandenen Prozessleitsystem sind bereits einige Daten (z.B. verbrauchte Erdgasmenge und erzeugte Sattdampfmenge des Viessmann-Dampfkessels) von Messeinrichtungen abrufbar. Die Aufnahme und Einbindung dieser Messwerte in das EnMoS ist laut der Abteilung EL nach der Installation einer Verbindungs-Software (OPC-Server), die durch eine externe Firma durchzuführen ist, möglich. Darüber hinaus soll die Verbindung zum Produktionsplanungssystem der Abteilung Prod/AV, mittels einiger Anpassungen durch die Vertriebsfirma des Systems, ohne Anschaffung von zusätzlicher Software herstellbar sein¹⁴⁹.

Daten aus Maschinen- und Anlagensteuerungen

Moderne industrielle Maschinen und Anlagen verfügen meist über eine leistungsfähige Steuerung. Diese wird zur Überwachung der ablaufenden Prozesse vielfältig eingesetzt und kann auch für das EnMo genutzt werden. Dafür können aus der Steuerung energierelevante Daten ausgelesen und im EnMoS verarbeitet werden.¹⁵⁰ Am Standort können durch die Integration von den Daten aus den Steuerungen bereits relevante Daten (z.B. Ofensteuerungen) für Analysen verwendet werden. Zur Einbindung dieser Daten aus den Steuerungen in das EnMoS ist laut Informationen der Abteilung EL die Installation von Verbindungs-Software (KEP-Server für Siemens-Steuerungen, RSLinx für Rockwell-Steuerungen) nötig.

Daten aus den abteilungsinternen Aufzeichnungen

Einige Daten (z.B. erzeugte Mengen an Natriumsulfat) werden in den Abteilungen lediglich in Berichten aufgezeichnet, jedoch nicht weiter für das EnMo verwendet. Diese Daten sind ebenfalls in das EnMoS integrierbar. Das System unterstützt unter anderem das automatisierte Einlesen und Ausgeben von Daten aus Excel-Dateien. Die nötigen Daten können von den Abteilungen in vorgefertigte Excel-Berichte eingegeben werden.

Überprüfung der Daten auf Verwertbarkeit

Damit eine Überforderung aufgrund der Datenflut ausbleibt, ist für alle integrierten Daten regelmäßig zu prüfen, ob diese für Auswertungen im EnMoS genutzt werden können. Stellt sich also heraus, dass für Daten in weiterer Folge keine Verwendung mehr besteht, so sind diese aus dem EnMoS zu entfernen. Die aus PLS, PPS, Steuerungen und anderen Quellen eingebundenen Daten müssen für eine Erfassung und Auswertung entsprechende Anforderungen an die Messgenauigkeit erfüllen. Ansonsten ist ein Ersatz der jeweiligen Messeinrichtung in Betracht zu ziehen.

¹⁴⁹ Laut Gespräch mit Firma Mbyte am 04.09.2014

¹⁵⁰ Vgl. Swissmen (2014), S.8

4.1.4 Ablauf

Nach dem Beschluss der Organisation, ein umfassendes Energiemanagement auf Grundlage des EnMoS aufzubauen, müssen zuerst die nötigen Humanressourcen zur Verfügung gestellt werden. Nach der Schulung des EnMoS-Mitarbeiters beginnt dieser anschließend mithilfe der Energie-Verantwortlichen alle notwendigen Daten zu beschaffen und in das EnMoS zu integrieren. Um die Datenintegration zu ermöglichen, müssen noch die zuvor erwähnten Verbindungen zu den vorhandenen Systemen (PLS, Steuerungen etc.) von externen Firmen hergestellt werden.

Darauf folgt eine detaillierte Analyse dieser Daten, beginnend bei den großen Verbrauchern. Als Beispiele für die Analyse sind hier Ofenvergleiche in der Reduktion zu nennen oder die Feststellung des Einflusses der großen Druckluft-Verbraucher auf die Effizienz der Druckluft-Kompressoren. Aus diesen Analysen können womöglich bereits Maßnahmen für Energieeinsparungen abgeleitet und in der Folge umgesetzt werden.

Ist die Analysephase abgeschlossen, sind automatisch ablaufende Prozesse zu generieren. Über das System sollen dabei zukünftig Daten weitgehend automatisiert eingelesen, überwacht und ausgegeben werden. So wird neben der mühsamen und fehleranfälligen manuellen Datenerfassung auch dementsprechend der dafür nötige Zeitaufwand stark reduziert. Auf den Empfänger zugeschnittene periodische Energieberichte liefern individuelle Daten, aus denen der Empfänger wiederum Maßnahmen für Verbesserungen ableiten kann. Die Sensibilisierung der Mitarbeiter durch regelmäßige Berichterstattung ist ein wichtiger Erfolgsfaktor für die Erzielung von Energieeinsparungen. Durch ständiges automatisches Überwachen der Anlagen (z.B. über Energiekennzahlen) werden Effizienzabweichungen frühzeitig erkannt und so die entstehenden Kosten auf ein Minimum reduziert. Die Auswirkungen von getätigten Maßnahmen sind mittels der Daten aus dem EnMoS einfach zu überprüfen.

4.1.5 Kostenabschätzung für die Einführung eines EnMoS

Dieser Abschnitt dient zur Darstellung der Kosten, die für die ersten Schritte zum Aufbau eines zentralen EnMoS anfallen. Am Beginn sollen Kostenstellen mit vermuteten größeren Einsparungspotentialen näher betrachtet werden, wie z.B. die Carburierung, Reduktion und die Druckluftherzeugung. Der Aufbau des Systems sollte in Teilschritten erfolgen. Werden erste Einsparungspotentiale gefunden, so ist die Bereitschaft zur Durchführung von detaillierten Analysen umso höher.

Welche Kosten die bereits erwähnte Verbindungs-Software verursacht, ist derzeit noch relativ unklar. Deswegen können diese Kosten im Moment nur näherungsweise angegeben werden. Vor allem der dafür notwendige Installationsaufwand von externen

Firmen ist schwer abzuschätzen.¹⁵¹ Derzeit gibt es für die Software des EnMoS eine Lizenz. Laut der Abteilung EL werden bei Ausbau der EnMo-Tätigkeiten zusätzliche Lizenzen benötigt, damit mehrere Mitarbeiter mit der Software arbeiten können. Zum Speichern von erfassten Daten benötigt das EnMoS Speicherkapazität am Server (laut Abteilung EL reicht am Beginn eine Kapazität von ungefähr 1 [TB]). Für weitere Lizenzen, den Aufwand für die Verbindungs-Software und die Erweiterung der Server-Speicherkapazität werden Kosten von etwa 20.000 Euro¹⁵² angenommen.

Stromverbraucher mit einer Anschlussleistung von über 100 [kW] sind weitgehend erfasst. Zum Aufbau des Systems werden Strommessungen an weiteren Stromverbrauchern erforderlich sein. Aus diesem Grund sollen 20.000 Euro für diese Strommessungen einkalkuliert werden.¹⁵³

Für weitere erforderliche Messeinrichtungen werden 8.000 Euro¹⁵⁴ veranschlagt. Diese enthalten laut Abschnitt 3.2.6 eine Druckluftmessung für die Druckluftherzeugungsanlage sowie laut Abschnitt 3.2.2 eine Wasser-Durchflussmessung und 2 Temperaturmessungen für den ECO₂ in der Dampferzeugungsanlage.

Laut der Abteilung EL verschleißten die bei den Reduktionsöfen vorhandenen Turbinenradzähler zur Messung des Erdgasverbrauchs mit der Zeit und empfehlen deswegen den Tausch dieser Zähler. Die Vorteile von neuen Wirbelzählern liegen in der Verschleiß- und Wartungsfreiheit sowie in der Messgenauigkeit. Bei einem Reduktionsofen wurde bereits ein neuer Wirbelzähler zusätzlich eingebaut, jedoch noch nicht getestet. Für erste Auswertungen können auch die vorhandenen Turbinenradzähler verwendet werden. Die neuen Wirbelzähler (12 Zähler für die Reduktionsöfen, 5.100 Euro¹⁵⁵ je Wirbelzähler) verursachen Kosten von rund 61.200 Euro.

Für den Schulungsaufwand des EnMoS-Mitarbeiters für das System werden fünf Tage einkalkuliert. Nach dieser Schulung soll der Mitarbeiter in der Lage sein selbstständig mit dem EnMoS zu arbeiten.¹⁵⁶ Die entstehenden Kosten belaufen sich, nach Vergleich mit einem ähnlichen Angebot für eine bereits durchgeführte Schulung, auf ca. 5.200 Euro¹⁵⁷.

Der anfallende interne Personalaufwand ergibt sich aus den Tätigkeiten des EnMoS-Mitarbeiters und der empfohlenen Energie-Verantwortlichen aus wichtigen Abteilungen.

¹⁵¹ Laut Mitarbeiter-EnMoS, Abteilung EL am 18.08.2014

¹⁵² Laut Mitarbeiter, Abteilung TE am 22.08.2014

¹⁵³ Laut Mitarbeiter, Abteilung TE am 22.08.2014

¹⁵⁴ Laut Mitarbeiter, Abteilung TE am 22.08.2014

¹⁵⁵ Laut Mitarbeiter, Abteilung TE am 22.08.2014

¹⁵⁶ Laut WBH-Betreuer, Firma Routeco am 17.09.2014

¹⁵⁷ Vgl. Angebot Firma Routeco Nr.QU12-2319

Mit welchem Personalaufwand in der Praxis zu rechnen ist kann nicht im Detail angegeben werden, da der tatsächliche Aufwand erheblich von den zur Verfügung stehenden Daten und dem Analyseaufwand dieser Daten abhängt (z.B. Daten zu Pulverqualitäten/Pulvermengen der Carburierung und Reduktion). Erst nach dieser Analyse der Daten können genauere Werte für diesen Aufwand angegeben werden. Da das Unternehmen trotzdem eine ungefähre Abschätzung wünscht, wird, um die ersten Schritte zum Aufbau des EnMoS zu tätigen, ein Personalaufwand von 30 Arbeitstagen einkalkuliert (8 Stunden je Arbeitstag, 55 Euro Stundensatz).

Tabelle 21 zeigt eine Übersicht der Kosten für die Einführung des EnMoS, die sich auf 127.600 Euro belaufen.

Einführungskosten	
Personalaufwand: (30d*8h)*55€	13.200 €
Schulungen	5.200 €
Software, Lizenzen etc.	20.000 €
Strommessungen	20.000 €
Erdgasmessungen	61.200 €
Weitere Messeinrichtungen	8.000 €
Gesamtsumme	127.600 €

Tabelle 21: Kosten für Einführung des EnMoS

Aufgrund einer weitgehenden Automatisierung des EnMoS wird angenommen, dass der Aufwand für die Pflege des Systems (z.B. Anpassung der Energieberichte, Systempflege, Erarbeitung von weiteren Maßnahmen für Energieeinsparungen, Überprüfung von Mitarbeitervorschlägen) durch den EnMoS-Mitarbeiter und den Energie-Verantwortlichen relativ gering sein wird. Der Aufwand, der in der Praxis entsteht, ist davon abhängig wie stark das EnMoS im Unternehmen integriert wird bzw. wie viel Zeit der EnMoS-Mitarbeiter in die Analyse und Erarbeitung von Energieeinsparungen investieren muss.

Als erste Abschätzung für das Unternehmen werden für den EnMoS-Mitarbeiter monatlich 15 Stunden einkalkuliert und für die 6 Energie-Verantwortlichen je 2 monatliche Stunden. Daraus ergeben sich aufgrund des internen Personalaufwands jährliche Kosten von rund 17.820 Euro, die in Tabelle 22 dargestellt sind.

Jährliche Kosten	
EnMoS-Mitarbeiter: (15h*12Mo)*55€	9.900 €
6 Energie-Verantwortliche: (2h*12Mo*6Pers)*55€	7.920 €
Gesamtsumme	<u>17.820 €</u>

Tabelle 22: Jährliche Kosten EnMoS

Für Einsparungen, welche sich durch das EnMoS ergeben, kann kein pauschaler Wert angegeben werden. Diese Einsparpotentiale variieren je nach energetischer Ausgangssituation eines Unternehmens relativ stark. Das Energiemonitoring ist ein grundlegendes Werkzeug, um Einsparpotentiale sichtbar zu machen. Eine Voraussetzung um diese Einsparungsmöglichkeiten zu erkennen, ist die entsprechende Integration des EnMoS in alle wichtigen Abteilungen des Standortes.

4.2 Energiemanagementsystem nach ISO 50001

Dieser Abschnitt enthält die erarbeiteten Ergebnisse für den Standort St. Martin zur Einführung eines EnMaS nach ISO 50001. Nach einer kurzen Darstellung des integrierten Managementsystems des Standortes folgen die rechtlichen Anforderungen, ein Zeit- und Ablaufplan zur Einführung des EnMaS sowie die Normforderungen der ISO 50001 mit für den Standort spezifischen Beispielen. Dabei entsprechen die Überschriften der Abschnitte 4.2.4 bis 4.2.10 denen der Norm. Den Abschluss bilden eine Kostenabschätzung für die Einführung eines EnMaS sowie eine für die Einführung in Kombination mit einem EnMoS.

4.2.1 Integriertes Managementsystem

Am Standort ist bereits ein integriertes Managementsystem vorhanden, welches von der Abteilung QSGU geleitet wird. Dieses Managementsystem stellt ein wesentliches Werkzeug zur Umsetzung der Unternehmensstrategie dar. Inbegriffen sind ISO 9001, ISO 14001 sowie OHSAS 18001. Wie in Abschnitt 2.3.4 angeführt, wird durch die vorhandene ISO 14001 bereits ein großer Teil der Normforderungen der ISO 50001 erfüllt. Aus der Unternehmensstrategie und der Unternehmenspolitik wird das QSGU-Leitbild abgeleitet, welches die einzelnen Politiken der Managementsysteme beinhaltet. Aus diesem Leitbild entstehen wiederum QSGU-Ziele und QSGU-Programme. Abbildung 33 zeigt diese Umsetzungshierarchie.

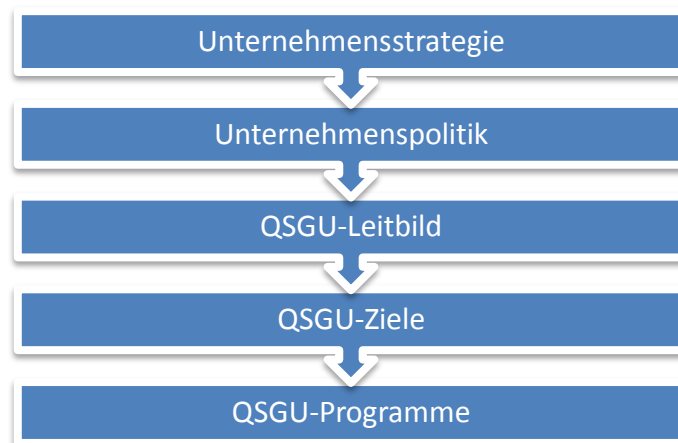


Abbildung 33: Umsetzungshierarchie¹⁵⁸

4.2.2 Rechtliche Anforderungen

Eine Zusammenfassung der Wahlmöglichkeiten und Fristen aus dem EEffG liefert Tabelle 23. Das Unternehmen wird laut der Definition des EEffG aufgrund entsprechender Mitarbeiterzahl und Umsatzhöhe (226 Millionen Euro im Jahr 2012)¹⁵⁹ als ein großes Unternehmen eingestuft. Wie aus dem EEffG in der in Abschnitt 2.4.3 dargestellten Form zu entnehmen ist, besteht für das Unternehmen keine Verpflichtung zur Einführung eines Energiemanagementsystems nach ISO 50001. Die erste Wahlmöglichkeit stellt ein mindestens alle 4 Jahre durchzuführendes externes Energieaudit dar. Daneben gibt es die Möglichkeit ein Energieaudit, welches intern oder extern erfolgen kann, in ein Managementsystem zu integrieren. Dieses kann innerhalb eines zertifizierten EnMaS nach ISO 50001 erfolgen oder innerhalb des bereits vorhandenen zertifizierten Umweltmanagementsystems (UmMaS) nach ISO 14001. Die Anforderungen an den Energieauditor bzw. das Energieaudit sind in Abschnitt 2.4.3 angeführt.

Fällt die Wahl auf das externe Energieaudit, so ist ein erstes bis Ende November 2015 durchzuführen. Wird eines der Managementsysteme ausgewählt, so ist dies bis Ende Jänner 2015 der nationalen Energieeffizienz-Monitoringstelle zu melden. Dieses ist innerhalb von 10 Monaten nach der Meldung umzusetzen.

¹⁵⁸ Vgl. FairPlay_Schulung.pdf

¹⁵⁹ Vgl. Amtsblatt Wiener Zeitung (2014)

Wahlmöglichkeiten:	
1	Regelmäßiges externes Energieaudit (mind. alle 4 Jahre)
2	Einführung zertifiziertes EnMaS nach ISO 50001 inkl. internes od. externes Energieaudit
3	Vorhandenes zertifiziertes UmMaS nach ISO 14001 inkl. internes od. externes Energieaudit
Fristen:	
Bei Wahl externes Energieaudit	Durchführung eines ersten Energieaudits bis Ende November 2015
Bei Wahl Managementsystem	Bekanntgabe des Managementsystems bis Ende Jänner 2015
	Einführung innerhalb von 10 Monaten nach Bekanntgabe

Tabelle 23: Wahlmöglichkeiten und Fristen aus dem EEffG¹⁶⁰

Analyse der Wahlmöglichkeiten

Tabelle 24 zeigt eine Darstellung der Vor- und Nachteile von vorhandenen Wahlmöglichkeiten.

	Vorteile	Nachteile
Energieaudit	- Alle 4 Jahre durchzuführen	- Hoher kurzfristiger Personalaufwand für Datenbeschaffung und Unterstützung des Auditors
	- Einmaliger Aufwand für Energieaudit	- Standort wird nur zu bestimmten Zeitpunkt betrachtet
	- Einsparungspotentiale von externen Auditor aufgezeigt	- Mangelnde Zielstrebigkeit bei Umsetzung aufgezeigter Einsparungspotentiale
EnMaS ISO 50001	- Einfache Integration durch vorhandene Managementsysteme	- Einführung laut Gesetz bis Ende November 2015
	- Daten für Energieaudit vorhanden	- Aufwand für Einführung
	- Norm stellt Steigerung der Energieeffizienz in den Mittelpunkt	- Zertifizierung erforderlich
	- Gesamter Standort in das System miteinbezogen	- Bereitstellung von Ressourcen (z.B.Energieteam)
UmMaS ISO 14001	- Vorhandenes zertifiziertes Managementsystem	- Energieverbrauchsanalysen weniger intensiv
	- Kont. Verbesserungsprozess vorhanden	- Steigerung der Energieeffizienz nur Teilaspekt der Norm

Tabelle 24: Vor- und Nachteile der Wahlmöglichkeiten

¹⁶⁰ Vgl. EEffG (2014), S.7f

Die Vorteile des externen Energieaudits sind die nur alle 4 Jahre notwendige Durchführung, der nur einmalig erforderliche Aufwand vor und bei dem Energieaudit und die Einsparungspotentiale, die von einem externen Energieauditor aufgezeigt werden. Dafür ist der kurzfristige Personalaufwand zur Datenbeschaffung, Unterstützung des Energieauditors etc. sehr hoch. Der Standort wird dabei nur zu einem bestimmten Zeitpunkt einer Analyse unterzogen und nicht kontinuierlich. Dadurch findet die Energieeffizienz in der Zeit zwischen den Audits nur eingeschränkt Beachtung. Die durch das Energieaudit aufgezeigten Einsparungspotentiale werden möglicherweise nicht mit der Zielstrebigkeit und Konsequenz eines EnMaS analysiert und umgesetzt.

Ein Vorteil des EnMaS ist die einfache Einbindung des Systems in das bestehende integrierte Managementsystem. Des Weiteren kann das Energieaudit als ein Teil der ISO 50001 verstanden werden, da die für das Energieaudit notwendigen Daten weitestgehend vorhanden sein sollten. Daneben steht bei diesem System die Energieeffizienz im Mittelpunkt, die durch den kontinuierlichen Verbesserungsprozess bei funktionierendem EnMaS zu nachhaltigen Einsparungen führen. Hier sind die meisten Bereiche (z.B. Einkauf) und vor allem auch die Mitarbeiter (z.B. Schulung) laufend in den Verbesserungszyklus eingebunden. Eine Zertifizierung der ISO 50001 stellt die Funktion des EnMaS sicher und ist daneben eine Bestätigung für alle außenstehenden, dass der Standort energiebewusst handelt und ihren Energie- und Ressourcenverbrauch glaubhaft senken möchte. Bei entsprechender Ausbildung kann das Energieaudit von einem Mitarbeiter des Energieteams durchgeführt werden, was den Aufwand und die Kosten für das Audit entsprechend niedrig hält. Nach dem EEffG muss das zertifizierte EnMaS bis spätestens November 2015 eingeführt sein. Dieser Umstand schränkt die Zeit für die Entscheidung stark ein. Der Aufwand für die Einführung ist zu Beginn entsprechend hoch (z.B. Datenbeschaffung). Darüber hinaus sind die entsprechenden Ressourcen (z.B. Energieteam aus Abschnitt 4.2.5) von der Führungsebene zur Verfügung zu stellen.

Durch das vorhandene zertifizierte UmMaS nach ISO 14001 ergibt sich die dritte Wahlmöglichkeit. Das Energieaudit kann in das System integriert und so die rechtlichen Anforderungen auch erfüllt werden. Das UmMaS beinhaltet wie das EnMaS einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess. Ein wesentlicher Unterschied zu der ISO 50001 ist, dass die Verbesserung der energetischen Leistung nur ein Teilaspekt der ISO 14001 ist. Dadurch werden wichtige Faktoren der ISO 50001 wie der Beschaffungsprozess (Erwerb und Betrieb von energieeffizienten Maschinen und Anlagen) nicht berücksichtigt. Dementsprechend wird dabei nicht so sehr auf energieoptimierte Aggregate geachtet, sondern diese vermehrt nach Investitionskosten ausgewählt. Auch die Mitarbeiter, die in der ISO 50001 ein wesentliches Element darstellen, werden nicht ausreichend miteinbezogen. Weiters werden auch nicht genügend Ressourcen zur

Verfügung stehen (z.B. Energieteam), die für detaillierte Energieverbrauchsanalysen notwendig sind.

4.2.3 Zeit und Ablaufplan für die Einführung eines EnMaS

In der Literatur wird sehr häufig der relativ geringe Aufwand für die Einführung des EnMaS nach ISO 50001 bei bereits vorhandenen Managementsystemen betont. In Tabelle 25 ist der Zeitbedarf für die Einführung eines EnMaS eines Unternehmens mit 50 bis 500 Mitarbeitern ersichtlich. Werden weitere Standorte miteinbezogen, so ist ein zusätzlicher Zeitaufwand mit zu berechnen. Für den Standort St. Martin ist bei Einführung unter Berücksichtigung der bestehenden Managementsystemen und der Größe des Unternehmens mit einer Dauer von 6 Monaten zu rechnen. Anschließend folgt eine Zertifizierung des EnMaS.

Einflussfaktoren	Dauer der Einführung
Managementsystem vorhanden	ca. 3-6 Monate
Kein Managementsystem vorhanden	ca. 6-12 Monate
Zusätzliche Standorte	ca. 2-4 Monate zusätzlich

Tabelle 25: Erfahrungswerte für Zeitbedarf bei Einführung eines EnMaS nach ISO 50001¹⁶¹

Aus den rechtlichen Anforderungen in Abschnitt 4.2.2 ergibt sich, dass eine Entscheidung für die Einführung des EnMaS bis Ende Jänner 2015 und die Umsetzung inklusive der Zertifizierung innerhalb der darauf folgenden 10 Monate erfolgen muss. Abbildung 34 stellt einen Zeit- und Ablaufplan für die Einführung eines zertifizierten EnMaS dar.

	Monat						
	1	2	3	4	5	6	7
Beschluss der Einführung							
Daten- und Informationssammlung							
Bewertung wesentlicher Energiebereiche							
Anpassung Dokumentation, Kommunikation etc.							
Energieziele, Aktionspläne, EnPI							
Maßnahmen							
Internes Audit							
Management Review							
Zertifizierung							

Abbildung 34: Zeit- und Ablaufplan für die Einführung eines EnMaS nach ISO 50001¹⁶²

¹⁶¹ Vgl. GUTcert (2013), S.11

¹⁶² Vgl. Fischer (2014), S.10

Am Beginn erfolgt der Beschluss zur Einführung eines EnMaS auf Basis der ISO 50001. Unmittelbar nach diesem Beschluss sind die Energiepolitik und die für das System zu Verfügung gestellten Humanressourcen festzulegen (gesamtes Energieteam). Anschließend beginnt die Phase, in der energierelevante Daten gesammelt werden (z.B. Energierechnungen, Verbrauchsdaten, Datenblätter). Auf Basis der gesammelten Daten soll anschließend eine Bewertung erfolgen, die bereits erste Einsparungspotentiale aufdecken soll. Weiters ist die bestehende Dokumentation, Kommunikation etc. an die Normforderungen anzupassen. Aus den bis dahin erlangten Erkenntnissen sind energetische Ziele abzuleiten, Aktionspläne zu erstellen und in weiterer Folge erste Maßnahmen zur Erreichung der Ziele zu setzen. Ein internes Audit und ein Management Review überprüfen, ob alle Abläufe des EnMaS ordnungsgemäß durchgeführt werden. Die in den Überprüfungen festgestellten Mängel sind in der Folge zu beseitigen. Abschließend erfolgt die Zertifizierung des EnMaS.

4.2.4 Allgemeine Anforderungen

Normforderung¹⁶³

Als allgemeine Anforderungen gibt die Norm vor, dass das EnMaS mit der Norm übereinstimmen, verwirklicht, aufrechterhalten und verbessert werden muss. Daneben sind der Anwendungsbereich und die Grenzen des EnMaS festzulegen und zu dokumentieren. Außerdem ist zu bestimmen, wie die Erfüllung der Anforderungen der Norm in Hinblick auf die kontinuierliche Verbesserung der energiebezogenen Leistung und des EnMaS erfolgt.

Die Norm lässt bei der Umsetzung einige Freiheiten zu und gibt nur den organisatorischen Rahmen vor. Dadurch kann die Abgrenzung des Geltungsbereichs des EnMaS selbst gewählt werden. Das integrierte Managementsystem stellt sicher, dass die Normforderungen der bereits vorhandenen Managementsysteme eingehalten werden. Durch die Aufnahme des EnMaS in das integrierte Managementsystem werden auch die Forderung der ISO 50001 eingehalten.

Zu Beginn ist eine Bilanzgrenze einzuführen und festzulegen, für welche Bereiche und Medien das EnMaS Geltung findet. Geografisch begrenzt ist das EnMaS auf den Standort in St. Martin. Die anfangs bei der Einführung empfohlenen einzubeziehenden Medien sind Strom, Erdgas und Wasser sowie deren Veredelungsschritte. (z.B. Druckluft, Dampf, Wärme, Kälte).

¹⁶³ Vgl. ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.11

Üblicherweise sind auch noch Treibstoffe, Industriegase sowie andere wichtige Medien in das System aufzunehmen. Dadurch sollen in weiterer Folge auch nachstehende Stoffe am Standort betrachtet werden:

- Treibstoffe
 - Benzin, Diesel
- Industriegase
 - Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Argon
- Weitere Medien
 - Natriumcarbonat (Soda)
 - Schwefelsäure
 - Natronlauge

Definierte Vorgaben, welche Energieträger aufgenommen werden müssen, gibt es in der ISO 50001 nicht. Abbildung 35 zeigt eine grafische Darstellung der Medien und der Bilanzgrenze für den Standort St. Martin. Die blau dargestellten Medien sind zu Beginn aufzunehmen, die roten in weiterer Folge.

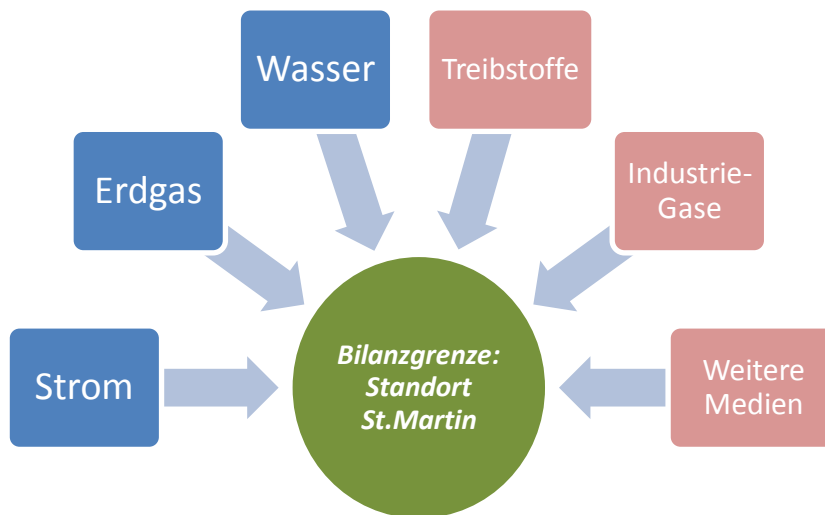


Abbildung 35: Bilanzgrenze und Medien

4.2.5 Verantwortung des Managements

Der Erfolg von Managementsystemen hängt maßgeblich von der obersten Leitungsebene, im Folgenden Top-Management genannt, einer Organisation ab. Dieses Top-Management muss sich zu den Anforderungen der Norm eindeutig bekennen und eine langfristige Funktion des EnMaS als Ziel verfolgen.

Top-Management

Normforderung¹⁶⁴

Wesentliche Aufgaben des Top-Managements sind:

- Einführung und Aufrechterhaltung einer Energiepolitik
- Festlegung der Systemgrenzen des EnMaS
- Ernennung eines Managementbeauftragten bzw. Energieteams
- Bereitstellung der erforderlichen technologischen, finanziellen, personellen und materiellen Ressourcen
- Interne Kommunikation der Bedeutung des Energiemanagements
- Sicherstellung der Festlegung von strategischen und operativen Energiezielen
- Sicherstellung der passenden Wahl von Energieleistungskennzahlen (EnPI)
- Durchführung von Management-Reviews
- Berücksichtigung der energiebezogenen Leistung in der Langfristplanung

Beauftragter des Managements

Normforderung¹⁶⁵

Der vom Top-Management beauftragte Energiemanager dient als Unterstützung des Managements bei der Umsetzung des EnMaS. Folgende Tätigkeiten sind laut der Norm vom Energiemanager wahrzunehmen:

- Sicherstellung der korrekten operativen Umsetzung und Funktion des EnMaS
- Bericht an das Top-Management bezüglich der energiebezogenen Leistung
- Bericht an das Top-Management bezüglich der Leistung des EnMaS
- Identifikation von Personen, die zur Unterstützung von Energiemanagement-Aktivitäten beitragen
- Sicherstellung, dass Energiemanagement-Aktivitäten die Energiepolitik unterstützen
- Festlegung von Verantwortlichkeiten und Befugnissen für ein wirksames Energiemanagement
- Festlegung der notwendigen Kriterien zur Sicherstellung der Wirksamkeit von Betrieb und Überwachung des EnMaS
- Bewusstsein für die Energiepolitik und der strategischen Energieziele in der gesamten Organisation fördern

¹⁶⁴ Vgl. ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.11f

¹⁶⁵ Vgl. ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.12

Der geforderte Energiemanager sollte mit den in der Unternehmung ablaufenden Prozessen und Anlagen relativ gut vertraut sein und Kenntnisse bezüglich eines effizienten Energieeinsatzes vorweisen können. Optimal wäre eine Schulung oder Ausbildung in Sachen EnMaS. Daneben soll der Energiemanager kontinuierlichen Kontakt zu den ihn unterstützenden Personen und zum Top-Management halten.

Ein Energieteam kann auch aus nur einer Person, dem Energiemanager, bestehen¹⁶⁶. Bei größeren Unternehmungen ist es hilfreich, ein Energieteam zu bilden. Um den Energiemanager zu unterstützen, wird für den Standort ein ihm zugeordneter EnMaS-Mitarbeiter empfohlen. Dieser ist für Arbeiten bezüglich Beschaffung, Analyse sowie Aufbereitung der Daten zuständig. Das weitere Energieteam sollte sich am Standort aus mindestens einem Mitarbeiter aus den wichtigsten Abteilungen zusammensetzen. Sind gewisse Mitarbeiter bereits Ansprechpersonen für andere Managementsysteme, so können auch diese den Bereich Energie mitbetreuen. Mitarbeiter können zum Beispiel aus folgenden Bereichen miteinbezogen werden:¹⁶⁷

- Beschaffung (z.B. allgemeiner Einkauf, Maschinen, Anlagen)
- Instandhaltung
- Produktion
- Forschung & Entwicklung

Die sogenannten Energie-Verantwortlichen in den Abteilungen müssen ein gewisses Interesse für den Bereich Energie mitbringen und stellen die Ansprechpersonen für ihre Abteilung dar. Daneben sind diese Verantwortlichen maßgebend am Aufspüren von Einsparungspotentialen beteiligt, da sie selbst in den jeweiligen Bereichen tätig sind und sich meist besser mit dem Personal in den Abteilungen verständigen können. Das Energieteam soll laufend Kontakt in Form von Sitzungen halten, die mindestens quartalsmäßig stattfinden sollen¹⁶⁸.

Als Beispiel für Aufgaben des Energie-Verantwortlichen kann der Verantwortliche der Abteilung Prod/AV bei der Datensammlung bezüglich der einzelnen Pulverqualitäten und Pulvermengen in der Carburierung und in der Reduktion behilflich sein. Darüber hinaus soll dieser auch mit dem Energiemanager und EnMaS-Mitarbeiter die generierten Daten auf Einsparungspotentiale überprüfen. Die Aufgaben des EnMaS-Mitarbeiters können eventuell auch Energie-Verantwortliche mitübernehmen.

Abbildung 36 zeigt wie Energiemanager, EnMaS-Mitarbeiter und Energie-Verantwortliche im Organigramm angeordnet sind. Am Standort St. Martin ist vorgesehen, dass

¹⁶⁶ Vgl. ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.9

¹⁶⁷ Vgl. WKO (2013), S.6

¹⁶⁸ Vgl. GUTcert (2013), S.27

die Dokumentenlenkung die Abteilung QSGU übernimmt. Der EnMaS-Mitarbeiter kann, wie bereits erwähnt, dem Energiemanager zugeordnet sein oder aus den jeweiligen Abteilungen kommen. Der Energiemanager sollte mit der Abteilung QSGU ständig in Kontakt bezüglich EnMaS sein. Bei den abgehaltenen Sitzungen ist es von Vorteil, Themen bezüglich der ISO 14001 zu integrieren, um weitere Synergien zwischen den Managementsystemen herzustellen.

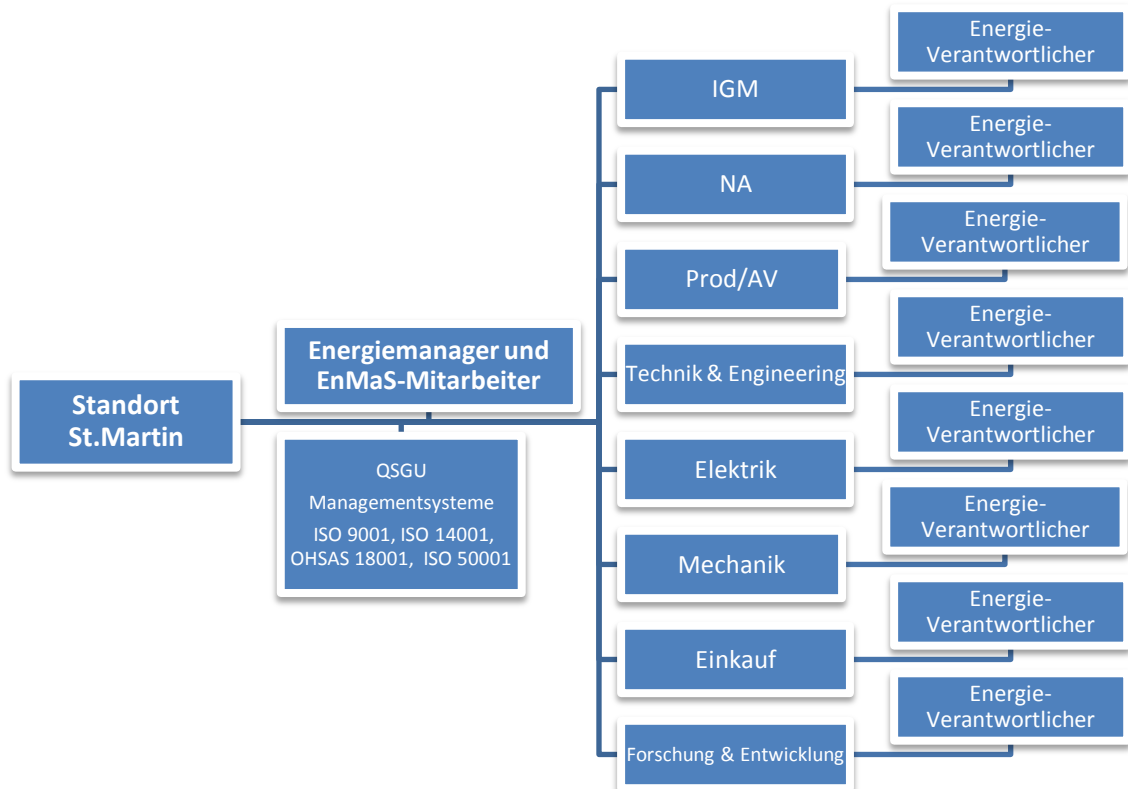


Abbildung 36: Beispiel Organigramm des Energieteam am Standort St. Martin

4.2.6 Energiepolitik

Normforderung¹⁶⁹

Die Energiepolitik legt die Grundsätze der energetischen Handlungen in der Unternehmung fest. Aus dieser muss die Verpflichtung zur Verbesserung der energiebezogenen Leistung hervorgehen und dem Energieverbrauch der Organisation angemessen sein. Des Weiteren muss die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen und Unterstützung des Erwerbs von energieeffizienten Produkten und Dienstleistungen festgeschrieben werden. Außerdem sind die Sicherstellung des Erhalts von notwendigen Ressourcen zur Erreichung der strategischen und operativen Ziele, sowie die Sicherstellung der Verfügbarkeit von essentiellen Informationen in die Energiepolitik zu integrieren. Die Energiepolitik muss im gesamten Unternehmen an alle Mitarbeiter kommuniziert und regelmäßig überprüft werden. Daneben soll diese den Rahmen für strategische und operative Ziele bilden.

Sind im Unternehmen bereits Politiken von anderen Managementsystemen vorhanden, so kann eine Zusammenführung dieser zugunsten der Übersichtlichkeit erfolgen. Die Energiepolitik lässt sich zum Beispiel relativ einfach in die Umweltpolitik der ISO 14001 integrieren.¹⁷⁰

Nachstehend ist in Abbildung 37 die Umweltpolitik des Standortes, in bereits modifizierter Form dargestellt. Diese Umweltpolitik ist aus dem QSGU-Leitbild entnommen und durch die wesentlichen Punkte der Energiepolitik erweitert worden. Das Streben nach einer höheren Energieeffizienz bei der Verwendung von Energie wird bereits in der ursprünglichen Umweltpolitik angesprochen. Die erweiterten Stellen im Text sind farblich gekennzeichnet. Der Aufbau der Umweltpolitik ist mit den Politiken für Qualität und Sicherheit/Gesundheit weitestgehend ident und wurde, um die Übersichtlichkeit der Managementsysteme zu bewahren, auch nicht verändert.

¹⁶⁹ Vgl. ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.12

¹⁷⁰ Vgl. BMU (2012), S.24f

Umwelt- und Energiepolitik

Wir verpflichten uns, die Auswirkungen unserer Aktivitäten auf die Umwelt so gering wie möglich zu halten, **den Energieverbrauch langfristig zu reduzieren und die dazu notwendigen Mittel bereitzustellen**. Wir streben eine höhere Effizienz bei der Verwendung von Energie und natürlichen Ressourcen an. Wir werden zudem Systeme für die Wiederverwendung, das Recycling und die Rückgewinnung von Werkstoffen **und Energie fördern**, um Umweltverschmutzung und andere schädliche Umwelteinflüsse zu verhindern. **Außerdem ist uns der Erwerb und Betrieb von energieeffizienten Maschinen und Anlagen wichtig.**

Einhaltung der Rechtsvorschriften

Wir verfolgen weiterhin einen systematischen Ansatz, um die geltenden Umwelt- **und Energievorschriften** sowie andere Anforderungen zu erfüllen oder zu übertreffen.

Kontinuierliche Verbesserung

Die Themen Umwelt **und Energie** werden in vollem Umfang in unseren Tätigkeiten berücksichtigt und wir werden kontinuierliche Verbesserungen durch entsprechende Zielvorgaben und die Umsetzung von Präventivmaßnahmen erreichen. Wir erfüllen diese Richtlinien, indem wir eine starke, von den Themen Umwelt **und Energie** geprägte Kultur aufbauen und bewährte Verfahrensweisen als Standard im gesamten Unternehmen einführen.

Abbildung 37: Umwelt- und Energiepolitik des Standortes¹⁷¹

4.2.7 Energieplanung

Allgemeines

Normforderung¹⁷²

Die Norm fordert dazu auf, einen Prozess der Energieplanung durchzuführen und zu dokumentieren. Die Energieplanung hat das oberste Ziel die energiebezogene Leistung zu verbessern. Die Energieplanung ist mit der Energiepolitik in Einklang zu bringen und jene Aktivitäten sind zu überprüfen, die Einfluss auf die energiebezogene Leistung besitzen.

¹⁷¹ Vgl. FairPlay_Schulung.pdf, QSGU-Leitbild

¹⁷² Vgl. ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.13

Abbildung 38 zeigt den Ablauf des energetischen Planungsprozesses. Mittels Informationen über den bisherigen und aktuellen Energieeinsatz und über Variablen, die Auswirkung auf den Energieeinsatz haben, kann das Unternehmen analysiert, wesentliche Bereiche des Energieverbrauchs ermittelt und daraus Möglichkeiten zur Verbesserung der energiebezogenen Leistung gefunden werden. Die Ergebnisse des Planungsprozesses sind die energetische Ausgangsbasis, EnPI, strategische und operative Ziele und Aktionspläne.

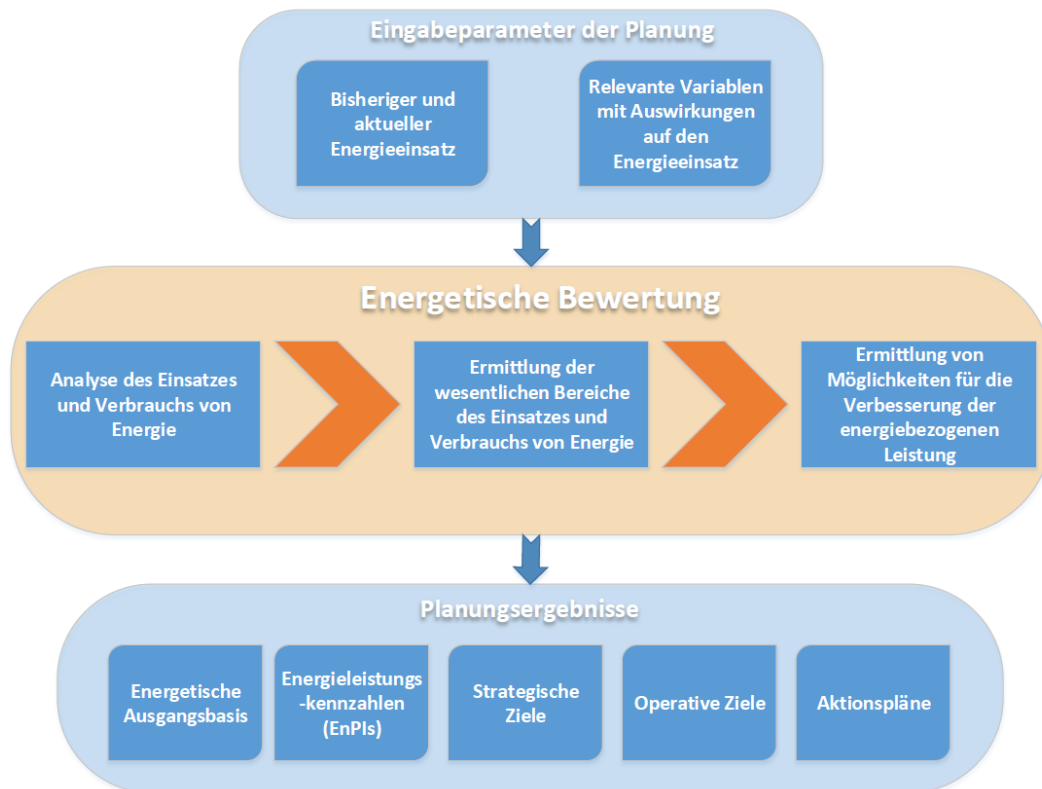


Abbildung 38: Energetischer Planungsprozess¹⁷³

Rechtliche Vorschriften und andere Anforderungen

Normforderung¹⁷⁴

Die Organisation muss die geltenden rechtlichen Vorschriften bezüglich Energie einhalten. Dazu sind noch andere Anforderungen, die z.B. vom Konzern, vom Kunden oder von der Organisation selbst vorgegeben werden, einzuhalten und deren Anwendung sicherzustellen. Die Einhaltung dieser Vorschriften und Anforderungen sind regelmäßig zu überprüfen und zu aktualisieren.

¹⁷³ Vgl. ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.22

¹⁷⁴ Vgl. ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.13

Die ISO 14001 stellt bereits sicher, dass die relevanten Gesetze und rechtlichen Anforderungen eingehalten werden. Hier ist zu überprüfen, ob tatsächlich alle energie-relevanten Gesetze sowie alle Verpflichtungen, die das Unternehmen eingegangen ist, auch eingehalten werden. Diese sind bei Bedarf zu vervollständigen.¹⁷⁵ Einige wichtige Rechtsvorschriften für am Standort vorhandene Anlagen sind in Tabelle 26 aufgelistet.

Gesetz bzw. Verordnung mit Bezeichnung	Vorhanden im bestehenden Rechtsregister
Kesselgesetz (KesselG) BGBl. 211/1992	X
Emissionsschutzgesetz für Kesselanlagen (EG-K) BGBl. I 150/2004	X
Dampfkesselbetriebsgesetz (DKBG) BGBl. 212/1992	X
Kälteanlagenverordnung BGBl. 305/1969	X
Elektrotechnikgesetz (ETG 1992) BGBl. 106/1993	X
Feuerungsanlagenverordnung (FAV) BGBl. II 331/1997	X
Verordnung für brennbare Flüssigkeiten (VbF) BGBl. 240/1991	X
Flüssiggas-Verordnung (FGV) BGBl. II 446/2002	X

Tabelle 26: Gesetze und Verordnungen für das EnMaS¹⁷⁶

Energetische Bewertung

Normforderung¹⁷⁷

Die Norm beinhaltet die Durchführung einer energetischen Bewertung, die aufgezeichnet und aufrechterhalten werden soll. Hierbei sind der Energieeinsatz und der Energieverbrauch auf Basis von Messungen und anderen Daten zu analysieren. Bereiche mit wesentlichem Energieeinsatz und Energieverbrauch sowie deren Einflussgrößen sind zu ermitteln und Möglichkeiten zur Verbesserung der energiebezogenen Leistung zu identifizieren. Dabei sind die Schritte in festgelegten Zeitabständen und in Folge von einflussreichen Änderungen im System zu aktualisieren.

Eine wichtige Grundlage der energetischen Bewertung und der Einführung eines EnMaS stellt eine Ist-Analyse in der Unternehmung dar. Dabei werden untersucht.¹⁷⁸

¹⁷⁵ Vgl. BMU (2012), S.31

¹⁷⁶ Vgl. AEA (2009), S. 5ff und QSGU-Gesetze-Hütte_2014.xls

¹⁷⁷ Vgl. ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.13

¹⁷⁸ Vgl. Wiedmann (2014), S.45

- Das verwendete Medium (z.B. Strom, Erdgas, Wasser)
- Der Verbrauch des jeweiligen Mediums
- Der Einsatzbereich des Mediums
- Die Kosten für das Medium

In einer ersten Analyse sind im Rahmen der Arbeit in Abschnitt 3.1.2 Hauptverbraucher von Erdgas, Strom und Nutzwasser ermittelt worden. Dabei wurden anhand von Daten aus den bestehenden Aufzeichnungen die Hauptverbraucher mittels Pareto-Analyse festgelegt. Das Ergebnis ist mittels eines ersten Energieflussbildes dargestellt worden. Bei der Einführung des EnMaS müssen auch die Verbraucher der aus Strom und Erdgas hergestellten veredelten Energien (z.B. Druckluft, Kälte und Dampf) miteinbezogen werden. Im nächsten Schritt sind weitere notwendige Daten zu beschaffen, Potentiale zur Verbesserung der energiebezogenen Leistung der Energieverbraucher abzuschätzen und zu bewerten. Die energetische Bewertung kann auf jährlicher Basis erfolgen oder nach maßgeblichen Veränderungen an der Einrichtung.

Energetische Ausgangsbasis

Normforderung¹⁷⁹

Unter Verwendung der erhaltenen Informationen aus der erstmaligen Bewertung, ist eine energetische Ausgangsbasis festzulegen. Diese Basis gibt Auskunft über die energetische Lage in einem angemessenen Zeitraum. Veränderungen sind gegenüber dieser Basis zu messen und zu dokumentieren. Diese Basis ist bei Auftreten von wichtigen Gründen anzupassen. Eine Anpassung ist erforderlich, wenn wesentliche betriebliche Änderungen im Unternehmen erfolgen und Energieleistungskennzahlen die energetische Situation nicht mehr widerspiegeln.

Als energetische Ausgangsbasis muss eine geeignete Energiedatenperiode für Energieverbräuche festgelegt werden¹⁸⁰. Als Basis kann zum Beispiel das Kalenderjahr 2014 dienen. Dieser Zeitraum dient als Referenz um die Verbesserung der energiebezogenen Leistung überprüfen zu können. Als Referenzwert kann hier z.B. der Jahresverbrauch an Erdgas des Viessmann-Dampfkessels genannt werden. Bei einflussreichen Änderungen am Standort (z.B. neue Ofenanlagen in der Carburierung) muss auch bei der Ausgangsbasis eine Anpassung stattfinden.

¹⁷⁹ Vgl. ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.14

¹⁸⁰ Vgl. WKO (2013), S.12

Energieleistungskennzahlen

Normforderung¹⁸¹

Um die energiebezogene Leistung ständig überwachen zu können, müssen Energieleistungskennzahlen definiert werden. Diese Kennzahlen müssen regelmäßig erhoben, überprüft, bei Änderungen angepasst, dokumentiert und mit der energetischen Ausgangsbasis verglichen werden.

Energieleistungskennzahlen werden in dieser Arbeit, wie in Abschnitt 2.5.1 beschrieben, auch als Energiekennzahlen bezeichnet. Definitionen bezüglich Energiekennzahlen wurden in Abschnitt 2.5 ausgearbeitet. Energiekennzahlen wurden bei den hauptverbrauchenden Kostenstellen im Abschnitt 3.2 angeführt. Einige Beispiele daraus sind in Tabelle 27 ersichtlich.

EnPI	Einrichtung	Berechnung	Beschreibung
EnPI _{DK_1}	Dampfkessel	$\frac{\text{Erdgasverbrauch [Nm}^3\text{]}}{\text{Erzeugte Dampfmenge [t]}}$	<ul style="list-style-type: none"> ○ Einheit [Nm³/ t] ○ Erdgasverbrauch auf erzeugte Dampfmenge bezogen
EnPI _{DL_1}	Druckluft-Kompressor	$\frac{\text{Stromverbrauch [kWh]}}{\text{Erzeugte Druckluftmenge [Nm}^3\text{]}}$	<ul style="list-style-type: none"> ○ Einheit [kWh/Nm³] ○ Stromverbrauch auf erzeugte Druckluftmenge bezogen
EnPI _{Re_1}	Ofen Reduktion	$\frac{\text{Erdgasverbrauch [Nm}^3\text{]}}{\text{Erz. Pulvermenge einer Pulverqualität [t]}}$	<ul style="list-style-type: none"> ○ Einheit [Nm³/t] ○ Erdgasverbrauch auf erzeugte Pulvermenge einer Pulverqualität bezogen
EnPI _{Ca_1}	Ofen Carburierung	$\frac{\text{Stromverbrauch [MWh]}}{\text{Erz. Pulvermenge einer Pulverqualität [t]}}$	<ul style="list-style-type: none"> ○ Einheit [%] ○ Stromverbrauch auf erzeugte Pulvermenge einer Pulverqualität bezogen

Tabelle 27: Beispiele für Energiekennzahlen von Hauptverbrauchern

¹⁸¹ Vgl. ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.14

Strategische und operative Energieziele sowie Aktionspläne

Normforderung¹⁸²

Die Organisation unterliegt der Forderung, operative und strategische Energieziele für relevante Funktionen, Prozesse, Ebenen und Anlagen einzuführen und für die Erreichung der Ziele einen Zeitrahmen vorzugeben. Dabei ist zu beachten, dass die operativen zu den strategischen Zielen passen und diese Ziele im Einklang mit der Energiepolitik stehen. Daneben sind gesetzliche und andere Bestimmungen, die Möglichkeiten zur Verbesserung der energetischen Leistung aus der energetischen Bewertung sowie technische, finanzielle und geschäftliche Bedingungen zu berücksichtigen. Der Aktionsplan dient zur Zusammenfassung der Maßnahmen, um die festgelegten Energieziele zu erreichen. Der Aktionsplan muss laut Norm folgendes beinhalten:

- Festlegung der Verantwortlichkeit
- Mittel und Zeitrahmen für das Erreichen der operativen Zielsetzungen
- Aussagen zur Methode, mit der Verbesserungen der energiebezogenen Leistung und die Ergebnisse überprüft werden

Strategische Ziele sind langfristige Ziele, die mit den für kürzere Zeiträume angelegten operativen Zielen nach dem PDCA-Prinzip verwirklicht werden. Die operativen Ziele sollen für veränderliche Parameter, die den Energieverbrauch maßgeblich beeinflussen, gesetzt werden. Diese müssen in Einklang mit der Energiepolitik stehen und messbar sein.¹⁸³ Mittels der Aktionspläne, die aus dem operativen Zielen abgeleitet sind, werden die zu setzenden Maßnahmen konkretisiert. Hier sind Verantwortlichkeiten, Investitionskosten, Zeitrahmen etc. anzugeben. Diese Pläne sind mit gemeinsam mit Mitarbeitern des jeweiligen Bereichs vom Energieteam zu entwickeln, zu dokumentieren und bei Änderungen entsprechend anzupassen. Anhand von Beispielen zeigen Tabelle 28, Tabelle 29 und Tabelle 30 wie strategische und operative Ziele definiert sowie Aktionspläne erstellt werden können.

¹⁸² Vgl. ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.14

¹⁸³ Vgl. BMU (2012), S.39

Ziel	Auswirkungen	Basis	Stichtag
Spezifischen Energieverbrauch bezüglich Erdgas und Strom in den nächsten 4 Jahren stetig senken	Reduktion des Energiebedarfs Reduktion der Energiekosten Reduktion der CO ₂ -Emissionen	2014	2018

Tabelle 28: Beispiel für ein strategisches Ziel

Erwartetes Ergebnis	Maßnahmen	Verantwortung	Status in [%]	Stichtag	Anmerkungen
Strom-einsparung	Erfassung von 80 [%] der Stromverbraucher durch ein EnMoS	Technik & Engineering	0	2015	Freigabe noch ausständig
Strom-einsparung	Bewusstseinsbildung der Mitarbeiter bezüglich Stromverbrauch und Energieeffizienz durch Schulungsmaßnahmen	QSGU	0	2015	Freigabe noch ausständig

Tabelle 29: Beispiele für operative Ziele

Betreff	Erfassung von 80 [%] der Stromverbraucher durch das EnMoS
Zielsetzung	Schaffung einer Grundlage, um die Energieeffizienz der großen Verbraucher zu überprüfen und je nach Möglichkeit zu optimieren
Bezugsgröße	Stromverbraucher über 40 [kW] Anschlussleistung
Investitionssumme	20.000 €
Jährliche Einsparung	Aussagen noch nicht möglich, da erst Basis dafür geschaffen wird
Amortisationszeit	
CO ₂ -Einsparung	
Maßnahmen	<ol style="list-style-type: none"> 1. Freigabe des Aktionsplans 2. Bestellung der Messeinrichtungen 3. Einbau der Messeinrichtungen 4. Integration der Messeinrichtungen in EnMoS
Zeitraumen	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bis Dezember 2014 2.-4. Bis Jänner 2015
Verantwortung	<ol style="list-style-type: none"> 1. Abteilung Technik und Engineering 2.- 4. Abteilung Elektrik
Arbeits-/ Produktionsausfälle	Keine
Anmerkungen	In Bearbeitung

Tabelle 30: Beispiel eines Aktionsplanes¹⁸⁴

4.2.8 Einführung und Umsetzung

Dieser Abschnitt beschreibt die Vorgaben an die Umsetzung der ISO 50001. Darin enthalten sind Schulung und Bewusstseinsbildung der Mitarbeiter, die Kommunikation, die Anforderungen an die Dokumentation, die Ablaufenkung, die Auslegung und die Beschaffung von energierelevanten Produkten.

¹⁸⁴ Vgl. BMU (2012), S.46

Fähigkeiten, Schulung und Bewusstsein

Normforderung¹⁸⁵

Alle Mitarbeiter müssen, mit Blick auf die wesentlichen Energieeinsatzbereiche, durch Ausbildung, Schulung, erworbene Kenntnisse oder eigene Erfahrungen ausreichende Befähigungen besitzen. Konkret muss jeder Mitarbeiter:

- Kenntnisse über Energiepolitik und Anforderungen des EnMaS verfügen
- Kenntnisse über jeweilige Aufgaben, Verantwortungen und Befugnisse besitzen
- Die Vorteile einer verbesserten energiebezogenen Leistung erkennen
- Kenntnisse über den Einfluss ihrer Tätigkeiten auf die energetische Zielsetzung

Entsprechende Aufzeichnungen sind anzufertigen.

Die ISO 14001 stellt bereits sicher, dass Schulungen für Mitarbeiter stattfinden. Diese sind auf energetische Bereiche auszuweiten. Speziell die Einflussmöglichkeiten eines jeden Mitarbeiters zur Verbesserung der energiebezogenen Leistung und Erreichung der Energieziele muss vermittelt werden. Schulungen sollen unter anderem beinhalten:

- Darstellung der verwendeten Medien am Standort
 - Strom, Erdgas, Wasser etc.
- Verbrauchsübersicht des Standortes
 - Gesamte Übersicht
 - Energieflussbilder zur Verteilungsübersicht
- Erklärung wesentlicher energetischer Begriffe
 - Energieeffizienz, EnPI etc.
- Sensibilisierung der Mitarbeiter für eigenes Handeln
 - “Was kann ich zur Energieeinsparung beitragen“
 - EnPI der einzelnen Bereiche und deren Entwicklung
 - Realisierte Einsparungen durch Mitarbeiterbeteiligung darstellen
 - z.B. Meldung einer Druckluftleckage bei Maschine
 - Vermeidung von Standby-Betrieb, Einfluss der Wartung etc.
- Handlungsanweisungen in Bezug auf Energie erweitern
 - Für allgemein genutzte Einrichtungen des Standortes
 - Arbeitsanweisung für jeweiligen Arbeitsplatz

Daneben benötigt das gesamte Energieteam (Energiemanager etc.) Schulungen bzw. Ausbildungen (z.B. Ausbildung zum Energieauditor) um nötige Kenntnisse zu erwerben.

¹⁸⁵ Vgl. ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.15

Kommunikation

Normforderung¹⁸⁶

Die interne Kommunikation bezüglich der energiebezogenen Leistung und des EnMaS ist eine verpflichtende Forderung. Weiters ist zu entscheiden und dokumentieren, ob auch eine externe Kommunikation erfolgen soll. Außerdem ist ein Prozess einzuführen der sicherstellt, dass Mitarbeiter Kommentare und Verbesserungsvorschläge abgeben können.

Es können bereits bestehende Kommunikationsstrukturen der vorhandenen Managementsysteme genutzt werden. Die Kommunikationsanforderungen der ISO 50001 sind denen der ISO 14001 ähnlich. Eine externe Kommunikation hat erfolgsversprechende Auswirkungen auf das Unternehmensimage. Ein Beispiel für externe Kommunikation ist die Veröffentlichung der Energiepolitik auf der Homepage.

Eine effektive interne Kommunikation ist eine wichtige Voraussetzung für ein erfolgreiches EnMaS. Eine ständige Informationsbereitstellung für Mitarbeiter steigert die Motivation zur Einnahme einer aktiven Rolle im EnMaS. Folgende Punkte sollen unter anderem kommuniziert werden¹⁸⁷:

- Energiepolitik und Energieziele
- Möglichkeit eines jeden Einzelnen, zur Energieeinsparung beizutragen
- Darstellung von Energieverbrauch und dessen Entwicklung
- Einhaltung gesetzlicher Bestimmungen
- Ökonomische und ökologische Vorteile des EnMaS
- Ansprechpersonen für nähere Informationen

¹⁸⁶ Vgl. ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.15

¹⁸⁷ Vgl. BMU (2012), S.54

Dokumentation

Normforderung¹⁸⁸

Die Norm legt Anforderungen an die Dokumentation des EnMaS fest. Die Dokumentation muss folgende Punkte enthalten:

- Geltungsbereich und Grenzen des EnMaS
- Energiepolitik
- Strategische und operative Energieziele sowie Aktionspläne
- Dokumente, die von der Norm vorgeschrieben sind
- Sonstige für die Organisation wichtige Dokumente

Daneben ist ein Verfahren gefordert, um:

- Dokumente vor Herausgabe auf ihre Eignung zu überprüfen
- Dokumente regelmäßig zu überprüfen und aktualisieren
- Änderungen sowie den aktuellen Revisionsstand feststellen zu können
- Die Verfügbarkeit von gültigen Dokumenten an erforderlichen Stellen sicherzustellen
- Die Lesbarkeit und einfache Identifizierbarkeit sicherzustellen
- Erforderliche externe Dokumente zu ermitteln und verteilen
- Zu verhindern, dass überholte Dokumente genutzt werden
- Dokumente zu ermitteln, die aufbewahrt werden müssen

Die Dokumentationspflichten in der ISO 14001 und ISO 50001 unterscheiden sich nur gering. Es muss nur sichergestellt werden, dass alle energierelevanten Dokumente (z.B. energetische Ausgangsbasis und EnPI für Dampfkessel) enthalten sind. Die Kombination der Verantwortung für die Dokumente schmälert den Aufwand erheblich.¹⁸⁹

¹⁸⁸ Vgl. ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.15f

¹⁸⁹ Vgl. BMU (2012), S.57

Ablauflenkung

Normforderung¹⁹⁰

Es sind jene Abläufe und Instandhaltungsaktivitäten zu ermitteln und zu planen, die im Zusammenhang mit den wesentlichen Energieeinsatzbereichen stehen. Es ist sicherzustellen, dass diese unter festgelegten Randbedingungen ausgeführt werden. Dazu sind Kriterien für den wirksamen Betrieb und für die Instandhaltung der wesentlichen Energieeinsatzbereiche oder Stellen zu erarbeiten und festzulegen, bei denen ein Fehlen dieser Kriterien zu einer Abweichung der energiebezogenen Leistung führen würde. Daneben sind Einrichtungen in Übereinstimmung mit den betrieblichen Kriterien zu betreiben und instand zu halten. Außerdem ist eine entsprechende Kommunikation der Ablauflenkung an alle Mitarbeiter von Bedeutung.

Abläufe die energierelevant sind, müssen von der Unternehmung gelenkt werden. Eine solche Ablauflenkung beinhaltet auch die ISO 14001. Speziell ein Prozess für Instandhaltungsaktivitäten der sicherstellt, dass Anlagen, Einrichtungen und Gebäude korrekt gewartet und betrieben werden, ist eine ergänzende Forderung der ISO 50001. Dazu sollen Betriebspläne existieren sowie Wartungspläne mit festgelegten Wiederholungsintervallen, mit einer Notiz über die Verantwortlichen.¹⁹¹

Auslegung

Normforderung¹⁹²

Kommt es zur Veränderung, Renovierung oder Neuauslegung von Anlagen, Standorten, Einrichtungen, Systemen oder Prozessen und haben diese Einfluss auf ihre energiebezogene Leistung, so sind Möglichkeiten zur Verbesserung der energiebezogenen Leistung und die Ablauflenkung miteinzubeziehen. Ergebnisse der Bewertung sind in die Planung und Ausführung des Projekts miteinzubeziehen. Die Ergebnisse der Auslegungen sind aufzuzeichnen.

Da vor allem neue Prozesse, Anlagen, Maschinen und Gebäude durch ihren zu erwartenden langfristigen Betrieb einen bedeutenden Anteil an der energiebezogenen Leistung der Unternehmung haben, sollte eine möglichst umfangreiche energetische Betrachtung stattfinden. Die aufgezeichneten Ergebnisse können insbesondere bei der Anschaffung weiterer Maschinen und Anlagen ähnlichen Typs Hilfestellungen geben.

¹⁹⁰ Vgl. ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.16

¹⁹¹ Vgl. WKO (2013), S.18

¹⁹² Vgl. ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.17

Beschaffung von Energiedienstleistungen, Produkten, Einrichtungen und Energie

Normforderung¹⁹³

Bei der Beschaffung von Energiedienstleistungen, Produkten und Einrichtungen mit Auswirkungen auf den wesentlichen Energieeinsatz, sind die Lieferanten darüber zu informieren, dass die Bewertung der Beschaffung auch auf die energiebezogene Leistung basiert. Des Weiteren sind Kriterien bezüglich des Energieeinsatzes, Energieverbrauchs sowie der Energieeffizienz der zu beschaffenden Produkte einzuführen und umzusetzen. Außerdem sind Anforderungen für die Beschaffung von Energie zu definieren und dokumentieren.

Die Vorgaben der ISO 50001 stellen die Energieeffizienz bei der Beschaffung besonders in Mittelpunkt. Der Energiebedarf eines Systems beträgt ca. 70 bis 90 Prozent der Lebenszykluskosten und ist daher um einiges wichtiger als die anfänglichen Investitionskosten¹⁹⁴. Deswegen sollen bei dem Angebot und der Vergabe des Auftrages, neben den Investitionskosten auch die Kosten für den laufenden Betrieb in die Entscheidungsfindungen eingebunden sein. Dabei unterstützen festgelegte Effizienzkriterien dieses Vorgehen.

Tabelle 31 legt einige dieser energetischen Kriterien fest, die in den Beschaffungsprozess integriert werden können. Wie auch in der ISO 9001 gefordert, ist die Erfüllung von definierten Kriterien bei der Abnahme des Produkts zu prüfen.

¹⁹³ Vgl. ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.17

¹⁹⁴ Vgl. AEA (2010b), S.16

Energetische Ausstattungsbewertung		
	Vorhanden	Anmerkung
Eingebaute Messungen Energiemonitoring		
Strom		
Erdgas		
Wasser		
Erzeugtes Produkt		
Energierückgewinnung		
Abwärmerückgewinnung		
Bremsenergie­rückgewinnung		
Luftvorwärmung		
Abschaltung		
Energie­hauptschalter		
Abschaltung wenn zu lange im Standby-Modus		
Zertifizierung		
Energieeffizienz		
Umwelt-und Ressourcenschonende Herstellung		
Recyclebarkeit		
	Messwert	Anmerkung
Energieverbrauch		
Volllast		
Teillast (2/3)		
Teillast (1/3)		
Mindestlast		
Standby-Modus		

Tabelle 31: Beispiel einer Beschaffungsbewertungsliste¹⁹⁵

Gebäude- und Anlagenpflichtenhefte sollen gesondert Auskunft über den Energieverbrauch geben. Bei Maschinenbeschaffungen soll gesondert nach verbindlichen Angaben zu Verbräuchen von z.B. Strom, Wärme, Gas oder Druckluft an definierten Auslegungspunkten gefragt und diese als pönalisierte Vertragsbedingungen aufgenommen werden.¹⁹⁶

¹⁹⁵ Vgl. Wiedmann (2014), S.94

¹⁹⁶ Vgl. GUTcert (2013), S.32

4.2.9 Überprüfung

Überwachung, Messung und Analyse

Normforderung¹⁹⁷

Für Einrichtungen der Organisation, die bestimmend für die energiebezogene Leistung sind, muss in geplanten Zeitabständen eine Überwachung, Messung und Analyse stattfinden. Die Einrichtungen müssen Folgendes beinhalten:

- wesentliche Energieeinsatzbereiche und weiter Ergebnisse der energetischen Bewertung
- relevante Variablen der wesentlichen Einsatzbereiche
- EnPI
- Wirksamkeit der Aktionspläne hinsichtlich Erreichung strategischer und operativer Ziele
- Bewertung des aktuellen gegenüber dem erwarteten Energieverbrauchs

Ergebnisse sind aufzuzeichnen und ein Plan für die Energiemessung muss festgelegt und verwirklicht werden. Darüber hinaus sind Erfordernisse bezüglich der Messungen festzulegen und regelmäßig zu überprüfen. Es müssen Aufzeichnungen über die Kalibrierung und andere Mittel zur Erzeugung von Fehlerfreiheit und Reproduzierbarkeit vorliegen. Wesentliche Abweichungen der energiebezogenen Leistung sind zu untersuchen.

Wie die Überwachung, Messung und Analyse erfolgt ist der Organisation freigestellt.

Für die wesentlichen Energieeinsatzbereiche empfiehlt sich zuerst ein Messstellenverzeichnis anzulegen. Ein erster Entwurf befindet sich im Anhang¹⁹⁸. In diesem sind die grundlegenden Daten der Messeinrichtung zu hinterlegen. Daneben soll ersichtlich sein, für welche EnPI die Messeinrichtung in Verwendung ist. Daneben ist für Werte, die nicht kontinuierlich über Messeinrichtungen erfasst werden (z.B. erzeugte Natriumsulfatmenge), eine Verantwortlichkeit zur Datenermittlung anzugeben.

¹⁹⁷ Vgl. ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.17

¹⁹⁸ Siehe Anhang Kapitel 6

Bewertung der Einhaltung rechtlicher Vorschriften und anderer Anforderungen

Normforderung¹⁹⁹

Die Einhaltung rechtlicher Vorschriften und anderer eingegangener Verpflichtungen sind in geplanten Zeitabständen zu bewerten und Aufzeichnungen darüber vorzuhalten.

Diese Forderung ist bereits in der ISO 14001 geregelt²⁰⁰.

Interne Auditierung des Energiemanagementsystems

Normforderung²⁰¹

In geplanten Zeitabständen sind interne Audits durchzuführen um sicherzustellen, dass das EnMaS:

- im Einklang mit der geplanten Gestaltung des Energiemanagements und der Norm ist
- konform mit den strategischen und operativen Zielen ist
- angemessen verwirklicht, aufrechterhalten sowie die energiebezogene Leistung verbessert wird

Es ist ein Ablauf- und Zeitplan zu erstellen, unter Berücksichtigung früherer Audit-Ergebnisse. Die Auswahl der Auditoren und der Leitung des Audits müssen objektiv erfolgen, Aufzeichnungen über die Ergebnisse zu dokumentieren und dem Top-Management zu berichten.

Die Anforderungen des internen Audits der ISO 50001 stimmen weitestgehend mit denen der ISO 14001 überein. Bezüglich der Auditzeiten ist bei bestehender ISO 14001 mit einem Mehraufwand von 20 Prozent zu rechnen²⁰². Die WBH hat eine Audit-Checkliste der bestehenden Managementsysteme erstellt, mit den relevanten Fragestellungen für jeden Prozess des Prozessnetzwerkes. Durch die Gemeinsamkeiten der Managementsysteme sind diese Fragen lediglich bezüglich der ISO 50001 zu erweitern. Tabelle 32 zeigt Beispiele für Auditfragen aus einem Leitfaden. Aus diesem Leitfaden können weitere Fragestellungen für das Audit aufgenommen werden.

¹⁹⁹ Vgl. ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.18

²⁰⁰ Vgl. BMU (2012), S.100f

²⁰¹ Vgl. ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.18

²⁰² Vgl. AEA (2010), S. 28

Norm: Nr.	Fragestellung	Anmerkung
4.4.4	Energetische Ausgangsbasis	
	Wurde eine energetische Ausgangsbasis auf der Grundlage der erstmaligen energetischen Bewertung entwickelt und wird sie bei Bedarf weiterentwickelt?	
4.4.5	Energieleistungskennzahlen	
	Wurden geeignete EnPI festgelegt und werden diese regelmäßig überprüft?	
4.4.6	Strategische und operative Energieziele sowie Aktionspläne zum EnMaS	
	Wurde auf Basis der Vorarbeiten zeitlich fixierte strategische und zugeordnete operative Ziele festgelegt?	
	Wurden Aktionspläne samt Mittel und Zeitrahmen zur Erreichung der Ziele, Festlegung der Verantwortlichkeiten und den Methoden zur Überprüfung eingeführt?	
	Werden die Ziele und Aktionspläne dokumentiert und regelmäßig aktualisiert?	

Tabelle 32: Beispiele für Auditfragen²⁰³

Nichtkonformitäten, Korrekturen, Korrektur- und Vorbeugungsmaßnahmen

Normforderung²⁰⁴

Tatsächliche oder potenzielle Nichtkonformitäten sind mit Korrekturen und mit Korrektur- und Vorbeugungsmaßnahmen zu begegnen und sollen Folgendes enthalten:

- Überprüfung tatsächlicher oder potenzieller Nichtkonformitäten
- Feststellung der Gründe der Nichtkonformitäten
- Bewertung des Handlungsbedarfs zur Sicherstellung, dass Nichtkonformitäten nicht auftreten bzw. sich nicht wiederholen
- Feststellung und Verwirklichung erforderlicher Aktivitäten
- Vorhaltung von Aufzeichnungen über Korrektur- und Vorbeugemaßnahmen
- Überprüfung der Wirksamkeit gesetzter Maßnahmen

Maßnahmen müssen im angemessenen Verhältnis zum Ausmaß der Folgen auf die energiebezogenen Leistung stehen und es ist sicherzustellen, dass notwendige Änderungen am EnMaS vorgenommen werden.

Die Anforderungen sind in der ISO 14001 weitgehend geregelt²⁰⁵.

²⁰³ Vgl. BMU (2012), S.102f

²⁰⁴ Vgl. ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.18

²⁰⁵ Vgl. BMU (2012), S.78

Lenkung von Aufzeichnungen

Normforderung²⁰⁶

Um die Konformität mit den Anforderungen des EnMaS und dieser Norm sowie Ergebnisse bezüglich der energiebezogenen Leistung nachzuweisen, sind Aufzeichnungen zu erstellen und zu pflegen. Für die Identifizierung, Wiederauffindung und Aufbewahrung sind Überwachungssysteme festzulegen. Des Weiteren müssen die Aufzeichnungen lesbar, identifizierbar und rückverfolgbar sein und bleiben.

Diese Anforderungen sind in ISO 14001 bereits geregelt und bezüglich der ISO 50001 zu erweitern²⁰⁷.

4.2.10 Managementbewertung (Management-Review)

Allgemeines

Normforderung²⁰⁸

In festgelegten Intervallen ist das EnMaS der Organisation durch das Top-Management zu überprüfen, um dessen Eignung, Angemessenheit und Wirksamkeit sicherzustellen. Weiters sind darüber Aufzeichnungen anzufertigen.

Diese Anforderungen sind in ISO 14001 bereits geregelt und für Energiebelange analog anzuwenden²⁰⁹.

²⁰⁶ Vgl. ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.18

²⁰⁷ Vgl. BMU (2012), S.102f

²⁰⁸ Vgl. ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.19

²⁰⁹ Vgl. BMU (2012), S.78

Eingangsparameter für das Management-Review

Normforderung²¹⁰

Eingangsparameter für das Management-Review müssen folgende Punkte enthalten:

- Aktivitäten infolge früherer Management-Reviews
- Überprüfung der Energiepolitik
- Überprüfung der energiebezogenen Leistung und der zugehörigen EnPI
- Ergebnisse der Bewertung der Einhaltung aller gesetzlichen Bestimmungen und anderer Verpflichtungen
- Ausmaß der Erreichung operativer und strategischer Energieziele
- Ergebnisse der Auditierung des EnMaS
- Status von Korrektur- und Vorbeugungsmaßnahmen
- Vorhersage der energiebezogenen Leistung
- Empfehlungen für Verbesserungen

Die grundsätzlichen Anforderungen für den Management-Review sind in ISO 14001 bereits geregelt und lediglich um die Forderungen der Norm zu erweitern²¹¹.

Ergebnisse des Management-Reviews

Normforderung²¹²

Die Ergebnisse des Management-Reviews müssen alle Maßnahmen und Entscheidungen beinhalten bezüglich:

- Veränderungen der energiebezogenen Leistung
- Änderungen der Energiepolitik
- Veränderungen der EnPI
- Änderungen strategischer und operativer Ziele sowie anderer Elemente des EnMaS in Übereinstimmung mit der Verpflichtung der kontinuierlichen Verbesserung
- Änderung der Bereitstellung von Ressourcen

Diese Anforderungen sind in ISO 14001 bereits geregelt und die Ergebnisse sind um die Verbesserungen seit der letzten Überprüfung zu erweitern²¹³.

²¹⁰ Vgl. ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.19

²¹¹ Vgl. BMU (2012), S.102ff

²¹² Vgl. ÖNORM EN ISO 50001 (2012), S.19

²¹³ Vgl. BMU (2012), S.104f

4.2.11 Kostenabschätzungen für die Einführung eines EnMaS

Um die Kosten, die bei der Einführung des EnMaS entstehen, einordnen zu können, wird im Folgenden eine Abschätzung dieser Kosten durchgeführt. Der interne Personalaufwand entsteht aus der Arbeitszeit des in Abschnitt 4.2.5 dargestellten Energieteams.

Wie hoch der interne Personalaufwand für die Einführung ausfallen wird, ist nur schwer abzuschätzen, da aufgrund der relativ neuen ISO 50001 im Moment nur wenige Erfahrungswerte von ähnlichen Unternehmen vorhanden sind²¹⁴. Zur ungefähren Einordnung des Aufwandes dient eine Abschätzung, die bei einem Unternehmen im Durchschnitt mit etwa 60 Arbeitstagen bei einer sechs monatigen Einführungsdauer rechnet²¹⁵. Dieser Wert berücksichtigt jedoch nicht explizit wichtige Parameter wie Größe oder Branche des Unternehmens, vorhandene Strukturen etc.

Durch die Größe des Standortes, den angenommenen Aufwand zur Datenbeschaffung, den Aufbau einer belastbaren Datenbasis, die Durchführung von Schulungen, die Anpassung der Dokumente etc. wird der interne Personalaufwand mit etwa 80 Arbeitstagen abgeschätzt. Dadurch entstehen Kosten von ungefähr 35.200 Euro (8 Stunden je Arbeitstag, 55 Euro Stundensatz).

Kosten für weitere Messeinrichtungen werden in dieser Abschätzung nicht mitberücksichtigt, da die Norm freistellt, wie die Überwachung, Messung und Analyse erfolgen soll²¹⁶.

Die Kostenabschätzung beinhaltet auch die Kosten für die Zertifizierung. Die Zertifizierung des EnMaS nach ISO 50001 besteht aus der Erst-Zertifizierung, den zwei darauf folgenden jährlichen Überwachungsaudits und dem Re-Zertifizierungsaudit nach drei Jahren. Nach dem Re-Zertifizierungsaudit folgen wiederum die beiden jährlichen Überwachungsaudits usw. Die Kosten ergeben sich im Wesentlichen aus den notwendigen Auditzeiten. Die Werte können jedoch je nach Standort stark variieren. Für einen industriellen und energieintensiven Standort wird laut Literatur die Auditzeit für die Erst-Zertifizierung mit 5,5 Tagen abgeschätzt, wobei für Überwachungsaudits 1/3 und Re-Zertifizierungsaudits 2/3 dieser Auditzeit anzusetzen sind²¹⁷. Angenommen werden Kosten für einen Audittag von rund 1.000 Euro²¹⁸.

²¹⁴ Laut Mitarbeiter, Grazer Energieagentur am 16.09.2014

²¹⁵ Vgl. Schalek (2014), S.58

²¹⁶ Siehe Abschnitt 4.2.9

²¹⁷ Vgl. DAkkS (2013), S.9

²¹⁸ Vgl. Rothlauf (2014), S.562

Daraus ergeben sich für die Erst-Zertifizierung Kosten von rund 5.500 Euro. Die Kosten für die Einführung belaufen sich laut Tabelle 33 auf 40.700 Euro.

Einführungskosten	
Interner Personalaufwand: (80d*8h)*55€	35.200 €
Erst-Zertifizierung	5.500 €
Gesamtkosten	40.700 €

Tabelle 33: Kosten für die Einführung des EnMaS

Für die Aufrechterhaltung des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses des EnMaS entstehen jährliche Kosten, die in Tabelle 34 zusammengefasst sind. Eine Quelle geht von einem durchschnittlichen jährlichen Aufwand von etwa 20-60 Arbeitstagen aus²¹⁹.

Für den Energiemanager wird angenommen, dass dieser für die Aufrechterhaltung des EnMaS ungefähr 20 Stunden im Monat für das EnMaS aufwendet. Für den EnMaS-Mitarbeiter, der den Energiemanager unterstützt und für die Generierung aller relevanten energetischen Daten verantwortlich ist, werden 15 monatliche Arbeitsstunden eingerechnet. Für die 8 Energie-Verantwortlichen wird ein durchschnittlicher monatlicher Aufwand (Energieteam-Sitzungen etc.) von 2 Stunden pro Person einkalkuliert. Der Aufwand der Abteilung QSGU, um das EnMoS Normkonform zu betreiben, wird mit monatlichen 5 Stunden berücksichtigt. Daraus ergibt sich ein jährlicher Aufwand von etwa 84 Arbeitstagen.

Aus den zuvor erwähnten Auditzeiten werden die Kosten für den jährlichen Überwachungsaudit (ca.1.850 Euro) und dem alle drei Jahre durchzuführenden Re-Zertifizierungsaudit (ca. 3.650 Euro) abgeschätzt. Daraus ergeben sich zur Aufrechterhaltung der Zertifizierung durchschnittliche jährliche Kosten von rund 2.500 Euro. Insgesamt entstehen dadurch Kosten von 39.460 Euro.

Jährliche Kosten	
Energiemanager: (20h*12Mo)*55€	13.200 €
EnMaS-Mitarbeiter: (15h*12Mo)*55€	9.900 €
8 Energie-Verantwortliche: (2h*12Mo*8Pers)*55€	10.560 €
QSGU: (5h*12Mo)*55€	3.300 €
Aufrechterhaltung der Zertifizierung (Durchschnitt)	2.500 €
Gesamtkosten	39.460 €

Tabelle 34: Jährliche Kosten des EnMaS

Grundsätzlich kann ein pauschaler Wert für eine mögliche Einsparung an Energie durch ein EnMaS nur bedingt angegeben werden. Dieses Einsparungspotential hängt sehr

²¹⁹ Vgl. Schalek (2014), S.58

stark von der energetischen Ausgangssituation des Unternehmens und der Bereitschaft zu Investitionen in neue Technologien ab. Grundsätzlich sind die Einsparungsmöglichkeiten für energieintensive Unternehmen deutlich höher einzuordnen.

Die angegebenen Werte für mögliche Einsparungen durch die ISO 50001 sind je nach Quelle sehr unterschiedlich. Es werden in den ersten Jahren Einsparungen an Energie von 10 Prozent und langfristig von 20 Prozent und mehr erwartet²²⁰. Nur eine umfangreiche energetische Betriebsanalyse des Standortes liefert erste Anhaltspunkte für das Einsparungspotential.

4.2.12 Einführung eines EnMoS und EnMaS

Mit den Kosten von 127.600 Euro für die Einführung des EnMoS aus Tabelle 21 und den Kosten von 40.700 Euro zur Einführung des EnMaS aus Tabelle 33, ergeben sich für die Einführung beider Systeme anfängliche Kosten von rund 168.300 Euro, welche in Tabelle 35 dargestellt sind.

Einführungskosten	
Einführung EnMoS	127.600 €
Einführung EnMaS	40.700 €
Gesamtkosten	168.300 €

Tabelle 35: Einführungskosten EnMoS und EnMaS

Der EnMoS-Mitarbeiter und der EnMaS-Mitarbeiter haben mit der Datenbeschaffung, der Entwicklung von Maßnahmen für Energieeinsparungen etc. prinzipiell ähnliche Tätigkeiten durchzuführen. Bei der Einführung beider Systeme werden die Aufgaben des EnMoS-Mitarbeiters vom EnMaS-Mitarbeiter übernommen. Durch das EnMoS verringert sich der Aufwand des EnMaS-Mitarbeiters für die regelmäßige Beschaffung, Auswertung und Ausgabe von Daten. Infolge des Pflegeaufwandes für das EnMoS und den zusätzlichen Möglichkeiten, die das EnMoS bietet (z.B. detailliertere Auswertung von Daten), wird angenommen, dass sich der monatliche Aufwand des EnMaS-Mitarbeiters in Summe auf ungefähr 20 Stunden beläuft.

Daneben haben die Energie-Verantwortlichen des EnMoS und EnMaS im Allgemeinen die gleichen Aufgaben zu erledigen. Dadurch bleiben bei der Einführung beider Systeme die empfohlenen acht Energie-Verantwortlichen des EnMaS bestehen. So ergeben sich laut Tabelle 36 für beide Systeme jährliche Kosten von 42.760 Euro.

²²⁰ Vgl. Fraunhofer (2011), S.10

Jährliche Kosten	
Energiemanager: (20h*12Mo)*55€	13.200 €
EnMaS-Mitarbeiter: (20h*12Mo)*55€	13.200 €
8 Energie-Verantwortliche: (2h*12Mo*8Pers)*55€	10.560 €
QSGU: (5h*12Mo)*55€	3.300 €
Aufrechterhaltung der Zertifizierung (Durchschnitt)	2.500 €
Gesamtkosten	42.760 €

Tabelle 36: Jährliche Kosten für EnMoS und EnMaS

Das EnMoS stellt eine weitgehend automatisch generierte zentrale Datenbasis dar. Eine solche Datenbasis ist auch für das EnMaS notwendig und muss bei einer manuellen Lösung (z.B. auf Microsoft Excel-Basis) unter hohem Aufwand ständig angepasst und überarbeitet werden (z.B. Abschreibung von Zählern, Übertragung der Messwerte, Erstellung von Energieberichten, Alarmierung bei Grenzwertüberschreitungen etc.). Durch die weitgehende Standardisierung von notwendigen Prozessen wird der laufende Aufwand für das EnMaS reduziert.

Das EnMaS stellt durch den Energiemanager die volle Unterstützung von den Energie-Verantwortlichen aus den Abteilungen sicher und dass die Informationen, die das EnMoS liefert, auch entsprechend genutzt werden. Dadurch kann auch die Führungsebene davon ausgehen, dass beide Systeme entsprechend in den Standort integriert werden.

Ohne die Transparenz, die das EnMoS liefert, werden Einsparungspotentiale (z.B. plötzlich auftretende hohe Verbräuche, Verhalten von Aggregaten in Teillast, Einfluss des Verhaltens von Mitarbeitern) nicht sichtbar, die unter Umständen auch nur mit organisatorischen Änderungen schnell genutzt werden können.

Um die Potentiale und Möglichkeiten des EnMoS und EnMaS bestmöglich zu nutzen, empfiehlt es sich beide Systeme am Standort einzuführen.

5 Zusammenfassung und Ausblick

In der Vergangenheit konzentrierten sich Maßnahmen hinsichtlich des Energiemanagements in St. Martin auf die Versorgung des Standortes mit Energie. In Anbetracht von energieintensiven Prozessen und der internen Strategie die Energieeffizienz des Standortes zu verbessern, rückt der Energieverbrauch zusehends in den Mittelpunkt. Energiemonitoring erfolgt bereits in Form von Bewertung und Dokumentation energetischer Datenaufzeichnungen in Grundzügen. Um den nächsten Schritt in Richtung Energieeffizienzsteigerung zu gehen, wurde diese Arbeit durchgeführt.

- **Aktuelles EnMo-Konzept für aussagekräftige Analysen nicht ausreichend**

Aus den vorhandenen Aufzeichnungen wurden die Hauptverbraucher von Erdgas, Strom und Nutzwasser mittels Pareto-Analyse ermittelt und in einem Energieflussbild grafisch dargestellt. Die weitere Analyse der Hauptverbraucher ergab, dass die aktuelle Datenlage für Effizienzbewertung mittels Energiekennzahlen unzureichend ist. Verbrauchsdaten werden zum Teil nur über Verteilungsschlüssel den Kostenstellen zugeordnet (z.B. Stromverbrauch), Daten der erzeugten Güter werden in einigen Fällen unter Annahmen errechnet (z.B. erzeugte H₂-Menge) oder sind nicht detailliert genug (z.B. Pulverqualitäten und erzeugte Pulvermengen).

- **Schritt 1: Erstellung einer fundierten Ausgangsbasis**

Um konkrete Maßnahmen aus EnMo-Daten ableiten zu können, ist in einem ersten Schritt eine fundierte Ausgangsbasis zu schaffen. Dazu muss auf produktionsspezifische Daten zugegriffen werden können (z.B. erzeugte Pulvermengen einzelner Öfen) aber auch vorhandene Messeinrichtungen (z.B. Messung des erzeugten H₂-Menge, Strommessungen) für das EnMo verwendet werden. Daraus sind in weiterer Folge aussagekräftige Energiekennzahlen bildbar. Wesentlich dabei ist die Unterstützung der Abteilungen, die sowohl bei der Beschaffung als auch bei der Auswertung der Daten weitestgehend involviert sein sollen.

- **EnMoS ist das Werkzeug zur Verbesserung der Energieeffizienz**

Das EnMoS stellt ein zentrales System dar, welches mit den vorhandenen Systemen kommuniziert und automatisiert Daten austauscht. Durch die Standardisierung des Einlesens (z.B. aus PLS, Steuerungen), der Überwachung (z.B. über Grenzwerte für Energiekennzahlen) und der Ausgabe (z.B. Energieberichte an Abteilungen) von Daten reduziert sich der Aufwand für das EnMo am Standort erheblich. Das EnMoS kann etwa als wichtige Informationsquelle für die Produktionssicherheit (z.B. durch Vorhersage von Ausfällen) und Produktionsplanung (z.B. vorrangige Auslastung der effizientesten Aggregate) dienen.

Für den Aufbau des EnMoS müssen entsprechende Ressourcen zur Verfügung gestellt werden. Bedeutend ist auch beim EnMoS Energie-Verantwortliche in den wichtigsten Abteilungen zu benennen, um die Abteilungen laufend in die Generierung und Überprüfung von Maßnahmen zur Effizienzsteigerung miteinzubeziehen. Darüber hinaus sind Investitionen notwendig, um die technischen Voraussetzungen zum Betrieb des EnMoS herzustellen sowie um weitere Messeinrichtungen zu installieren.

- **EEffG fordert Maßnahmen und Entscheidungen**

Aus dem erst kürzlich beschlossenen Bundes-Energieeffizienzgesetz ergeben sich drei Wahlmöglichkeiten. Es ist entweder ein regelmäßiges externes Energieaudit durchzuführen oder ein regelmäßiges Energieaudit in ein EnMaS nach ISO 50001 oder in das vorhandene UmMaS nach ISO 14001 zu integrieren. Eine Entscheidung ist relativ bald zu fällen, da die gewährten Fristen schon Anfang 2015 enden.

Das externe Energieaudit ist mindestens alle 4 Jahre durchzuführen und enthält kurzfristig einen hohen Aufwand für die Datenbeschaffung und Unterstützung des Energieauditors. Die Energieeffizienz des Standortes wird lediglich zum Zeitpunkt des Audits genau untersucht und nicht in einem kontinuierlichen Zyklus. Die aufgezeigten Einsparungspotentiale werden möglicherweise nicht mit der Zielstrebigkeit und Konsequenz eines EnMaS analysiert und umgesetzt.

Die Integration eines regelmäßigen Energieaudits in das bereits vorhandene UmMaS nach ISO 14001 stellt eine interessante Wahlmöglichkeit dar. Ein wesentlicher Unterschied zu der ISO 50001 ist, dass die Verbesserung der energetischen Leistung nur ein Teilaspekt der ISO 14001 ist. Dadurch werden wichtige Faktoren der ISO 50001 wie der Beschaffungsprozess nicht berücksichtigt. Dementsprechend wird dabei nicht vorrangig auf energieoptimierte Aggregate geachtet, sondern verstärkt nach Investitionskosten ausgewählt. Weiters werden die notwendigen Ressourcen, um die Energieeffizienz nachhaltig zu steigern, nicht ausreichend zur Verfügung stehen (z.B. Energieteam).

Das EnMaS nach der Norm ISO 50001 dient zur kontinuierlichen Verbesserung der energiebezogenen Leistung und bezieht den gesamten Standort (z.B. Abteilungen, Mitarbeiter) in diesen wiederkehrenden Zyklus mit ein. Eine Zertifizierung der ISO 50001 stellt die Funktion des EnMaS sicher und ist daneben eine Bestätigung für alle Außenstehenden, dass am Standort energiebewusst gehandelt wird und der Energie- und Ressourcenverbrauch glaubhaft gesenkt werden möchte. Durch die Ähnlichkeit zu den bestehenden Managementsystemen ist die Einbindung des Systems am Standort relativ einfach. Die Ausarbeitung der Normforderungen der ISO 50001 bestätigen die Gemeinsamkeiten im Aufbau mit der ISO 14001. Das rechtlich geforderte Energieaudit kann als ein Bestandteil des EnMaS aufgefasst werden. Die Durchführung dieses

Energieaudits kann bei entsprechenden Qualifikationen intern durch das Energieteam erfolgen, um damit zusätzlichen Aufwand und damit Kosten einzusparen. Bei Einführung des Systems ist zu Beginn mit einem recht hohen Aufwand zu rechnen (Datenbeschaffung etc.) und entsprechende Ressourcen sind zur Verfügung zu stellen. Für die Einführung des EnMaS inklusive Zertifizierung kann mit einer Dauer von etwa sieben Monaten gerechnet werden. Die Entscheidung über die Einführung des EnMaS muss entsprechend dem EEffG bis Ende Jänner 2015 fallen und in den darauf folgenden 10 Monaten eingeführt werden.

Die Einführung eines zertifizierten EnMaS empfiehlt sich zusammengefasst aufgrund dessen, dass durch ein EnMaS nach ISO 50001 der gesamte Standort miteinbezogen wird, um die Energieeffizienz zu steigern. Weiters gestaltet sich die Integration des Systems durch die vorhandenen Managementsysteme relativ einfach und durch die Zertifizierung wird der erfolgreiche Betrieb des Systems abgesichert sowie die Außendarstellung des Standortes weiter verbessert.

- **EnMoS und EnMaS ergänzen sich optimal**

Um Energieeinsparungen zu realisieren, ist eine grundlegende Datenbasis unumgänglich. Auch ohne die beiden Systeme einzuführen, muss das aktuelle EnMo-Konzept gründlich überarbeitet werden, was auch zu einem nicht zu unterschätzenden Aufwand führt. Weiters fordert das durchzuführende Energieaudit eine Datenbasis, auf der Analysen und Berechnungen erfolgen können.

Das EnMoS stellt eine weitgehend automatisch generierte Datenbasis dar, die den laufenden Aufwand für das EnMaS reduziert. Das EnMaS stellt durch den Energiemanager die volle Unterstützung der Energie-Verantwortlichen aus den Abteilungen sicher und dass die Informationen aus dem EnMoS entsprechend kommuniziert werden. Ohne die Transparenz, die das EnMoS liefert, bleiben viele Hinweise auf Einsparungspotentiale (z.B. Auswirkungen von Teillastbetrieb, Einfluss des Mitarbeiterverhaltens, Funktionsstörungen von Aggregaten) unsichtbar.

Mit der Einführung des EnMoS und EnMaS können die Potentiale und Möglichkeiten beider Systeme bestmöglich genutzt werden. Diese Maßnahmen bieten die optimalen Voraussetzungen zur nachhaltigen Steigerung der Energieeffizienz. Aller Voraussicht nach gewinnt der verantwortungsvolle Umgang mit den eingesetzten energetischen Ressourcen weiter an Bedeutung. Das Energiemonitoring- und Energiemanagementsystem sind Instrumente, die sich bei richtiger Anwendung schnell bezahlt machen und den Standort einen weiteren Schritt in Richtung Nachhaltigkeit gehen lassen.

6 Literaturverzeichnis

Adam, A.: Entwicklung eines Energiemanagementsystems auf Basis eines Energie-monitoringsystems in einem Pharmaunternehmen, Diplomarbeit, Technische Universität Graz 2001

AEA Austrian Energy Agency: Energie-Rechtsregister, 2009

AEA Austrian Energy Agency: Die 7 Topmaßnahmen zur Optimierung von Druckluftsystemen, Wien 2010a

AEA Austrian Energy Agency: Energiemanagement für Österreich, Wien 2010b

AEA Austrian Energy Agency: Leitfaden für Energieaudits in Dampfsystemen, Wien 2013

Bauer, U.: Kennzahlensysteme zum Betrieblichen Energiemanagement, Dissertation, Technische Universität Graz 1988, zitiert in: VDI 4661: Verein Deutscher Ingenieure Energiekenngrößen - Definitionen, Begriffe, Methodik, 2003

Blessl, M.; Kessler, A.: Energieeffizienz in der Industrie, Berlin/Heidelberg 2013

BMU Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Energiemanagementsysteme in der Praxis, Dessau 2012

BmWFJ Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend: Energiestrategie Österreich - Maßnahmenvorschläge, Wien 2010

BStMWiVT Bayrisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie: Integriertes Managementsystem, 2003

DAkkS Deutsche Akkreditierungsstelle: Akkreditierung von Zertifizierungsstellen für den Bereich Energiemanagementsysteme - EnMS, 2013

Dill, K.: Systematization of Energy and Operating Data Monitoring Systems as Standardized Measure to Increase Energy Efficiency in Industry, Masterarbeit, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg 2013

EDW Energieinstitut der Wirtschaft GmbH: Systematisch Energiekosten senken, Wien 2011

EEffG Bundes-Energieeffizienzgesetz: Bundesgesetz über die Steigerung der Energieeffizienz bei Unternehmen und dem Bund, Wien 2014

- Engelmann, J.:** Methoden und Werkzeuge zur Planung und Gestaltung energieeffizienter Fabriken, Dissertation, Technische Universität Chemnitz 2008, zitiert in: Premm G.: Energieorientierte Produktionsstrategie, Dissertation, Technische Universität Graz 2012
- Fischer, J.:** Berliner Energietage – Energiemanagementsysteme, Kraftwärmekopplung, Präsentation, Berlin 2014
- Fraunhofer** Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung: Betriebliches Energiemanagement in der industriellen Produktion, Karlsruhe 2011
- Fraunhofer** Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung: Druckluft effizient, Karlsruhe 2003
- Fraunhofer** Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung: Infoblatt Druckluftleckagen, Karlsruhe 2006
- Gleich, R.:** Energiecontrolling, 1. Auflage, München 2014
- GUTcert** GUT Zertifizierungsgesellschaft für Managementsysteme mbH: In 18 Schritten über 3 Stufen zum effizienten Energiemanagement nach ISO 50001, Berlin 2013
- Grochla, E. et al.:** Erfolgsorientierte Materialwirtschaft durch Kennzahlen, Baden-Baden 1983, zitiert in: Der Wirtschaftsingenieur, 17, 4/1985, S.52
- Hesselbach, J.:** Energie- und klimaeffiziente Produktion, Wiesbaden 2012
- Horvath, P.:** Controlling, 8. Auflage, München 2001
- IVT** Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik: Thermodynamik Studienblätter, Graz 2009
- Junge, M.; Holzäpfel, C.:** Energieeffizienz bewerten, in: energy20 Kompendium 2011, 2011, S.94-96
- Kaltschmitt, M.; Streicher, W.:** Regenerative Energien in Österreich, Wiesbaden 2009
- Müller, E. et al.:** Energieeffiziente Fabriken planen und betreiben, Heidelberg 2009
- ÖNORM EN ISO 50001:** Austrian Standards Institute: Energiemanagementsysteme, Wien 2012
- RL 2012/27/EU:** Richtlinie 2012/27/EU des europäischen Parlamentes und des Rates, 2012
- Rothlauf, J.:** Total Quality Management in Theorie und Praxis, München 2010
- Schalek, R.:** Mit Energiemanagement Steuern sparen, in Energy20 Kompendium 2014, 2014, S.58-60

- Schmidt, S.:** Wolfram Bergbau und Hütten AG - Versorgungssicherheit mit Fokus auf Europa, Präsentation, Berlin 2013
- Schult, S.; Zinkler, M.:** Effizienz durch Transparenz in: Brauindustrie 12/2011, S. 36-38
- Soyka, S.:** Voraussetzungen zur Einführung eines Energiemanagementsystems am Beispiel der DIN ISO 50001, Masterarbeit, Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin 2012
- Tenbohlen, S.; Stirl, T.:** Technische Möglichkeiten und Wirtschaftlichkeit von online Monitoringsystemen für Leistungstransformatoren, Mönchengladbach 2002
- Theissing, M.:** Primärenergiefaktoren und Emissionsfaktoren von Energieträgern-Fernwärmeforum 2010, Präsentation, Villach 2010
- Sternberg, J.; Gose, S.:** Kennzahlen zur Betriebsoptimierung von Kesselanlagen, in: Thome-Kozmiensky K.J; Beckmann M.: Energie aus Abfall, Band 8, Neuruppin 2011
- VDI 4602** Verein Deutscher Ingenieure: Energiemanagement - Begriffe, 2007
- VDI 4602** Verein Deutscher Ingenieure: Energiemanagement - Beispiele, 2013
- VDI 4661** Verein Deutscher Ingenieure: Energiekenngrößen - Definitionen, Begriffe, Methodik, 2003
- VDI 4662** Verein Deutscher Ingenieure: Bildung, Implementierung und Nutzung von Energiekennwerten, 2013
- Viessmann Werke:** Planungshandbuch Dampfkessel, Allendorf (Eder) 2011
- Wiedmann, F.:** Darstellung der Einführung eines Energiemanagementsystems nach ISO 50001 bei produzierenden Unternehmen in Österreich anhand eines Kooperationsprojektes, Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien 2014
- WKO** Wirtschaftskammer Österreich: Energiemanagementsysteme nach ISO 50001, Wien 2013
- Wohinz, J. W.:** Industrielles Management – Das Grazer Modell, Wien/Graz 2003
- Wohinz, J.W.; Moor, M.:** Betriebliches Energiemanagement - Aktuelle Investitionen in die Zukunft, Wien-New York 1989
- Zahoransky, R. et al.:** Energietechnik, 6.Auflage, Wiesbaden 2013

7 Internetquellenverzeichnis

Amtsblatt Wiener Zeitung: Bilanz der Wolfram Bergbau und Hütten AG 2012,

<http://www.wienerzeitung.at/showpdf/?ID=9485>, Zugriffsdatum: 05.09.2014

Energie-Control Austria: Brennwerte für Österreich,

http://www.e-control.at/portal/page/portal/medienbibliothek/gas/dokumente/pdfs/Umrechnung%20m3%20auf%20kWh_2014.pdf, Zugriffsdatum 07.06.2014

Swissmem: Planungshilfen für die MEM-Industrie – Energiemonitoring,

http://www.swissmem.ch/fileadmin/user_upload/Swissmem/Dokumente/Themen-de/Planungshilfen_Teilprojekt3-d.pdf, Zugriffsdatum 28.05.2014

Wolfram AG: Informationen zum Unternehmen,

http://www.wolfram.at/wolfram_at/wDeutsch/unternehmen/index3223655460navidW2618000000000.html?navid=1, Zugriffsdatum 15.08.2014

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die Hütte am Standort St. Martin im Sulmtal	2
Abbildung 2: Produktionsprozess	3
Abbildung 3: Phasen der Arbeit.....	4
Abbildung 4: Energieumwandlungskette	7
Abbildung 5: Nutzen des Energiemanagements	10
Abbildung 6: Regelkreis des betrieblichen Energiemanagements	12
Abbildung 7: PDCA-Zyklus.....	15
Abbildung 8: Module der ISO 50001	15
Abbildung 9: Beispiel für absolute Kennzahl	23
Abbildung 10: Beispiel für Gliederungskennzahl	24
Abbildung 11: Beispiel für Indexkennzahl.....	24
Abbildung 12: Beispiel für Beziehungskennzahl.....	25
Abbildung 13: Anwendungsmöglichkeiten von Energiekennzahlen	27
Abbildung 14: Auswertung einer Energiekennzahl über einen Einflussparameter	31
Abbildung 15: Entwicklung des Energieträgerverbrauchs	35
Abbildung 16: Aufteilung Erdgas- und Stromverbrauch im Jahr 2013.....	35
Abbildung 17: Jährliche Emissionen durch Erdgas und Strom.....	36
Abbildung 18: Entwicklung des Wasserbezugs	37
Abbildung 19: Aufteilung der Gesamtkosten für das Jahr 2013	38
Abbildung 20: Kumulierter Erdgasverbrauch.....	39
Abbildung 21: Kumulierter Stromverbrauch.....	41
Abbildung 22: Kumulierter NW-Verbrauch	42
Abbildung 23: Energieflussbild der Hauptverbraucher für das Jahr 2013.....	43
Abbildung 24: Materialfluss am Standort.....	45
Abbildung 25: Schema der Dampferzeugungsanlage	51
Abbildung 26: Monatlicher Verbrauch an Erdgas und erzeugte Dampfmenge	52
Abbildung 27: Monatlicher $EnPI_{DK_1}$ für den Viessmann Dampfkessel 2013	53

Abbildung 28: Kesselwirkungsgrad über Kesselleistung	56
Abbildung 29: Darstellung der Energiekennzahl $EnPI_{H_2_1}$	66
Abbildung 30: Energiekennzahl $EnPI_{DL_1}$ der Jahre 2010-2013	74
Abbildung 31: Spezifische Leistung der Druckluftherzeugung	76
Abbildung 32: Stromverbrauch der KST 3810 der Jahre 2010-2013.....	82
Abbildung 33: Umsetzungshierarchie.....	95
Abbildung 34: Zeit- und Ablaufplan für die Einführung eines EnMaS nach ISO 50001	98
Abbildung 35: Bilanzgrenze und Medien	100
Abbildung 36: Beispiel Organigramm des Energieteams am Standort St. Martin	103
Abbildung 37: Umwelt- und Energiepolitik des Standortes.....	105
Abbildung 38: Energetischer Planungsprozess.....	106
Abbildung 39: Erdgasverbrauch, erzeugte Pulvermenge und $EnPI_{Re_1}$	141
Abbildung 40: Stromverbrauch, erzeugte Pulvermenge und $EnPI_{Re_2}$	142
Abbildung 41: Nutzwasserverbrauch, erzeugte Pulvermenge und $EnPI_{Re_3}$	143
Abbildung 42: Stromverbrauch, erzeugte Pulvermenge und $EnPI_{Ca_1}$	144
Abbildung 43: Stromverbrauch, erzeugte Druckluft und $EnPI_{DL_1}$	145
Abbildung 44: Stromverbrauch der Natriumsulfatanlage	146
Abbildung 45: NW-Verbrauch, erzeugte Pulvermenge und $EnPI_{Ox_1}$	147

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Eckdaten des Unternehmens	1
Tabelle 2: Hauptverbraucher Erdgas.....	39
Tabelle 3: Hauptverbraucher Strom	40
Tabelle 4: Hauptverbraucher Nutzwasser	41
Tabelle 5: Bildung von Betriebs und Bereichs-EnPI	46
Tabelle 6: Technische Daten des Dampfkessels	50
Tabelle 7: Zustandsgrößen für Dampf und Speisewasser.....	54
Tabelle 8: Verbrauchsanteile der KST 3710.....	58
Tabelle 9: Vorhandene Daten der KST 3710	59
Tabelle 10: Verbrauchsanteile der KST 3970.....	64
Tabelle 11: Vorhandene Daten KST 3970.....	65
Tabelle 12: Aufteilung des Stromverbrauchs der Carburierung für 2013.....	68
Tabelle 13: Vorhandene Daten der Carburierung	69
Tabelle 14: Schraubenkompressoren der Druckluftherzeugung	72
Tabelle 15: Vorhandene Daten der KST 3920	73
Tabelle 16: Umrechnungsfaktoren der Spitzenlastkompressoren	75
Tabelle 17: Nutzungsgrade der Spitzenlastkompressoren	77
Tabelle 18: Hauptverbraucher der Natriumsulfatanlage	79
Tabelle 19: Wirkungsgrade bei Teillast von Brüdenverdichter-Motor	80
Tabelle 20: Auswahl der im EnMoS abrufbaren Strommessungen	88
Tabelle 21: Kosten für Einführung des EnMoS	93
Tabelle 22: Jährliche Kosten EnMoS	94
Tabelle 23: Wahlmöglichkeiten und Fristen aus dem EEffG	96
Tabelle 24: Vor- und Nachteile der Wahlmöglichkeiten.....	96
Tabelle 25: Erfahrungswerte für Zeitbedarf bei Einführung eines EnMaS nach ISO 50001	98
Tabelle 26: Gesetze und Verordnungen für das EnMaS	107

Tabelle 27: Beispiele für Energiekennzahlen von Hauptverbrauchern	109
Tabelle 28: Beispiel für ein strategisches Ziel	111
Tabelle 29: Beispiele für operative Ziele	111
Tabelle 30: Beispiel eines Aktionsplanes	112
Tabelle 31: Beispiel einer Beschaffungsbewertungsliste.....	118
Tabelle 32: Beispiele für Auditfragen.....	121
Tabelle 33: Kosten für die Einführung des EnMaS.....	125
Tabelle 34: Jährliche Kosten des EnMaS.....	125
Tabelle 35: Einführungskosten EnMoS und EnMaS	126
Tabelle 36: Jährliche Kosten für EnMoS und EnMaS.....	127
Tabelle 37: Empfehlungen für KST (Teil 1/2)	148
Tabelle 38: Empfehlungen für KST (Teil 2/2)	149
Tabelle 39: Erhebungsblatt von großen Stromverbrauchern des Standortes.....	150
Tabelle 40: Beispiel eines Messstellenverzeichnisses	151

10 Abkürzungsverzeichnis

APW	Ammoniumparawolframat
EEffG	Energieeffizienzgesetz
EnMaS	Energiemanagementsystem
EnMo	Energiemonitoring
EnMoS	Energiemonitoringsystem
EnPI	Energy Performance Indicator
H ₂	Wasserstoff
KST	Kostenstelle
NW	Nutzwasser
PLS	Prozessleitsystem
PPS	Produktionsplanungssystem
SpaEfV	Spitzenausgleich-Effizienzsystemverordnung
UmMaS	Umweltmanagementsystem
W-Pulver	Wolframmetall-Pulver
WC-Pulver	Wolframcarbide-Pulver
WO ₃ -Pulver	Wolframoxid-Pulver

Anhang

1. KST 3710 – Reduktion	141
2. KST 372x - Carburierung	144
3. KST 3920 - Drucklufterzeugung	145
4. KST 3690 - Natriumsulfatanlage	146
5. KST 3700 - Oxidherstellung	147
6. Empfehlungen für Kostenstellen	148
7. Große Stromverbraucher	150
8. Messstellenverzeichnis	151

1. KST 3710 – Reduktion

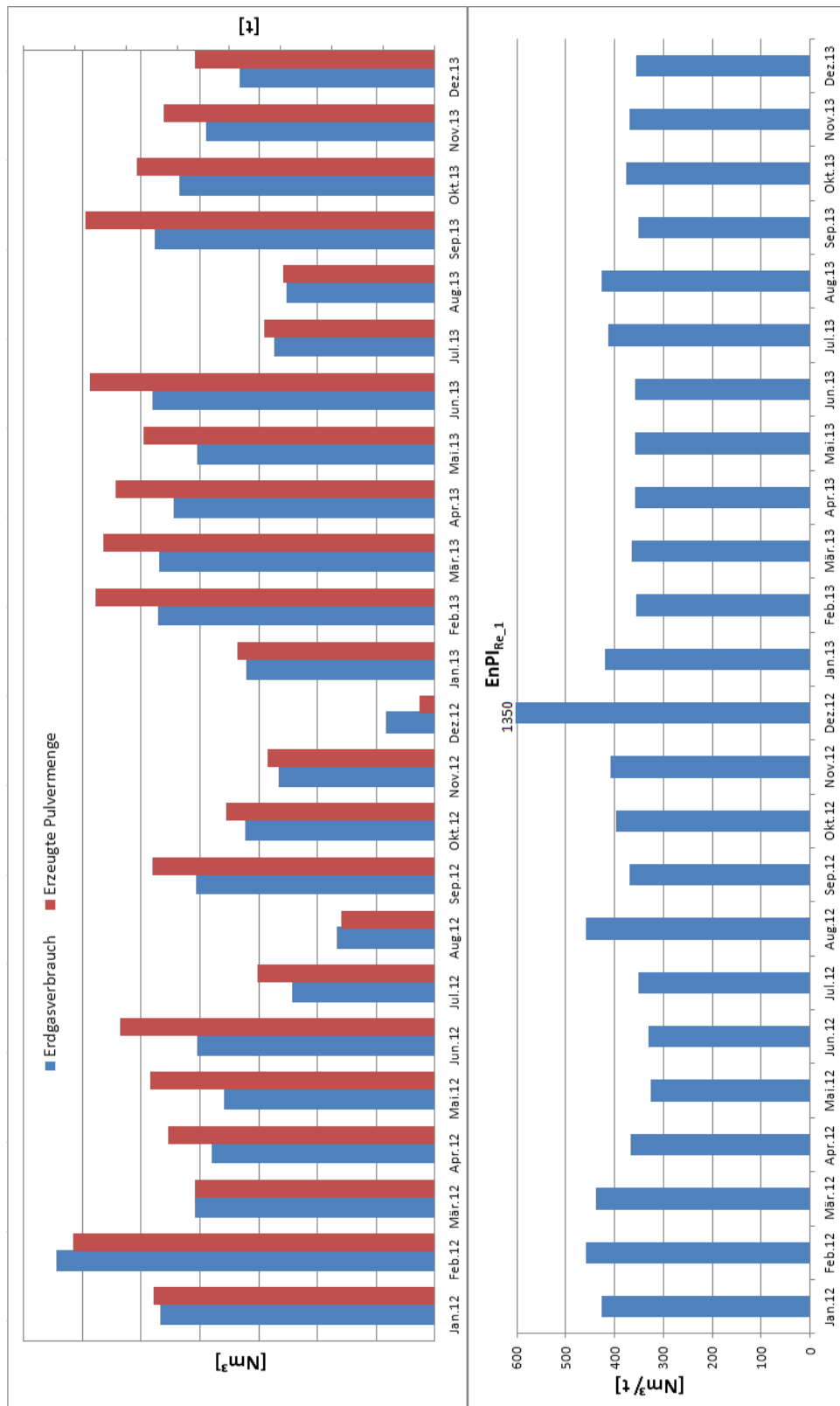


Abbildung 39: Erdgasverbrauch, erzeugte Pulvermenge und EnPI_{Re_1}

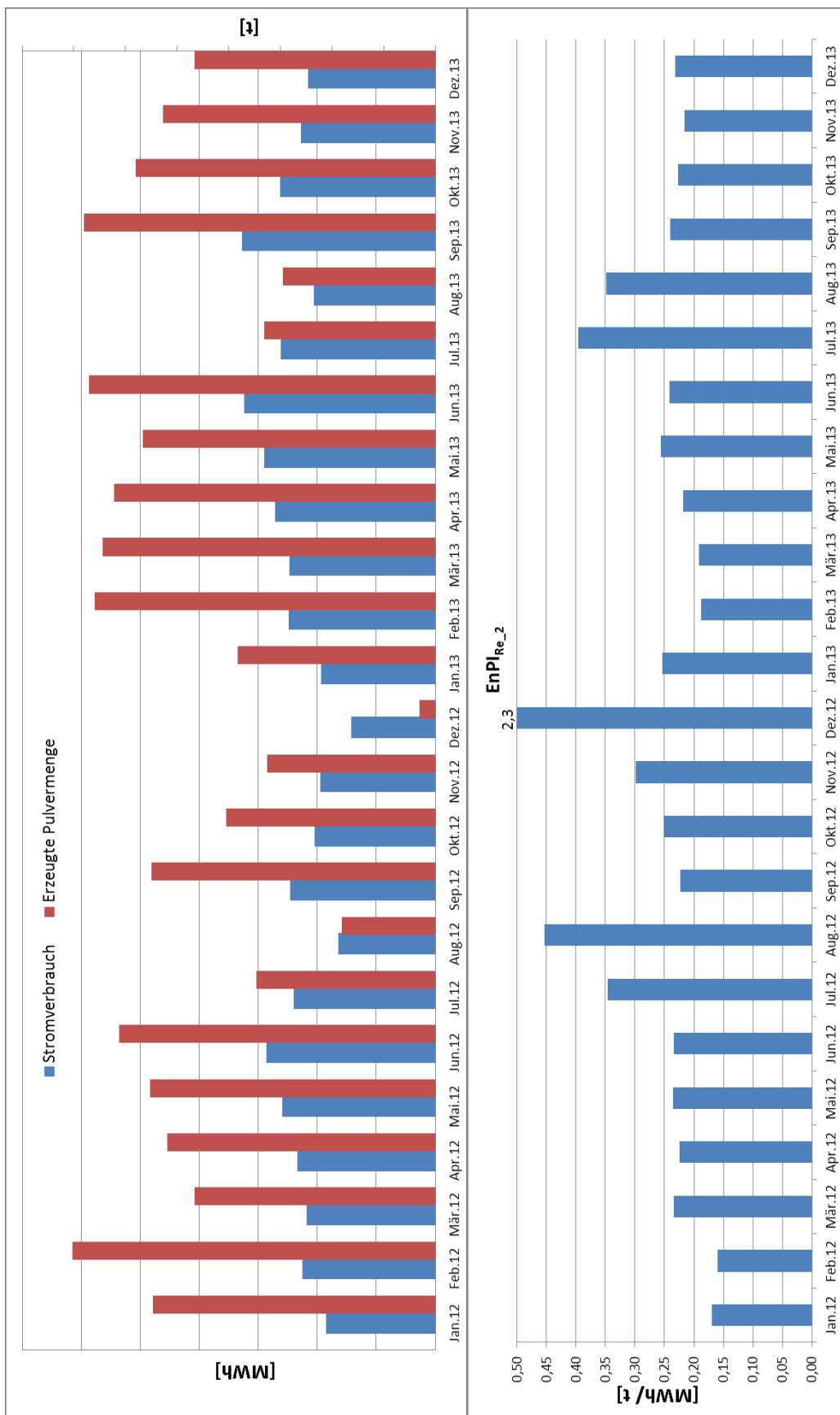


Abbildung 40: Stromverbrauch, erzeugte Pulvermenge und EnPI_{Re_2}

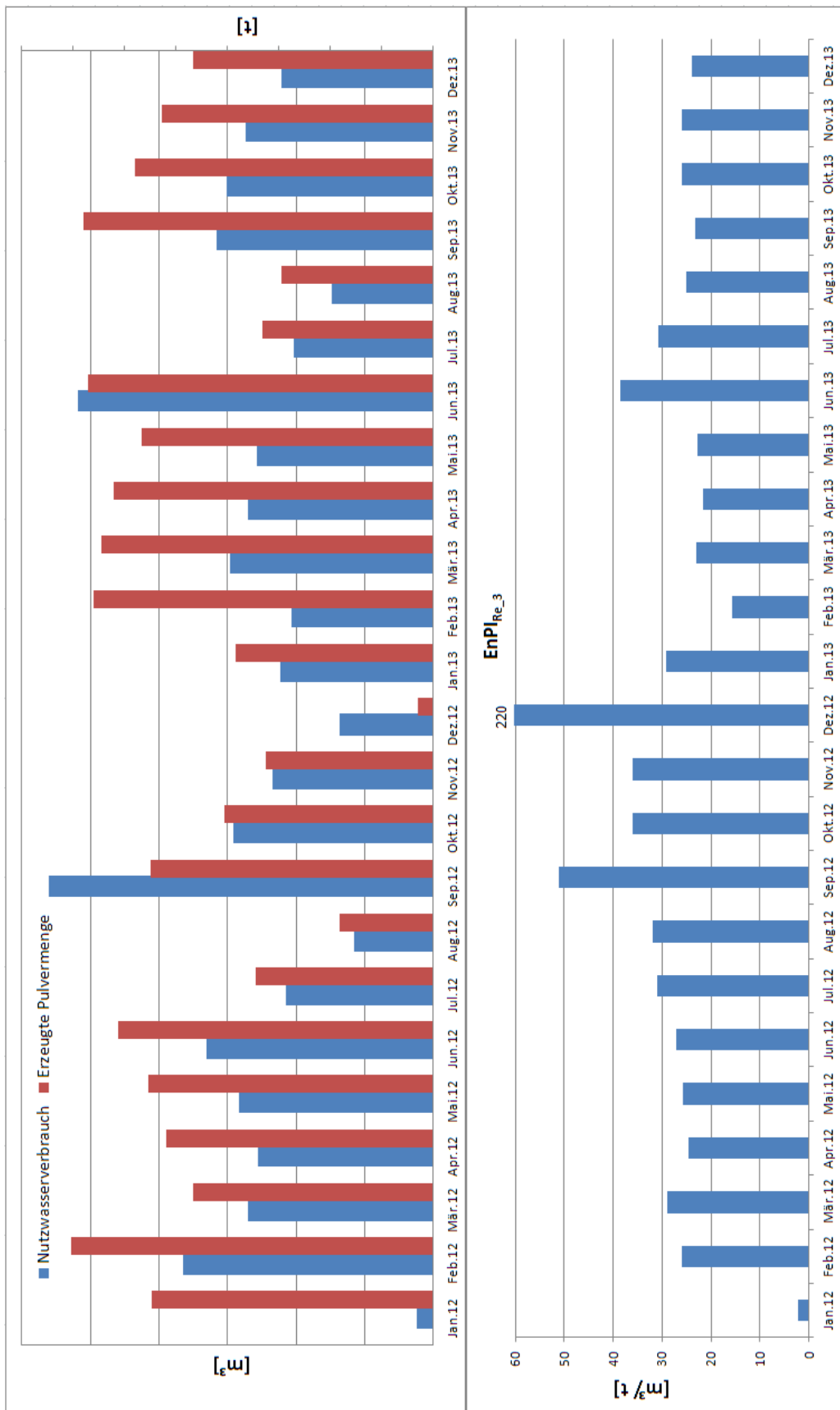


Abbildung 41: Nutzwasserverbrauch, erzeugte Pulvermenge und $EnPI_{Re_3}$

2. KST 372x - Carburierung

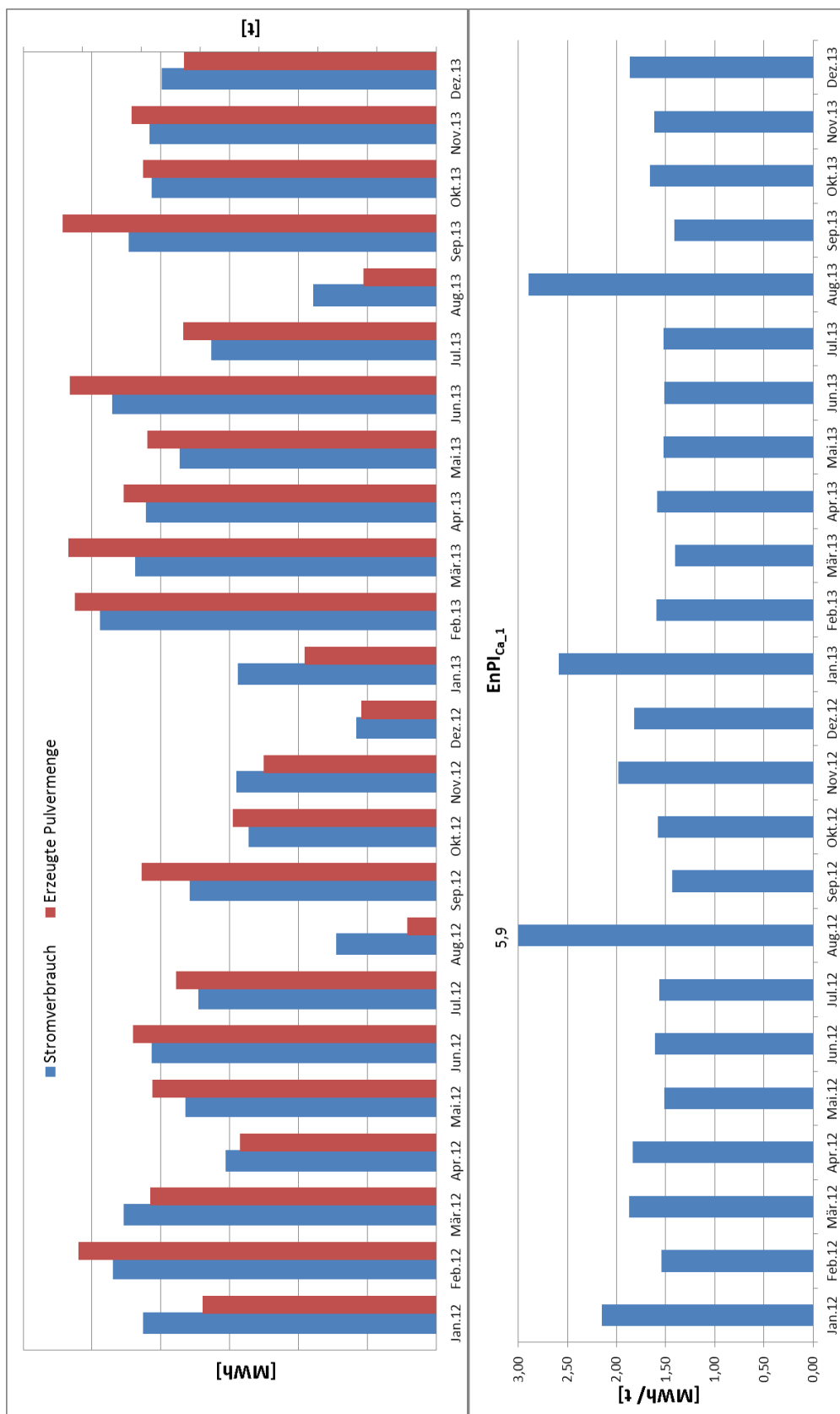


Abbildung 42: Stromverbrauch, erzeugte Pulvermenge und EnPI_{Ca_1}

3. KST 3920 - Druckluftherzeugung

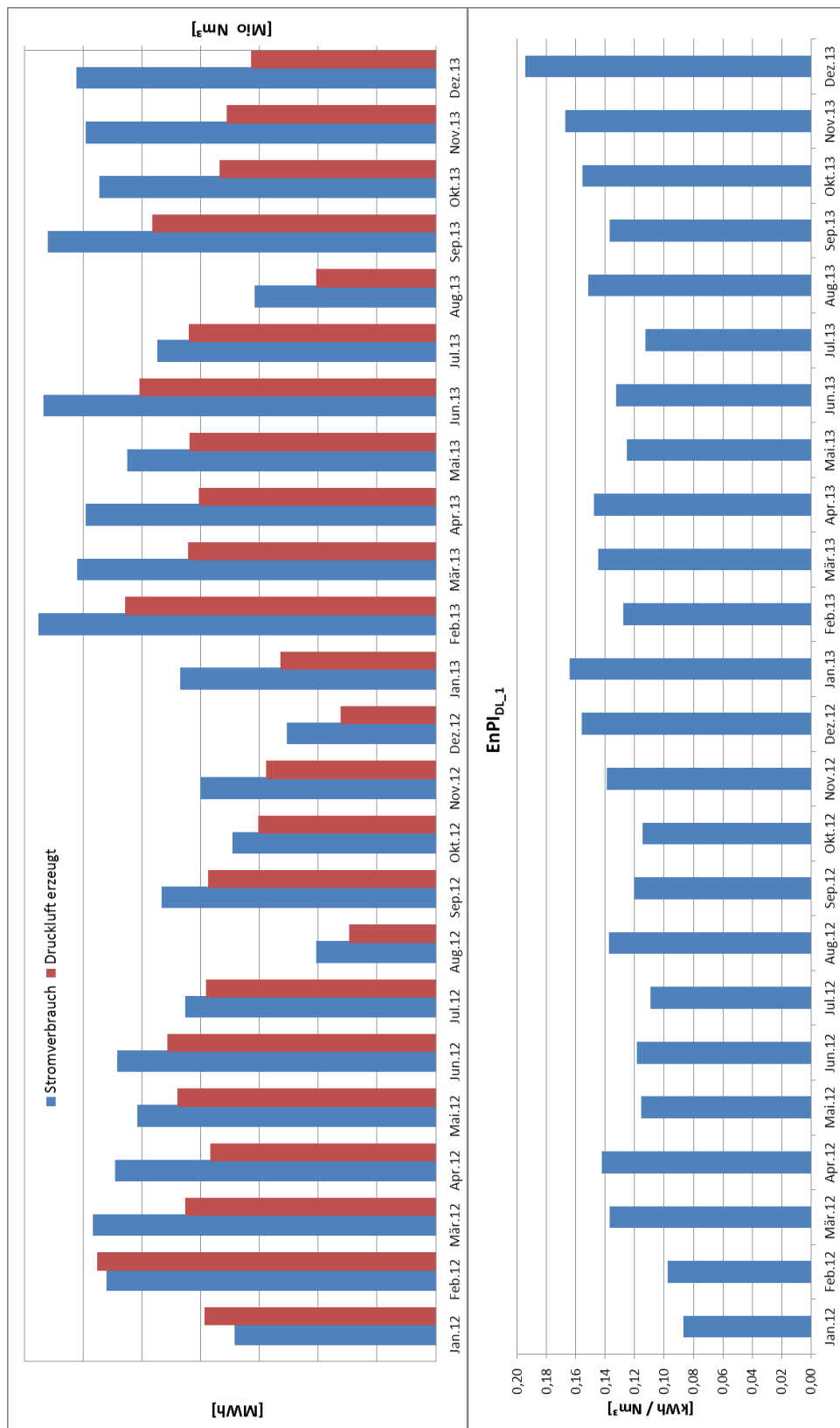


Abbildung 43: Stromverbrauch, erzeugte Druckluft und EnPI_{DL_1}

4. KST 3690 - Natriumsulfatanlage

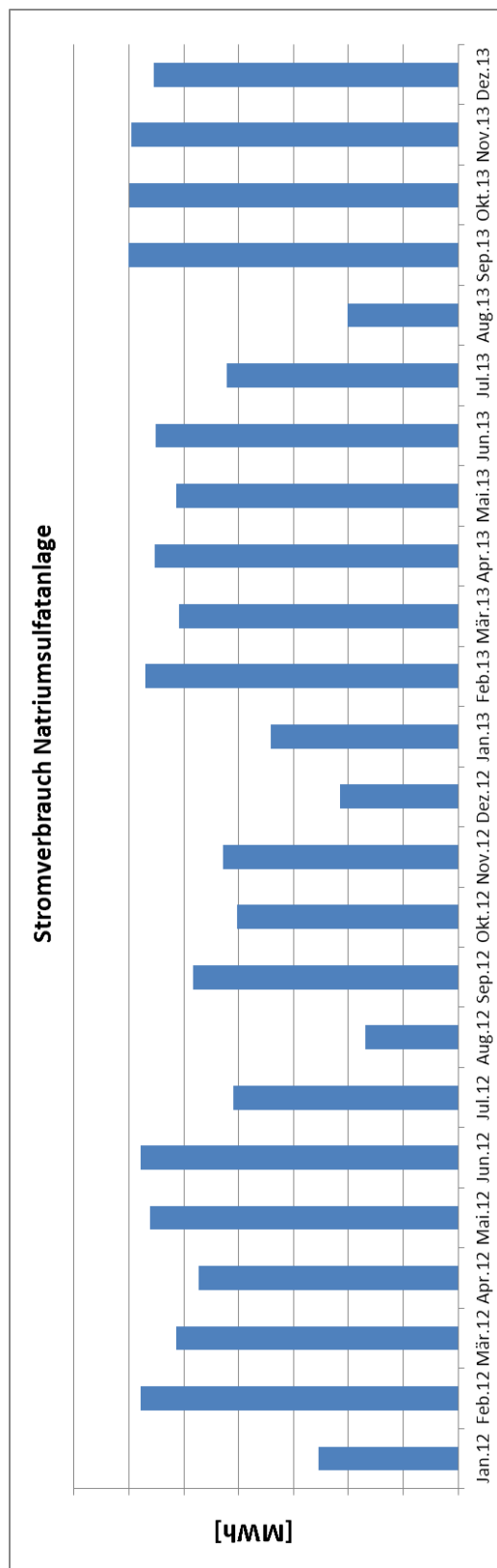


Abbildung 44: Stromverbrauch der Natriumsulfatanlage

5. KST 3700 - Oxidherstellung

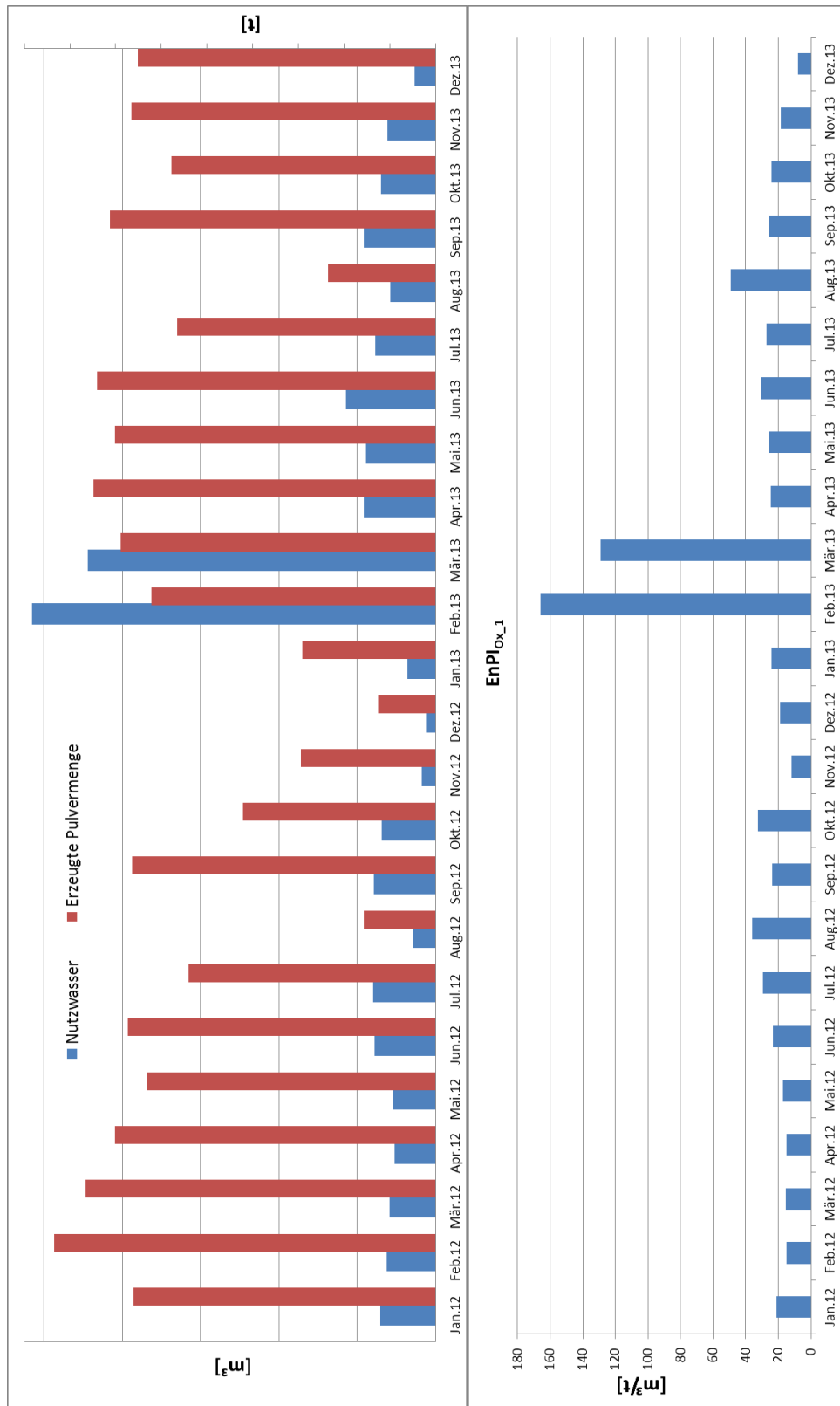


Abbildung 45: NW-Verbrauch, erzeugte Pulvermenge und $EnPI_{Ox_1}$

6. Empfehlungen für Kostenstellen

KST	IST-Situation	Empfehlungen für weiteres Vorgehen	Beispiele zum Nutzen des Energiemonitoringsystems
3960 Dampf- erzeugung	-Effizienz Dampfkessel relativ konstant -Nutzen Brennwertechnologie aus Daten nicht feststellbar	-Einbau Messungen an ECO2 -Darstellung des gesamten Brennstoffnutzungsgrades (über $EnPI_{DK_2}$)	-Frühes erkennen von Störungen durch Effizienzüberwachung -Ermittlung des Betriebspunktes mit bester Anlageneffizienz - Einflüsse auf Brennstoffnutzungsgrad feststellen
3710 Reduktion	-Erdgasmessungen an einzelnen Reduktionsöfen - Nur Daten über gesamte Pulvermenge aller Öfen - Keine Daten zu Pulverqualitäten - Ofenvergleiche mit diesen Daten nicht möglich	-Analyse der Pulvermengen und Pulverqualitäten -Effizienzvergleiche durchführen (z. B. Ofenvergleiche über Energiekennzahlen)	-Laufende Bewertung der Effizienz eines jeden Ofens -Laufende Vergleiche der Öfen -Feststellen von Leerlauf- und Standby-Verbrauch -Hinweise auf Störungen und Ausfälle durch veränderten Verbrauch etc...
3970 Wasserstoff- Erzeugung und Reinigung	-Erzeugte H_2 -Menge des Steam-Reformers mittels Faktor errechnet - Dadurch Energiekennzahl $EnPI_{H_2_1}$ konstant - H_2 -Reinigung wird neu errichtet -NW-System wird umgebaut	-Bildung der Energiekennzahl $EnPI_{H_2_1}$ - Effizienzanalyse des Steam-Reformers - Strommessungen und H_2 -Messung in neuer H_2 -Reinigungsanlage für $EnPI_{H_2_1}$	-Feststellung des optimalen Betriebspunktes des Steam Reformers -Veränderter Verbrauch gibt Hinweise auf Störungen
372x Carburierung	-Zuweisung Stromverbräuche über Verteilungsschlüssel -Nur Daten über gesamte Pulvermenge aller Öfen -Keine Daten zu Pulverqualitäten - Ofenvergleiche mit diesen Daten nicht möglich -Strommessungen bei HT-Öfen, C-Ofen-Batterien und einigen Aggregaten vorhanden.	-Analyse der erzeugten Pulvermengen bzw. Pulverqualitäten -Auf Basis der Analyse erste Effizienzvergleiche durchführen (z. B. Vergleich einzelner Öfen über $EnPI_{CA_1}$)	-Automatische Effizienzbewertung eines jeden Ofens -Automatische Vergleiche von Öfen -Hinweis auf möglichen Ofenausfall durch Änderung des Stromverbrauchs etc...

Tabelle 37: Empfehlungen für KST (Teil 1/2)

KST	IST-Situation	Empfehlungen für weiteres Vorgehen	Beispiele zum Nutzen des Energiemonitoringsystems
3920 Druckluft- erzeugung	-Zuweisung des Stromverbrauchs mittels Verteilungsschlüssel -Erzeugte Druckluftmenge VSD-Kompressor wird gemessen -Erzeugte Druckluftmenge ZR4-50 und ZR4-57 aus Laststunden mittels Faktor aus Datenblätter errechnet, Faktor teilweise falsch -Strommessungen an den Kompressoren vorhanden	-Effizienzbewertung der Kompressoren über EnPI _{DL_1} - Druckluftmessung des ZR4-50 und ZR4-57 vorhanden - Für unabhängige Bewertung weitere Druckluftmessung empfohlen -Durch EnPI _{DL_2} Nutzungsgrad überprüfbar	-Auswirkungen großer Verbraucher auf EnPI feststellbar -Ursache kurzer Betriebszeiten der Spitzenlastkompressoren eruierbar -Störungen durch Effizienzüberwachung sofort erkennbar -Auswirkungen von Versuchen (z.B. Netzdruckreduktion) ersichtlich
3690 Natriumsulfat- anlage	-Stromverbrauchs-Zuteilung mittels Verteilungsschlüssel -Keine Daten zu den erzeugten Mengen an Natriumsulfat -Strommessungen an Brüdenverdichter und Umwälzpumpe vorhanden	-Bildung Energiekennzahl EnPI _{NS_1} zur Effizienzbewertung	-Einfluss von Teillast, erzeugter Natriumsulfatmenge etc. auf Effizienz feststellbar -Hinweise auf Wartungsnotwendigkeiten bzw. Ausfälle
3810 Betriebs- und Bürogebäude	-Stromverbrauch über Verteilungsschlüssel zugeordnet -Viele unterschiedliche Stromverbraucher in KST zusammengefasst -Strommessungen an einigen Verbrauchern vorhanden	-Bewertung einzelner Verbraucher durchführen (z.B. über vorhandene Strommessungen von Infrarotheizungen, Gebäudeanspeisungen etc.)	-Laufende Überwachung von Stromverbräuchen -Gründe für Änderung des Stromverbrauchs ermitteln (durch Lastganganalysen etc..)
3660 APW	-Größter NW-Verbraucher des Standortes -Neues NW-Kreislaufsystems im Jahr 2014	- Analyse des NW-Verbrauchs nach dem Umbau	
3700 Oxid- herstellung	-NW-Verbrauchsanteil durch Fehler in Daten geringer (lediglich 13 %) -NH ₃ -Wäscher und Kühlzonen der Öfen große Verbraucher -Durchflussmessungen bei Kühlzonen der Öfen vorhanden	-Genauere Analyse der NH ₃ -Wäscher und Kühlzonen der Öfen für Informationen über Einflussgrößen	-Überwachung von Verbrauchsänderungen (Verschmutzung von Übertragungsflächen, Leckagen, veränderte NW-Einstellungen etc.)
3870 QSGU/Umwelt	-Zur Direktkühlung des bezogenen Nutzwassers verwendet -Dadurch keine weitere Betrachtung		

Tabelle 38: Empfehlungen für KST (Teil 2/2)

7. Große Stromverbraucher

Anlage	Bauwerk	Leistung [kW]
Shredder	11	200
York HKLS	11	106
Brüdenverdichter 1	15	250
Brüdenverdichter 2	15	250
Umwälzpumpe	15	132
Druckluft-Kompressor ZR4-50	6	160
Druckluft-Kompressor ZR4-57	6	250
Viessmann Dampfkessel	6	115
SiHi Flüssigkeitsringpumpe	4	355
Kälteverdichter	4	67
Kälteverdichter	5	67
HTE	3	210
HTH-2	3	270
HTH-1	3	150
Infrartheizung 1	3	90
Infrartheizung 2	3	72
VSD-Kompressor	3	300
Carburierungsöfen 1-10	3	150
Carburierungsöfen 11-25	3	200
Carburierungsöfen 26-40	3	200
Hallenklima und Erweiterung	100	36
Turbocor der Hallenklima	100	210
Turbocor für H2	100	70
Hallenklima Ventilatoren	100	120

Tabelle 39: Erhebungsblatt von großen Stromverbrauchern des Standortes²²¹

²²¹ Vgl. Erhebungsblatt Groß-Energieverbraucher, Abteilung EL

8. Messstellenverzeichnis

Messstellenverzeichnis									
Messgerät-Nr.	Messort	Verbrauchszuordnung	Messmethode	Eichung/Kalibrierung	Messgenauigkeit	Verwendet für EnPI-Nr.	Wertermittlung	Messeintervall	Zeichnungsverweis
FI 31.0101	BW 6	Druckluftmessung ZR4+57, ZR-50	Induktiv	letzte Kalibrierung am 15.01.2013	3%	EnPI _{bL} _1	EnMoS	kontinuierlich	Messstellenplan 1

Tabelle 40: Beispiel eines Messstellenverzeichnisses