

Diplomarbeit



Abb. 1

Grossbrenner in der industriellen Wärmeerzeugung

(Technologien, Anwendungen und Optimierungspotenziale)

Diplomand: Selim Ickin

Schule: Teko Olten

Klasse: O-TEU-22-S-a

Ausbildung: Energie und Umwelttechnik

Jahr: 2025

1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis	2
2	Management Summary	4
2.1.1	Ausgangslage	4
2.1.2	Vorgehen	4
2.1.3	Ergebnisse	5
2.1.4	Ausblick	5
3	Kurzer beruflicher Lebenslauf	6
4	Qualifikationsprofil	8
5	Projektinitialisierung	10
5.1	Pflichtenheft	10
5.2	Zielscheibe	13
6	Projektplanung	14
6.1	Vorgehensmodell	14
6.2	Projektstrukturplanung	15
6.3	Projektablaufplanung	16
6.4	Kommunikationsplanung	16
6.5	Risikoanalyse	17
7	Projektrealisierung	19
7.1	Analyse	19
7.1.1	Monoblock Grossbrenner Produkte der Elco	20
7.1.2	Industrielle Anwendungen	24
7.1.3	Energieeffizienz im Teillastbetrieb	26
7.1.4	Emissionen und Einflussfaktoren (NO _x , CO, CO ₂)	27
7.2	Kreativitätsmethode <Brainstorming>	29
7.3	Priorisierungsmethode <Scoring-Methode>	29
7.4	Variantenbildung	30
7.4.1	Variante 1 – Umrüstung auf modulierende Brennertechnologie	30
7.4.2	Variante 2 – Optimierung der Regelungstechnik	31
7.4.3	Variante 3 – Optimierung durch gezielte Wartungs- und Einstellmassnahmen	31
7.5	Evaluation der geeignetsten Variante	32
7.5.1	Präferenzmatrix	32
7.5.2	Nutzwertanalyse	33
7.5.3	Sensitivitätsanalyse	33
7.5.4	Resultat der Variantenevaluation	34
8	Ausarbeitung der Variante (Umrüstung auf modulierende Brennertechnologie)	35
8.1	Phasenplan zur Umsetzung der Variante 1	35
8.1.1	Vorbereitung und Planung	35

8.1.2	Demontage und Installation.....	35
8.1.3	Elektrische Anbindung und Signalprüfung	37
8.1.4	Inbetriebnahme und Einstellung.....	38
8.1.5	Optimierung und Dokumentation.....	39
8.1.6	Fazit zur Umsetzung.....	41
8.2	SWOT - Analyse	41
8.3	Risiko - Analyse	42
8.4	Kosten-Nutzen-Analyse	43
9	Projektabschluss.....	46
9.1	Projektüberwachung	46
9.2	Evaluation der Zielerreichung	46
9.3	Reflexion Weg zum Ziel.....	47
9.4	Lessons learnt.....	48
9.5	Ausblicke.....	49
10	Eigenständigkeitserklärung	50
11	Verzeichnisse.....	51
11.1	Abbildungsverzeichnis	51
11.2	Tabellenverzeichnis	51
11.3	Literatur- und Quellenverzeichnis.....	51
12	Anhang.....	52
12.1	Projektstatusberichte	52

2 Management Summary

Die vorliegende Diplomarbeit befasst sich mit dem Thema „**Grossbrenner in der industriellen Wärmeerzeugung – Technologien, Anwendungen und Optimierungspotenziale**“. Ziel dieser Arbeit ist es, die technischen Grundlagen, Einsatzgebiete und Effizienzpotenziale von industriellen Grossbrennern zu analysieren und anhand eines realen Praxisbeispiels aufzuzeigen, wie sich durch den Einsatz moderner modulierender Brennertechnologien die Energieeffizienz verbessern und Emissionen reduzieren lassen.

2.1.1 Ausgangslage

Industrielle Grossbrenner spielen in der Schweiz und Europa eine zentrale Rolle bei der Erzeugung von Prozesswärme, Dampf und Heisswasser. Viele dieser Anlagen stammen aus älteren Generationen und arbeiten mit zweistufiger Verbrennungstechnik. Dadurch entstehen im Teillastbetrieb hohe Taktraten, unnötige Energieverluste sowie überdurchschnittliche NO_x-Emissionen.

Als Servicetechniker für Grossbrenner bei der Elcotherm AG habe ich in den letzten Jahren zahlreiche Anlagen betreut, bei denen deutliches Verbesserungspotenzial erkennbar war insbesondere bei der Kombination aus alten Kesseln und unmodulierenden Brennern. Die Diplomarbeit untersucht, wie durch den gezielten Einsatz moderner Brennertechnologien bestehende Anlagen effizienter, langlebiger und emissionsärmer betrieben werden können.

2.1.2 Vorgehen

Zu Beginn wurden die verschiedenen Brennertechnologien und ihre Einsatzbereiche theoretisch analysiert. Dabei lag der Fokus auf Öl-, Gas- und Kombibrennern im industriellen Leistungsbereich. Anschliessend wurden typische Anwendungen in der Prozesswärmeerzeugung (z. B. Trocknungsanlagen, Dampferzeuger, Heizkessel) untersucht und ihre Anforderungen an die Feuerungstechnik verglichen.

Zur praktischen Vertiefung wurde ein reales Projekt als Beispiel ausgewählt: die Umrüstung eines Ygnis EM-755-Kessels (Baujahr 1986) in Hitzkirch. Der alte zweistufige Brenner ELCO EK 4.70 ZOTA wurde durch einen modulierenden ELCO EKEVO 4.800

L-EOT ersetzt. Die Ansteuerung erfolgt über das Hausleitsystem mit 0–10 V-Signal und einen Siemens-Regler RWF 55.5, der die Brennerleistung stufenlos moduliert. Die Umsetzung umfasste Planung, Demontage, Montage, elektrische Integration, Inbetriebnahme, Messungen und Dokumentation.

2.1.3 Ergebnisse

Die Umrüstung führte zu einer deutlichen Verbesserung der Betriebseffizienz und der Emissionswerte. Der neue Brenner moduliert zwischen 400 kW (Grundlast) und 500 kW (Volllast). Die gemessenen Werte lagen bei Rest-O₂ $\approx$ 3,5 %, CO (Kohlenmonoxid) 10 mg/m³, NO_x (Stickoxide) 48 mg/m³ bei Volllast und 44 mg/m³ bei Grundlast, bei einer Abgastemperatur von 120 °C.

Damit wurden die NO_x-Emissionen gegenüber der alten Anlage (90–110 mg/m³) mehr als halbiert. Eine weitere Leistungsreduktion wurde bewusst vermieden, da zu tiefe Abgastemperaturen zu Kondensatbildung geführt hätten. Das entstehende saure Kondensat ist stark korrosiv und hätte den alten Kessel langfristig geschädigt.

Nach der Inbetriebnahme zeigt sich ein ruhiger, stabiler und störungsfreier Betrieb. Durch den Wegfall der Taktung konnten die Start- und Stillstandsverluste eliminiert und der Wirkungsgrad im Jahresmittel erhöht werden.

2.1.4 Ausblick

Die Arbeit zeigt, dass durch den Einsatz modulierender Brenner auch bei älteren Anlagen erhebliche Optimierungen möglich sind sowohl energetisch als auch ökologisch. Für die Zukunft empfiehlt sich, die Laufzeiten und Emissionswerte nach einer vollständigen Heizperiode nochmals zu überprüfen, um die Modulationskennlinie weiter zu optimieren. Zudem bietet sich an, die Wirtschaftlichkeit solcher Umrüstungen in grösserem Massstab zu evaluieren, um daraus strategische Modernisierungskonzepte für weitere Bestandsanlagen abzuleiten. So können langfristig nicht nur Energie- und Wartungskosten reduziert, sondern auch CO₂- und NO_x-Emissionen im industriellen Wärmesektor nachhaltig gesenkt werden.

3 Kurzer beruflicher Lebenslauf

PERSÖNLICHE ANGABEN

Name Ickin
Vorname Selim
Geburtsdatum 13.04.1996
Zivilstand Ledig
Bürgerort Aarau
Nationalität Schweiz
Adresse [REDACTED]
PLZ / Ort [REDACTED]
Telefon [REDACTED]
E-Mail selim.ickin96@gmail.com
Fahrausweis Kategorie B



BERUFLICHE ERFAHRUNG

05.2024 – Heute Servicetechniker Grossbrenner Öl-Gas

Elcotherm AG, Aarburg

- Service, Wartung und Inbetriebnahme von Öl- und Gasgebläsebrennern bis 10 MW
- Durchführung von Abgasmessungen und Effizienzoptimierungen
- Kundenberatung sowie technische Unterstützung bei komplexen Anlagen

11.2023 – 02.2024 Projektleiter erneuerbare Energien HLK

Koller Haustechnik AG, Schötz

- Projektleitung Heizungssanierungen
- Erstellen von Angeboten im ABACUS
- Kundenberatungen und Haustechnikplanung

07.2023 – 10.2023 Fachspezialist Luftheizapparate

Meier Tobler AG, Urdorf

- Ausarbeiten von Bauprojekten
- Erstellen von Angeboten und Aufträgen im SAP
- Kundenberatungen

06.2019 – 06.2023 Servicetechniker Ölheizungen

Meier Tobler AG

- Wartungen und Reparaturen
- Inbetriebnahmen
- Kundenberatungen

02.2019 – 05.2019 Automobilfachmann

Grosspeter AG, MuttENZ

07.2018 – 07.2018 Temporäreinsatz als Automobilfachmann
Garage Felsenegg GmbH

02.2018 – 04.2018 Automobilfachmann
Tesla Service Center, Schlieren

10.2017 – 11.2017 Automobilfachmann
Autocenter Baschnagel AG, Wettingen

08.2016 – 09.2017 Zusatzlehre Automobil-Mechatroniker EFZ
Autocenter Baschnagel AG, Wettingen

01.2016 – 07.2016 Temporärstellensuche bis Lehrbeginn

08.2015 – 12.2015 Verkäufer
Valora Kiosk Wynencenter Buchs AG

AUS- UND WEITERBILDUNG

10.2022 – Heute TEKO Schweizerische Fachschule Olten
Höhere Fachschule im letzten Semester
• HF Energie und Umwelttechnik

08.2012 – 07.2015 AMAG Retail Schinznach Bad
Berufslernender Automobil-Fachmann EFZ
• Reparatur-, Service- und Unterhaltsarbeiten
• Durchführen von Diagnosearbeiten
• Einbauarbeiten von Autozubehör

KENNTNISSE UND FÄHIGKEITEN

Fremdsprachen

Deutsch (Muttersprache)
Türkisch (2. Muttersprache)
Englisch (fließend)

IT-Kenntnisse

MS-Office (Gut)
SAP (Gut)
ABACUS (Gut)
Trimble Nova (Gut)

Elektrokenntnisse

NIV 15.4 für Service- und Reparaturarbeiten an HLKKS-Anlagen

INTERESSEN UND AKTIVITÄTEN

Wandern und Fitness

4 Qualifikationsprofil

- | | |
|---|--|
| <p>A 1
Unternehmens- und Führungsprozesse gestalten und verantworten</p> | <ul style="list-style-type: none">• Ich habe die Arbeitsprozesse dokumentiert und übersichtlicher gestaltet, sodass Abläufe im Team klar nachvollziehbar waren. Als Projektleiter habe ich Aufgaben verteilt, Termine mit Kunden koordiniert und die Qualität kontrolliert. Im Team habe ich Probleme offen angesprochen und gemeinsam mit den Vorgesetzten Lösungen gefunden. Durch regelmässige Rückmeldungen und den Austausch mit Kollegen konnte die Zusammenarbeit verbessert und die Kundenzufriedenheit gesteigert werden. |
| <p>A 2
Kommunikation situationsangepasst und wirkungsvoll gestalten</p> | <ul style="list-style-type: none">• Ich habe technische Informationen für Kunden und Vorgesetzte adressatengerecht erklärt für Fachleute detailliert, für Kunden einfach verständlich. Schriftliche Dokumentationen habe ich klar und nachvollziehbar erstellt. Mit internationalen Kunden habe ich auch auf Englisch kommuniziert und dadurch Missverständnisse vermieden. |
| <p>A 3
Die persönliche Entwicklung reflektieren und vorantreiben</p> | <ul style="list-style-type: none">• Ich habe meine Stärken und Schwächen regelmässig reflektiert. In Stresssituationen habe ich mein Verhalten angepasst und so die Arbeit professionell abgeschlossen. Mein technisches Wissen habe ich laufend durch interne Schulungen und eigene Recherchen vertieft. |
| <p>B 4
Entwicklungsmethoden zur Problemlösung und Innovationsentwicklung in der Umwelttechnik zielführend einsetzen</p> | <ul style="list-style-type: none">• Ich habe bei Störungen systematisch nach den Ursachen gesucht und dadurch Ausfälle schnell und nachhaltig behoben. Für Verbesserungen habe ich verschiedene Varianten miteinander verglichen und die beste Lösung umgesetzt. Bei Innovationen habe ich Visualisierungen und Berechnungen genutzt, um die Vorteile klar darzustellen. |
| <p>B 5
Projekte planen, leiten, und evaluieren</p> | <ul style="list-style-type: none">• Ich habe Projekte eigenständig geplant, Termine und Abläufe koordiniert und Risiken frühzeitig erkannt. Nach Abschluss habe ich die Projekte ausgewertet und Verbesserungsmöglichkeiten festgehalten. Durch einheitliche Dokumentationen waren die Arbeiten für Kunden und Kollegen jederzeit nachvollziehbar. |
| <p>B 6
Anlagen entwickeln</p> | <ul style="list-style-type: none">• Ich habe bestehende Anlagen analysiert und Vorschläge zur Optimierung erarbeitet, die Ressourcen geschont und den Betrieb effizienter machten. Technische Varianten habe ich strukturiert verglichen und Kunden die Vorteile verständlich aufgezeigt. Auch Themen wie Emissionen und Umweltaspekte habe ich aufgearbeitet und präsentiert. |
| <p>B 7
Projektierung von Anlagen beauftragen</p> | <ul style="list-style-type: none">• Ich habe Planungsunterlagen geprüft, Fehler erkannt und notwendige Anpassungen veranlasst. Bei Berechnungen und Simulationen habe ich sichergestellt, dass Anlagen korrekt ausgelegt waren. Kunden habe ich fachlich fundierte Angebote erstellt und dabei die Anforderungen transparent erklärt. |
| <p>B 8
Daten erfassen und auswerten</p> | <ul style="list-style-type: none">• Ich habe Messwerte sorgfältig aufgenommen, mit Sollwerten verglichen und die Ergebnisse dokumentiert. Dadurch konnte ich Abweichungen aufzeigen und sicherstellen, dass gesetzliche Vorgaben eingehalten wurden. |

B 10
Wartung sicherstellen und
Verfügbarkeit der Anlagen
garantieren

- Ich habe Wartungen eigenständig geplant und durchgeführt, damit die Anlagen zuverlässig verfügbar waren. Bei Störungen habe ich die Ursachen eingegrenzt und die Probleme nachhaltig behoben. Bei sicherheitsrelevanten Mängeln habe ich Verantwortung übernommen und den Betrieb erst nach der Behebung wieder freigegeben.

B 11
Prozesse analysieren und optimieren

- Ich habe Arbeitsprozesse geprüft und durch klare Strukturen verbessert. Zum Beispiel habe ich Ordner und Datenablagen auf dem Server neu organisiert, wodurch Suchzeiten im Team um rund ca. 30 % reduziert wurden.

B 12
Anlagen optimieren

- Ich habe Anlagen auf Schwachstellen überprüft und Verbesserungen umgesetzt. So habe ich beispielsweise beim Kunden Anpassungen an der Ölleitung und ein fehlendes Gewässerschutzventil nachgerüstet. Dadurch wurde die Betriebssicherheit erhöht und die Anlage effizienter betrieben.

5 Projektinitialisierung

5.1 Pflichtenheft

Einleitung

Die Elcotherm AG mit Sitz in Vilters ist ein führendes Unternehmen im Bereich der Heiztechnik in der Schweiz. Ihr Kerngeschäft umfasst die Entwicklung, Produktion und den Vertrieb von energieeffizienten Heizsystemen für private, gewerbliche und industrielle Anwendungen. Die Industrieabteilung der Elcotherm AG konzentriert sich auf Grossbrenner mit Leistungen über 1 MW in der Industrie.

Die Idee zur Diplomarbeit entstand aus meiner Tätigkeit als **Servicetechniker in der Industrieabteilung**. In meinem Berufsalltag betreue ich Grossbrenner in verschiedenen industriellen Anlagen. Dabei wird immer wieder deutlich, dass viele dieser Anlagen noch Optimierungspotenzial aufweisen – sei es durch veraltete Technologie, unzureichende Wartung oder ineffiziente Betriebsweise. In Schulungen und Einsätzen zeigte sich, dass insbesondere die Modulation, Teillastfähigkeit und Emissionen wichtige Stellschrauben darstellen. Die Diplomarbeit soll deshalb untersuchen, welche Technologien aktuell zur Verfügung stehen, wie sie angewendet werden und welche realistischen Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung und Emissionsreduktion bestehen.

Fachexperte

- **Name:** Marius Kroencke
- **Beruf:** Schulungsleiter Industrieabteilung
- **Funktion:** Technischer Fachexperte für Grossbrenner
- **Firma:** Elcotherm AG
- **Adresse:** Sarganserstrasse 100, 7324 Vilters
- **E-Mail:** [REDACTED]
- **Telefon:** [REDACTED]

Inhalt

Richtziel:

Die Arbeit soll systematisch Technologien und Anwendungsgebiete von industriellen Grossbrennern analysieren sowie deren Optimierungspotenziale in Bezug auf Energieeffizienz und Emissionen aufzeigen.

Ziele / Erfolgskriterien:

- Vergleich verschiedener Brennertechnologien (z. B. modulierend vs. zweistufig vs. einstufig)
- Vorstellung der Produkte von Grossbrennern bei Elco
- Analyse typischer industrieller Anwendungen (z. B. Trocknungsanlagen, Dampferzeuger, Prozesswärme)
- Bewertung der Energieeffizienz im Teillastbetrieb
- Untersuchung von Emissionen (NO_x, CO, CO₂) und Einflussfaktoren
- Darstellung möglicher Optimierungen (z. B. durch Brennerumrüstung, Wartung, Steuerung)
- Anwendung und Interpretation von realen Feldmessungen (z. B. aus Einsätzen bei Elcotherm)
- Visualisierung der Ergebnisse in Form von Diagrammen, Tabellen und ggf. schematischen Darstellungen

Technische Anforderungen und Funktionalitäten:

- Fokus auf Grossbrenner mit Leistungen über 700kW
- Betrachtung von Gas- und Ölbrennern im industriellen Einsatz
- Berücksichtigung von Normen (z. B. EN 676, EN 267, schweizerische Abgasvorschriften)
- Einbindung praxisrelevanter Daten (z. B. Wirkungsgrade, Emissionsverhalten)
- Optional: Gegenüberstellung mit alternativen Wärmeerzeugern (Wärmepumpe, Biomasse, etc.)

Schematische Skizzen (geplant):

- Systemübersicht eines industriellen Wärmeerzeugungssystems mit Grossbrenner
- Darstellung der Regelungstechnik und Brennstoffzufuhr
- Schnittstellen zu Steuerung, Kessel und Abgasführung

Weitere Hinweise:

- Fachgespräche und Interviews mit Spezialisten aus dem Elco-Schulungszentrum
- Methodisch gestützt auf Literatur, Normen, eigene Erfahrungswerte und reale Projekte
- Praxisorientiert, geeignet zur späteren Anwendung in der Schulung oder Beratung

19.08.2025

Datum



Roberto Di Cerbo

Diplomlehrer

19.08.2025

Datum

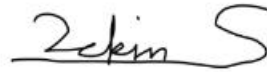


Marius Kroencke

Fachexperte

16.08.2025

Datum



Selim Ickin

Diplomand

Richtziel: Die Arbeit untersucht Technologien, Anwendungen und Optimierungspotenziale von industriellen Grossbrennern ab 1 MW. Ziel ist es, durch technische Analysen und Variantenvergleiche praxisnahe Massnahmen zur Effizienzsteigerung und Emissionsreduktion aufzuzeigen.

- Analyse des heutigen Stands der Technik bei Grossbrennern (Betriebsarten, Regelung, Emissionen)
- Darstellung typischer Anwendungsbereiche in der Industrie
- Erarbeitung und Beschreibung von Optimierungsvarianten
- Vergleich der Varianten mittels Nutzwertanalyse
- Detaillierte Ausarbeitung der gewählten Variante (modulierender Brenner) mit Umsetzungsvorschlag
- Tabellen und evtl. Fotos zur Veranschaulichung

- Elcotherm AG (Industrieabteilung)
- Fachpersonen und Schulungsleiter (z. B. Marius Kröncke)
- Fachschule TEKO (Prüfungskommission)
- Indirekt: Betreiber und Servicetechniker von Industrieanlagen

Endergebnisse

Sinn und Zweck

- Praxisorientierte Aufarbeitung eines aktuellen Themas aus dem industriellen Wärmemarkt
- Aufzeigen konkreter technischer und betrieblicher Verbesserungsmöglichkeiten für mehr Energieeffizienz und tiefere Emissionen
- Grundlage für interne Schulungen oder Beratungen bei Elcotherm
- Beitrag zur Weiterentwicklung und Modernisierung des Anlagenbestands

Kunde

Erfolaskriterien

- Vollständige und strukturierte Dokumentation gemäss TEKO-Vorgaben
- Technisch fundierte Analyse mit praxisrelevantem Bezug
- Nachvollziehbare Variantenbildung und -bewertung
- Klare Begründung der ausgewählten Variante
- Praktische Umsetzbarkeit der vorgeschlagenen Lösung
- Positive Rückmeldungen von Fachpersonen (z. B. Fachexperte Elcotherm)

6 Projektplanung

6.1 Vorgehensmodell

Für die Diplomarbeit habe ich mich am klassischen 4-Phasen-Modell (Initialisierung, Planung, Realisierung, Abschluss) orientiert. Dieses Modell eignet sich besonders gut für strukturierte Projekte mit klar definierten Zielen, wie es bei einer technischen Analyse der Fall ist.

In der Initialisierungsphase wurde das Thema eingegrenzt, der Praxisbezug über meinen Berufsalltag bei Elcotherm hergestellt und die Zielsetzungen sowie Rahmenbedingungen festgelegt.

Die Planungsphase umfasste die Strukturierung des Projekts in Arbeitspakete, die Erstellung eines zeitlichen Ablaufplans sowie die Identifikation der relevanten Kommunikationswege und Risiken.

In der Realisierungsphase erfolgte die eigentliche Analyse der Technologien, Anwendungsfälle und Optimierungspotenziale. Dazu wurden Literaturrecherchen, Normen, eigene Feldbeobachtungen, Messwerte sowie Fachgespräche systematisch ausgewertet. Parallel dazu wurden Varianten zur Effizienzsteigerung gebildet und bewertet.

Die Abschlussphase diente dazu, die Resultate zu verdichten, mit den ursprünglichen Zielen abzugleichen und Schlussfolgerungen sowie Empfehlungen für die Praxis zu formulieren. Dieses Vorgehensmodell hat sich bewährt, da es einen sauberen roten Faden durch die gesamte Arbeit sicherstellt.

6.2 Projektstrukturplanung

Initialisierung	Planung	Realisierung	Abschluss
•Thema festlegen •Pflichtenheft erstellen •Genehmigung durch Teko	•Vorgehensmodell festlegen •Kommunikationsplanung erstellen •Risikoanalyse durchführen •Projektstrukturplan erstellen	•Analyse •Variantenbildung •Priorisierung und Bewertung •Evaluation der besten Varianten •Ausarbeitung der gewählten Varianten	•Schlussfassung und Layout •Abgabe der Arbeit •Online Publikation •Vorbereitung der Präsentation

6.3 Projektablaufplanung

	September				Oktober				November		
	KW36	KW37	KW38	KW39	KW40	KW41	KW42	KW43	KW44	KW45	KW46
Initialisierung											
Themenfindung	X										
Pflichtenheft	X										
Planung											
Projektstrukturplanung				X							
Projektablaufplanung				X							
Technische Unterlagen einholen					X						
Realisierung											
Analyse					X						
Kreativitätsmethode					X						
Priorisierungsmethode					X						
Variantenbildung						X					
Evaluation der geeignetsten Variante						X					
Phasenplan zur Umsetzung der Variante							X				
SWOT-Analyse							X				
Risiko-Analyse							X				
Kosten-Nutzen-Analyse							X				
Abschluss											
Projektüberwachung								X			
Evaluation der Zielerreichung								X			
Reflexion Weg zum Ziel								X			
Lessons Learnt								X			
Ausblicke								X			
Verzeichnisse								X			
Endkontrolle									X		
Abgabe										X	

6.4 Kommunikationsplanung

Während der Bearbeitung der Diplomarbeit war eine klare und regelmässige Kommunikation wichtig, um fachliche Rückmeldungen einzuholen und den Fortschritt transparent zu halten.

Die Kommunikation fand auf drei Ebenen statt:

Fachexperte (Elcotherm): Der Austausch mit dem Fachexperten erfolgte hauptsächlich persönlich vor Ort sowie per Microsoft Teams und WhatsApp. Technische Fragen, Messwerte und Praxisbeispiele konnten so direkt und unkompliziert besprochen werden. Diese enge Kommunikation war besonders hilfreich, um komplexe Themen praxisnah einzuordnen.

Schule / Betreuung: Die Betreuung durch den Dozenten erfolgte über fixe Vorzeigetermine sowie ergänzend per E-Mail und Teams. Dabei ging es vor allem um die

Überprüfung des Aufbaus, fachliche Rückmeldungen zur inhaltlichen Ausrichtung und organisatorische Punkte rund um die Abgabetermine.

Eigenorganisation: Ich habe während der gesamten Bearbeitungszeit immer wieder an der Arbeit weitergeschrieben, je nach beruflicher Auslastung mal intensiver, mal weniger. Durch diese flexible Arbeitsweise konnte ich die Diplomarbeit kontinuierlich weiterentwickeln und Anpassungen jeweils zeitnah umsetzen.

6.5 Risikoanalyse

Auch bei einer Diplomarbeit können Risiken auftreten, die den Projektverlauf beeinflussen. Frühzeitig mögliche Stolpersteine zu erkennen und entsprechende Massnahmen zu planen, war daher ein wichtiger Bestandteil der Vorbereitung.

Risiko 1: Verzögerungen durch berufliche Belastung

- **Auswirkung:** Der Zeitplan kann ins Wanken geraten, einzelne Arbeitsschritte verschieben sich.
- **Eintrittswahrscheinlichkeit:** Mittel
- **Massnahme:** Realistische Zeitplanung mit Puffer, feste Schreibzeiten einplanen und Prioritäten klar setzen.

Risiko 2: Schwierigkeiten bei der Datenbeschaffung

- **Auswirkung:** Analysen könnten unvollständig ausfallen oder müssten vereinfacht werden.
- **Eintrittswahrscheinlichkeit:** Mittel
- **Massnahme:** Frühzeitige Kontaktaufnahme mit Elcotherm, Nutzung bestehender Messprotokolle und Literatur.

Risiko 3: Technische Komplexität des Themas

- **Auswirkung:** Gefahr von inhaltlichen Lücken oder unklarer Darstellung.
- **Eintrittswahrscheinlichkeit:** Niedrig-Mittel
- **Massnahme:** Regelmässige Rücksprache mit Fachpersonen, saubere Strukturierung und gezielte Nachrecherche.

Risiko 4: Terminliche Engpässe bei Fachpersonen

- **Auswirkung:** Rückmeldungen oder benötigte Informationen könnten sich verzögern.
- **Eintrittswahrscheinlichkeit:** Niedrig-Mittel
- **Massnahme:** Frühzeitige Terminvereinbarungen und proaktive Nachfragen.

Risiko 5: Belastung durch parallele Abschlussphase (Schule / Beruf)

- **Auswirkung:** Konzentrationsprobleme oder Qualitätsverlust der Arbeit.
- **Eintrittswahrscheinlichkeit:** Mittel
- **Massnahme:** Klare Etappenziele festlegen, Arbeitspakete strukturieren und ausreichend Pausen einplanen.

7 Projektrealisierung

7.1 Analyse

Die industrielle Wärmeerzeugung spielt in zahlreichen Prozessen eine zentrale Rolle. Ob in Trocknungsanlagen, Dampferzeugern oder in der allgemeinen Prozesswärmebereitstellung eine zuverlässige und effiziente Wärmeerzeugung ist für viele Produktions- und Versorgungsprozesse unverzichtbar. In der Schweiz werden in diesem Leistungsbereich häufig Öl- und Gasgebläsebrenner mit Leistungen ab 300kW (Kilowatt) bis 10MW (Megawatt) oder höher eingesetzt.

Grossbrenner dieser Leistungsklasse arbeiten meist in Kombination mit grossen Kesselanlagen, die auf eine kontinuierliche und stabile Wärmeversorgung ausgelegt sind. Sie kommen typischerweise in Industrie- und Gewerbebauten, Spitälern, grösseren Wohnüberbauungen oder in Fernwärmeanlagen zum Einsatz. Die Anforderungen an die Betriebssicherheit, die Einhaltung von Emissionsgrenzwerten sowie die Energieeffizienz sind in diesem Segment besonders hoch, da ein Ausfall oder ineffizienter Betrieb unmittelbare wirtschaftliche und ökologische Folgen hat.

In der Praxis zeigt sich, dass viele bestehende Anlagen noch ein erhebliches Optimierungspotenzial aufweisen. Häufig sind Brenner veraltet, werden nicht optimal betrieben oder weisen durch fehlende Modulation im Teillastbereich deutliche Effizienzverluste auf. Auch unzureichende oder unregelmässige Wartungen führen dazu, dass die Verbrennung nicht mehr optimal eingestellt ist, was wiederum höhere Emissionen und Brennstoffverbräuche zur Folge hat.

Technologisch dominieren aktuell zwei Betriebsarten bei industriellen Grossbrennern:

- **Zweistufige Brenner**, die nur eine Volllast- und Grundlast ermöglichen.
- **Modulierende Brenner**, die ihre Leistung stufenlos an den aktuellen Wärmebedarf anpassen können

Einstufige Brenner sind in diesem Leistungsbereich praktisch nicht mehr vorhanden oder nur in sehr seltenen Spezialfällen anzutreffen.

Insbesondere im Teillastbetrieb zeigt sich der Unterschied deutlich: Während zweistufige Brenner durch begrenzte Anpassungsmöglichkeiten häufiger takten, können modulierende Systeme die Brennerlaufzeit verlängern, den Wirkungsgrad verbessern und Emissionen reduzieren.

Neben der Brennertechnologie spielt auch die **Regelungstechnik** eine wichtige Rolle. Moderne Steuerungen ermöglichen eine präzise Anpassung der Brennerleistung an den tatsächlichen Bedarf und tragen so erheblich zur Energieeinsparung bei. In älteren Anlagen ist häufig festzustellen, dass die Regelung nicht optimal ausgelegt ist oder der Betrieb nicht an die heutigen Standards angepasst wurde.

Ein weiterer zentraler Aspekt ist die **Emissionsthematik**. Die gesetzlichen Anforderungen an NO_x-, CO- und CO₂-Emissionen wurden in den letzten Jahren stetig verschärft. Gerade ältere Brennersysteme erreichen diese Grenzwerte oft nur knapp oder gar nicht mehr, wenn keine regelmässige Wartung und Optimierung stattfindet. Hier besteht grosses Potenzial, durch gezielte Massnahmen sowohl die Umweltbelastung als auch die Betriebskosten zu senken.

Diese Analyse bildet die Grundlage für die weitere Bearbeitung. In den folgenden Kapiteln werden auf Basis von Fachliteratur, praktischen Messwerten und Expertenwissen verschiedene Optimierungsansätze erarbeitet und miteinander verglichen. Ziel ist es, die technisch und wirtschaftlich sinnvollste Variante zu identifizieren und in Kapitel 8 detailliert auszuarbeiten.

7.1.1 Monoblock Grossbrenner Produkte der Elco

Elco verfügt über ein breites Portfolio an industriellen Grossbrennern, die für unterschiedliche Anwendungen, Leistungsbereiche und Brennstoffe ausgelegt sind. Im industriellen Segment werden hauptsächlich die Baureihen Nextron N6 bis N9 sowie die EKEVO-Serie eingesetzt. Diese decken Leistungen ab etwa 300kW bis über 10 MW ab

und kommen in der Praxis vor allem in Heisswasseranlagen, Dampferzeugern, Prozesswärmeanlagen und Trocknungsanlagen zum Einsatz.

Bild Nextron N 7.4500GL-EF3 auf Dampfkesseln



Abb.2

Bild EK EVO 4.100 L-EOT



Abb.3

Bauarten und Brennstoffausführungen

Die Grossbrenner werden je nach Ausführung als Gas-, Öl- oder Zweistoffbrenner angeboten.

G= Gasbrenner

L= Ölbrenner

GL= Zweistoffbrenner, die sowohl mit Gas oder mit Öl betrieben werden können.

Die Bezeichnung „N“ bei den Baureihen (z. B. N6, N7, N9) steht für „Nextron“, was den Modelltyp kennzeichnet. Diese N-Baureihen bilden die Grundlage des industriellen Portfolios und werden je nach Ausführung für Gas, Öl oder Zweistoffbetrieb angeboten.

Diese Varianten ermöglichen eine flexible Anpassung an verschiedene Brennstoffe und Betriebsweisen. Besonders die Zweistoffversionen werden häufig in industriellen Anlagen eingesetzt, wo Versorgungssicherheit eine wichtige Rolle spielt (z. B. Primär Gas, Backup Öl).

Leistungsspektrum

Die Baureihen N6–N9 decken ein sehr grosses Leistungsspektrum ab. Je nach Typ und Brennstoff liegen die thermischen Leistungen typischerweise zwischen ca. 2 MW und über 10 MW. Beispielsweise erreichen Gasbrenner der Serie N9 Leistungen bis über 10 000 kW, während N6–N7 häufig im Bereich 2–6 MW eingesetzt werden. Die genauen Leistungsbereiche hängen vom verwendeten Brennstoff, der Düsenbestückung und dem Kessellesitzung ab.

EKEVO-Serie

Die EKEVO-Serie gehört zum aktuellen Produktportfolio von Elco und ist als preisgünstigere Alternative zur N-Baureihe (Nextron) positioniert. Die Modelle EKEVO 4 und EKEVO 5 sind ausschliesslich Ölbrenner, während ab EKEVO 6 verschiedene Ausführungen für Gas (G), Öl (L) sowie Zweistoffbetrieb (GL) angeboten werden.

EKEVO-Brenner sind ebenfalls standardmässig modulierend ausgeführt und decken ein breites industrielles Leistungsspektrum ab. Der wesentliche Unterschied zur Nextron-Baureihe liegt in der Schalldämmung: EKEVO-Brenner sind einfacher gedämmt und dadurch preislich günstiger, was sie besonders für Anwendungen attraktiv macht, bei denen Geräuscentwicklung keine zentrale Rolle spielt.

Die N-Baureihe (Nextron) gehört zu den leisesten Monoblock-Brennern auf dem Markt. Sie zeichnet sich durch eine sehr gute Schalldämmung, ein ruhiges Laufverhalten sowie eine präzise Modulationsregelung aus. Dadurch eignet sie sich besonders für Anlagen, bei denen Effizienz, Komfort und geringe Geräuschemissionen wichtig sind, wie z. B. in dicht bebauten Gebieten oder bei Fernwärmeanlagen mit hohen Anforderungen.

EKEVO-Brenner werden dagegen häufig in industriellen Umgebungen eingesetzt, wo Robustheit und Wirtschaftlichkeit im Vordergrund stehen. Durch ihre modulare Bauweise, solide Technik und den günstigeren Preis stellen sie eine bewährte Lösung für viele Standardanwendungen dar.

Bauweise und Technik

Die Brenner sind als Monoblock-Bauweise ausgeführt, d. h. alle Komponenten wie Ventilstrecke, Gebläse, Mischsystem, Steuerung und Zündeinrichtung sind kompakt in einer Einheit integriert. Die Steuerung und Regelung erfolgt über einen integrierten Schaltschrank, der standardmässig eine stufenlose Modulation unterstützt. Die Verbrennungsluft wird über leistungsstarke Gebläse gefördert, was eine stabile Flamme auch bei

hohen Leistungen gewährleistet. Für unterschiedliche Kesseldrücke und Kaminsituationen stehen verschiedene Luftdüsen und Mischsysteme zur Verfügung.

Ein Grossteil der Brenner, insbesondere der Nextron-Baureihe sowie Modelle ab EK EVO 6, sind zudem mit der sogenannten Freiflammentechologie ausgestattet. Dabei brennt die Flamme nicht an einer Stauscheibe an, wie es bei herkömmlichen Brennersystemen üblich ist, sondern frei im Brennraum. Durch den speziellen Drahlkörper wird eine stabile, gleichmässige und saubere Flammenbildung erreicht. Diese Bauweise reduziert thermische Belastungen an der Brennerfront und ermöglicht gleichzeitig eine optimierte Verbrennung mit geringerem NO_x-Ausstoss.

Regelungsarten

Alle neuen N-Baureihen sind heute standardmässig modulierend ausgeführt. Zweistufige Varianten sind im industriellen Segment praktisch nicht mehr im Einsatz. Durch die Modulation wird die Brennerleistung stufenlos dem aktuellen Wärmebedarf angepasst. Das sorgt für einen ruhigen Anlagenbetrieb, weniger Brennerstarts und eine deutlich bessere Effizienz im Teillastbereich.

Emissionsverhalten und NO_x-Reduktion

Die Baureihen sind so konstruiert, dass sie die aktuellen europäischen und schweizerischen Emissionsgrenzwerte sicher einhalten. Durch spezielle Luftführungen, optimierte Düsenanordnungen (EF3, UF) und präzise Regelung können sehr niedrige NO_x-Werte erzielt werden. Gasbrenner und Ölbrenner erreichen je nach Ausführung NO_x-Werte unter 80 mg/m³. Diese Eigenschaften machen die Brenner besonders geeignet für Standorte mit strengen Emissionsvorschriften.

7.1.2 Industrielle Anwendungen

Industrielle Grossbrenner werden in einer Vielzahl von Anwendungen eingesetzt, bei denen grosse Wärmemengen zuverlässig und effizient bereitgestellt werden müssen.

Je nach Branche und Prozess unterscheiden sich die Anforderungen an Leistung, Regelung, Betriebssicherheit und Emissionsverhalten teilweise deutlich. Im Folgenden sind die wichtigsten Anwendungsfelder zusammengefasst.

Trocknungsanlagen

In industriellen Trocknungsprozessen beispielsweise in der Lebensmittelindustrie, in Baustoffwerken oder bei Lackieranlagen wird kontinuierlich Wärme benötigt, um Produkte oder Materialien zu trocknen. Dabei sind gleichmässige Temperaturverhältnisse und eine präzise Regelung wichtig, um Produktqualität und Energieeffizienz sicherzustellen. Modulierende Grossbrenner bieten hier grosse Vorteile, da sie den Wärmebedarf exakt nachführen und damit Temperaturspitzen oder unnötiges Takten vermeiden. Häufig werden hier Gas- oder Zweistoffbrenner eingesetzt, da sie eine saubere Verbrennung und flexible Betriebsweise ermöglichen.

Dampferzeuger

Ein weiteres wichtiges Einsatzgebiet sind industrielle Dampfkesselanlagen. Diese finden sich z. B. in Wäschereien, Spitälern, Produktionsbetrieben oder in der Lebensmittelverarbeitung. Die Anforderungen an die Brenner sind hier besonders hoch: Sie müssen sehr zuverlässig, störungsarm und regelungstechnisch sauber arbeiten, da Dampfprozesse oft kontinuierlich laufen und Druckschwankungen oder Störungen direkte Auswirkungen auf den Betrieb haben. Modulierende Brenner sind in diesem Bereich Standard, da sie den Dampfbedarf präzise abdecken und die Kesseldruckregelung stabilisieren.

Prozesswärmeanlagen (Thermoölanlagen)

In der Prozesswärmeversorgung etwa in der chemischen Industrie, Galvanik, Metallverarbeitung oder bei industriellen Öfen kommen Grossbrenner häufig zum Einsatz, um hohe Prozesstemperaturen (bis 300°C) oder konstant temperierte Wärmeträger bereitzustellen. Hier spielen Regelgeschwindigkeit, Flexibilität und kompatible Schnittstellen zur Prozessleittechnik eine entscheidende Rolle. In vielen Fällen werden modulierende Gas- oder Zweistoffbrenner eingesetzt, da sie sowohl wirtschaftlich als auch emissionsarm arbeiten und sich gut in bestehende Regelungssysteme integrieren lassen.

Fernwärme- und Spitzenlastzentralen

Ein weiteres wichtiges Einsatzfeld sind Heisswasseranlagen in Fernwärmenetzen oder grossen Gebäudekomplexen. Hier sind oft mehrere Grossbrenner parallel installiert, um hohe Leistungen abzudecken und gleichzeitig Redundanz zu gewährleisten. Brenner müssen zuverlässig starten, lange Laufzeiten im Teillastbereich ermöglichen und niedrige Emissionen sicherstellen. Die Nextron-Baureihe spielt hier ihre Stärken aus, da sie sehr leise läuft und eine präzise Modulation bietet.

7.1.3 Energieeffizienz im Teillastbetrieb

Der Teillastbetrieb spielt bei industriellen Grossbrenneranlagen eine zentrale Rolle, da viele Anlagen im Alltag nicht dauerhaft unter Volllast betrieben werden. Besonders in Übergangszeiten oder bei schwankenden Prozessanforderungen laufen die meisten Systeme über längere Zeiträume mit reduzierter Leistung. Die Effizienz im Teillastbetrieb hat daher einen entscheidenden Einfluss auf den tatsächlichen Jahreswirkungsgrad einer Anlage.

Bei klassischen zweistufigen Brennern wird die Leistung in der Regel zwischen Grundlast und Volllast umgeschaltet. Wenn der Wärmebedarf zwischen diesen beiden Stufen

liegt, führt das zu häufigem Takten (Ein- und Ausschalten). Jedes Takten verursacht Verluste durch Nachlaufzeiten des Gebläses, unproduktive Vorbelüftung sowie durch den Wärmeverlust aus dem Kessel während Stillstandsphasen. Zusätzlich werden durch die schwankende Flammentemperatur auch die Verbrennungsbedingungen instabiler, was sich wiederum negativ auf den Wirkungsgrad auswirken kann.

Modulierende Brenner haben hier einen deutlichen Vorteil: Sie passen ihre Leistung stufenlos dem tatsächlichen Bedarf an. Dadurch wird das Takten weitgehend vermieden, und der Brenner kann über längere Zeiträume mit einer gleichmässigen Flammenbildung und stabilen Verbrennungsverhältnissen arbeiten. Das führt zu ruhigen Betriebszuständen, einer besseren Wärmeausnutzung im Kessel und zu einer Reduktion der Start- und Stillstandsverluste.

Gerade bei Grossbrennern, die häufig im Teillastbereich von 30–70 % betrieben werden, kann der Unterschied zwischen zweistufigem und modulierendem Betrieb mehrere Prozentpunkte im Jahresnutzungsgrad ausmachen. Das wirkt sich nicht nur auf den Energieverbrauch, sondern auch direkt auf die Betriebskosten und die Emissionswerte aus. Zudem verlängern sich durch weniger Starts die Lebensdauer der Komponenten, da mechanische Belastungen reduziert werden.

In der Praxis zeigt sich, dass eine gute Regelungstechnik und eine passende Auslegung des Modulationsbereichs entscheidend sind, um im Teillastbereich hohe Effizienzwerte zu erzielen. Moderne Grossbrenner wie die Nextron oder EK EVO Serie sind darauf ausgelegt, auch bei geringer Leistung sauber und stabil zu verbrennen, was sie besonders für Anlagen mit stark schwankendem Bedarf geeignet macht.

7.1.4 Emissionen und Einflussfaktoren (NO_x, CO, CO₂)

Industrielle Grossbrenner erzeugen je nach Brennstoff und Betriebsweise verschiedene Emissionen, die bei der Beurteilung der Anlagenqualität eine zentrale Rolle spielen. Neben der Energieeffizienz sind insbesondere die Emissionen von Stickoxiden (NO_x), Kohlenmonoxid (CO) und Kohlendioxid (CO₂) entscheidend. Diese Emissionen werden

durch die Auslegung des Brenners, die Art der Verbrennungsluftzufuhr, den Betriebszustand sowie durch die Regelungstechnik massgeblich beeinflusst.

NO_x-Emissionen entstehen hauptsächlich durch die thermische Reaktion von Stickstoff und Sauerstoff in der Verbrennungsluft bei hohen Flammentemperaturen. Je höher die Temperatur im Flammenkern und je länger die Verweilzeit in der heissen Zone, desto mehr NO_x bildet sich. Faktoren wie Luftüberschuss, Brennergeometrie, Mischsystem und Modulationsverhalten haben einen direkten Einfluss. Moderne Grossbrenner setzen auf optimierte Luftführungen, spezielle Düsenanordnungen (z. B. EF3) und präzise Regelungen, um die Flammentemperaturen gezielt zu steuern und so die NO_x-Bildung zu minimieren. Elco Brenner erreichen in der Praxis je nach Ausführung sehr niedrige NO_x-Werte, oft unter 80 mg/m³.

CO-Emissionen entstehen durch unvollständige Verbrennung, wenn nicht genügend Sauerstoff zur Verfügung steht oder die Vermischung von Luft und Brennstoff ungenügend ist. Auch instabile Flammen im unteren Modulationsbereich können die CO-Werte erhöhen. Eine saubere Luftverteilung, ein gut eingestelltes Luft-Brennstoff-Verhältnis und eine stabile Regelung sind entscheidend, um CO-Emissionen dauerhaft auf sehr tiefem Niveau zu halten. Moderne Brennerregelungen die eine O₂ Sonde haben erfassen kontinuierlich den Verbrennungszustand und regeln entsprechend nach, wodurch CO-Werte auch bei Teillast sehr niedrig bleiben.

CO₂-Emissionen stehen direkt in Zusammenhang mit dem Brennstoffverbrauch, da CO₂ ein Verbrennungsprodukt des Kohlenstoffanteils im Brennstoff ist. Während die CO₂-Menge pro verbrannter Brennstoffmenge weitgehend konstant ist, kann die spezifische CO₂-Emission pro erzeugter Wärmeeinheit durch einen besseren Wirkungsgrad reduziert werden. Modulierende Brenner tragen somit indirekt zur Senkung der CO₂-Emissionen bei, indem sie Takten vermeiden und den Brennstoffverbrauch optimieren. Zudem unterscheiden sich die spezifischen CO₂-Emissionen je nach Brennstoff deutlich: Bei Erdgas sind sie tiefer als bei Heizöl, was bei der langfristigen Ausrichtung auf emissionsärmere Systeme eine Rolle spielt.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Emissionen stark von der Betriebsweise und Regelung beeinflusst werden. Modulierende Brenner mit optimierter Luftführung und präziser Verbrennungsregelung erreichen im Vergleich zu älteren zweistufigen Systemen sowohl bei NO_x als auch bei CO deutlich bessere Werte. In Kombination mit dem höheren Teillastwirkungsgrad ergibt sich dadurch ein erheblicher Vorteil hinsichtlich Umweltverträglichkeit und Betriebskosten.

7.2 Kreativitätsmethode <Brainstorming>

Um mögliche Optimierungsansätze für industrielle Grossbrenner zu finden, habe ich verschiedene Ideen gesammelt und strukturiert. Als Methode habe ich ein einfaches Brainstorming gewählt.

Ich habe dabei einerseits mein eigenes Praxiswissen als Servicetechniker eingebracht, da ich täglich mit verschiedenen Anlagen und Situationen konfrontiert bin. Andererseits habe ich auch technische Unterlagen, Normen und Schulungsinhalte von Elcotherm beigezogen.

Zusätzlich habe ich mich mit meinem Fachexperten ausgetauscht, um weitere Perspektiven einzubeziehen. Auf diese Weise entstand eine Liste mit möglichen Optimierungsmassnahmen, die sowohl technische Anpassungen (z. B. Brenner- oder Regelungstechnik) als auch betriebliche Verbesserungen (z. B. Wartung, Einstellungen) umfasst.

Im nächsten Schritt werden diese Ideen priorisiert und in konkrete Varianten überführt.

7.3 Priorisierungsmethode <Scoring-Methode>

Nachdem eine Liste mit verschiedenen Optimierungsideen erstellt wurde, mussten die Vorschläge geordnet und auf die wichtigsten Ansätze reduziert werden. Die Ideensammlung umfasste sowohl themenverwandte Überlegungen aus der Themenfindungsphase als auch eigene Praxisideen. Darunter befanden sich zum Beispiel Ansätze zur Effizienzanalyse von Grossbrennern im Teillastbetrieb, zur Umrüstung auf

modulierende Brennertechnologie sowie zur Verbesserung von Wartung und Emissionsverhalten.

Für die Auswahl habe ich eine einfache Priorisierung nach Relevanz und Umsetzbarkeit vorgenommen. Ich habe jede Idee danach beurteilt, welchen Einfluss sie auf Effizienz und Emissionen hat und wie realistisch eine Umsetzung in der Praxis ist. Dabei habe ich meine eigene Erfahrung als Servicetechniker berücksichtigt.

Durch dieses Vorgehen konnten die Ideen schnell und nachvollziehbar sortiert werden. Die am besten bewerteten Ansätze wurden anschliessend als Varianten weiterentwickelt, die in den folgenden Kapiteln beschrieben und bewertet werden.

7.4 Variantenbildung

Nach der Priorisierung der Ideen wurden drei praxisnahe Varianten definiert, die als mögliche Optimierungsansätze für industrielle Grossbrenner betrachtet werden. Diese Varianten decken sowohl technische Anpassungen als auch betriebliche Massnahmen ab und eignen sich gut für einen späteren Vergleich im Hinblick auf Effizienz, Emissionen und Umsetzbarkeit.

7.4.1 Variante 1 – Umrüstung auf modulierende Brennertechnologie

Bei dieser Variante wird ein bestehender zweistufiger Brenner durch einen modulierenden Brenner ersetzt. Modulierende Brenner können ihre Leistung stufenlos an den aktuellen Wärmebedarf anpassen. Dadurch sinkt die Zahl der Brennerstarts, der Wirkungsgrad verbessert sich insbesondere im Teillastbetrieb, und die Emissionen können deutlich reduziert werden.

Diese Massnahme erfordert eine Anpassung der Brenner- und Regelungstechnik sowie eine genaue Abstimmung mit der bestehenden Kesselanlage. Die Umrüstung verursacht Investitionskosten, bringt aber langfristig Einsparungen beim Brennstoffverbrauch und trägt zur Einhaltung zukünftiger Emissionsgrenzwerte bei.

7.4.2 Variante 2 – Optimierung der Regelungstechnik

Hier wird der Fokus auf die bestehende Regelung und Steuerung der Anlage gelegt. Viele Grossbrenneranlagen verfügen über veraltete oder unzureichend angepasste Regelungssysteme.

Durch eine Anpassung oder Modernisierung der Regelung (z. B. bessere Teillastführung, exaktere Luft-/Brennstoff-Verhältnisse, abgestimmte Kommunikation zwischen Kessel und Brenner) kann die Effizienz der Anlage ohne einen kompletten Brenner-tausch deutlich gesteigert werden.

Diese Variante ist technisch weniger aufwendig als eine komplette Umrüstung und kann häufig mit überschaubarem Aufwand realisiert werden. Sie bietet zudem die Möglichkeit, vorhandene Komponenten weiter zu nutzen.

7.4.3 Variante 3 – Optimierung durch gezielte Wartungs- und Einstellmassnahmen

In dieser Variante stehen betriebliche Verbesserungen im Vordergrund. Durch regelmässige und gezielte Wartungen sowie präzise Brennereinstellungen können Emissionen gesenkt und der Wirkungsgrad verbessert werden, ohne dass grössere Investitionen notwendig sind.

In der Praxis zeigt sich oft, dass mangelnde oder ungenaue Wartungen zu höheren CO- und NO_x-Werten sowie zu einem ineffizienten Betrieb führen. Durch standardisierte Wartungsprozesse, regelmässige Abgasmessungen und konsequente Nachjustierungen lassen sich deutliche Verbesserungen erzielen.

7.5 Evaluation der geeignetsten Variante

Um die drei erarbeiteten Varianten objektiv zu vergleichen, wurde eine Bewertung anhand definierter Kriterien vorgenommen. Die Bewertung erfolgte in zwei Schritten:

Gewichtung der Kriterien mittels Präferenzmatrix

Bewertung der Varianten mittels Nutzwertanalyse

Die Gewichtung spiegelt wider, welche Kriterien für die Beurteilung den grössten Einfluss haben. Im zweiten Schritt wurden die Varianten anhand einer einfachen Skala von 1 (gering) bis 5 (sehr gut) bewertet.

7.5.1 Präferenzmatrix

Zuerst wurden die Kriterien paarweise miteinander verglichen, um ihre relative Wichtigkeit zu ermitteln. Die Tabelle zeigt die resultierende Gewichtung:

Kriterium	Gewichtung
Energieeffizienz	25 %
Emissionsreduktion	25 %
Umsetzbarkeit	20 %
Kosten	15 %
Betriebliche Relevanz	15 %
Total	100 %

Begründung:

Energieeffizienz und Emissionsreduktion stehen klar im Vordergrund, da sie das Hauptziel der Optimierung darstellen. Umsetzbarkeit und Kosten sind ebenfalls entscheidend, da die Massnahmen realistisch umsetzbar sein müssen. Die betriebliche Relevanz zeigt den praktischen Nutzen für Betreiber und Servicetechniker.

7.5.2 Nutzwertanalyse

Im nächsten Schritt wurden die Varianten anhand der gewichteten Kriterien bewertet. Die Bewertung erfolgte praxisorientiert nach dem aktuellen Stand der Technik sowie meiner beruflichen Erfahrung.

Kriterium	Ge- wicht	Modulierender Brenner	Regelungsoptimie- rung	Wartung und Ein- stellung
Energieeffizienz	25 %	5	4	2
Emissionsreduk- tion	25 %	5	4	3
Umsetzbarkeit	20 %	3	4	5
Kosten	15 %	2	3	5
Betriebliche Rele- vanz	15 %	4	4	5
Gesamtpunktzahl	100 %	4,15	3,95	4,00

Bewertungsskala:

1 = gering, 2 = eher gering, 3 = mittel, 4 = gut, 5 = sehr gut

Tab.1

7.5.3 Sensitivitätsanalyse

Zur Überprüfung der Robustheit des Ergebnisses wurde eine einfache Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Dabei wurde getestet, wie sich das Resultat verändert, wenn die Gewichtung einzelner Kriterien leicht angepasst wird (z. B. höhere Gewichtung der Kosten oder der Umsetzbarkeit).

Die Umrüstung auf modulierende Brennertechnologie bleibt dabei in den meisten Szenarien vorne oder liegt knapp gleichauf mit der Optimierung durch gezielte Wartungs- und Einstellmassnahmen. Lediglich bei sehr starker Gewichtung der Kosten würde letztere bevorzugt. Insgesamt zeigt sich jedoch, dass die Umrüstung auf modulierende Brennertechnologie technisch und langfristig den grössten Nutzen bietet.

7.5.4 Resultat der Variantenevaluation

Die Bewertung zeigt, dass die Umrüstung auf modulierende Brennertechnologie die höchsten Gesamtwerte erreicht. Sie bietet die grössten Potenziale für Effizienzsteigerung und Emissionsreduktion, was auch den Kernzielen dieser Arbeit entspricht.

Die Optimierung der Regelungstechnik stellt eine gute Alternative mit moderatem Aufwand dar, erreicht jedoch nicht ganz das gleiche technische Niveau. Die Optimierung durch gezielte Wartungs- und Einstellmassnahmen überzeugt vor allem durch niedrige Kosten und einfache Umsetzung, bringt jedoch technisch weniger tiefgreifende Verbesserungen.

Aus diesen Gründen wird die Umrüstung auf modulierende Brennertechnologie als bevorzugte Lösung ausgewählt und im nächsten Kapitel detailliert ausgearbeitet.

8 Ausarbeitung der Variante (Umrüstung auf modulierende Brennertechnologie)

Nachdem anhand relevanter Kriterien die optimale Lösungsvariante evaluiert wurde, wird im Folgenden die konkrete Umsetzung beschrieben. Ziel dieser Variante ist es, das in der Analyse identifizierte Potenzial zur Effizienzsteigerung und Emissionsreduktion durch den Einsatz eines modulierenden Brenners praktisch umzusetzen. Die Umrüstung zeigt exemplarisch, wie auch bei bestehenden Anlagen mit älteren Kesseln eine deutliche Optimierung erreicht werden kann.

8.1 Phasenplan zur Umsetzung der Variante 1

8.1.1 Vorbereitung und Planung

Im Vorfeld wurde die Anlage gemeinsam mit dem Teamleiter besichtigt. Dabei wurden die elektrischen Anschlüsse, der Kesselflansch und die Platzverhältnisse geprüft. Der Kunde wünschte eine Lösung, welche die Betriebssicherheit langfristig verbessert und gleichzeitig den alten Kessel weiterverwendet. Nach der technischen Abklärung erfolgte die Terminierung sowie die Materialbeschaffung für den neuen Brenner, die Ölleitung mit Vorfilter und die Regelungskomponenten.

8.1.2 Demontage und Installation

Der Ausbau des alten Brenners und die mechanische Vorbereitung des Kesselflansches erfolgten an einem halben Arbeitstag mit drei Monteuren. Anschliessend wurde der neue EKEVO 4.800 L-EOT montiert, ausgerichtet und verschraubt. Parallel dazu wurde die gesamte Ölleitung ersetzt und mit einem Vorfilter sowie einer Ölmessuhr ausgestattet, um spätere Wartungs- und Verbrauchskontrollen zu erleichtern. Für diese Arbeiten wurde ein weiterer halber Arbeitstag benötigt, an dem zwei Monteure beteiligt waren.

Bild EK 4.70 Zweistufig (alter Brenner)



Abb.4

Bild EK EVO 4.800 L-EOT (neuer Brenner)



Abb.5

8.1.3 Elektrische Anbindung und Signalprüfung

Nach der mechanischen Installation führte der zuständige Elektriker die Verdrahtung der Freigaben, Störmeldungen und der 0–10 Volt-Schnittstelle aus. Anschliessend erfolgte die gemeinsame Funktionskontrolle der elektrischen Verbindungen, um sicherzustellen, dass die Kommunikation zwischen Hausleitsystem, RWF 55.5 und der Brennersteuerung korrekt funktioniert.

Bild RWF 55.5



Abb.6

Bild Display Gebäudeleitsystem



Abb.7

8.1.4 Inbetriebnahme und Einstellung

Die Inbetriebnahme fand am Folgetag statt und wurde vollständig von mir selbst durchgeführt. Nach der Kontrolle der Sicherheitseinrichtungen (Vorbelüftung, Zündung, Flam-
menerkennung, Gebläse) wurde das Luft-Brennstoff-Verhältnis über den gesamten Mo-
dulationsbereich eingestellt. Die Luftzufuhr erfolgt bei dieser Anlage über die Raumluft
durch eine Fensteröffnung, was eine ausreichende Frischluftzufuhr sicherstellt.

Nach mehreren Prüfläufen und Feinjustierungen ergaben sich folgende stabile Mess-
werte:

- Rest-O₂: ca. 3,5 %
- CO: 10 mg/m³
- NO_x: 48 mg/m³ bei Volllast, 44 mg/m³ bei Grundlast
- Abgastemperatur: 120 °C

Im Vergleich zur alten Anlage mit 90–110 mg/m³ NO_x konnte der Ausstoss deutlich re-
duziert werden. Alle Werte wurden im Messprotokoll dokumentiert, und die anschlies-
sende Feuerungskontrolle verlief ohne Beanstandung.

Bild Burnertronic BT330 zum einstellen des Brenners

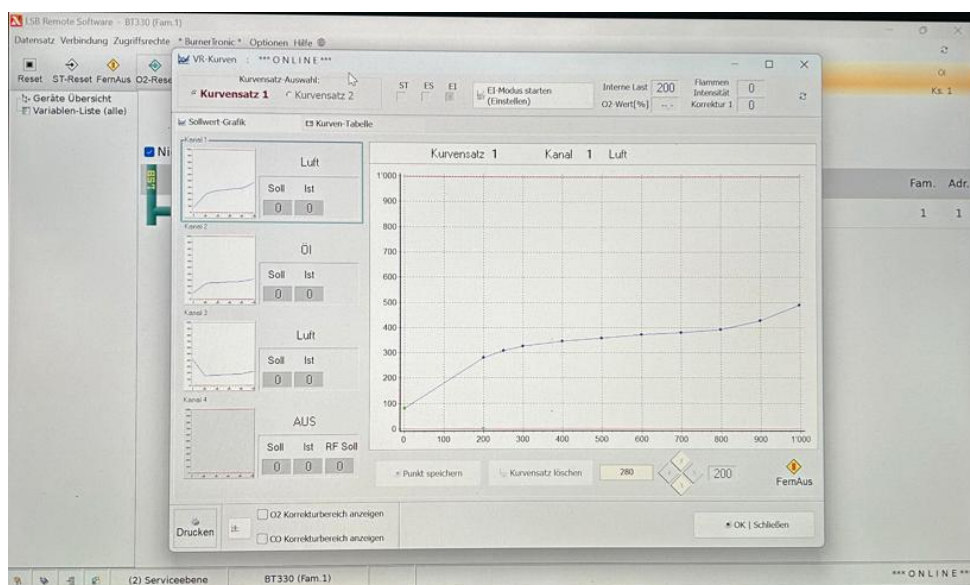


Abb.8

8.1.5 Optimierung und Dokumentation

Nach den ersten Laufstunden wurde die Anlage im Automatikbetrieb beobachtet. Der Brenner moduliert zuverlässig zwischen 400 und 500 kW, reagiert präzise auf die Leistungsvorgaben des Hausleitsystems und zeigt ein sehr ruhiges Fahrverhalten. Start- und Stillstandsverluste treten nicht mehr auf. Die Inbetriebnahme und alle relevanten Parameter wurden vollständig dokumentiert, einschliesslich der RWF-Einstellungen, Abgasmesswerte und Wartungshinweise. Das offizielle Messprotokoll ist auf der nächsten Seite ersichtlich.

Das Gebäude ist ein Gewerbebetrieb mit teilweise wärmegeführten Produktionsprozessen. In den Sommermonaten wird der Kessel kaum benötigt, weshalb noch keine Rückmeldungen des Kunden vorliegen. Aufgrund der gemessenen Werte und der stabilen Regelung ist jedoch von einem störungsfreien und effizienten Betrieb auszugehen.

		Messprotokoll					
Anlage		Brenner Typ	EK EVO 4.800 L-EOT				
Strasse		Leistungsregler	RWF 55				
Plz. - Ort		Luftdruck	[hPa]	999			
Anlagebetreuer		Hu Oel	[kWh/kg]	11.86			
Telefon		Hu Gas	[kWh/m³]	10.25			
Auftragsnummer		Oelanalyse	[mg/kg He]	140			
Equipment Nr.		Korrektur Oelanalyse	[mg/m³]	0			
Einbaujahr Brenner		Feuchte	[%]	40			
Einregulierung Oel / Gas	6.6.2025 /	Kessel Typ	Ygnis EM755				
Datum Messung	6.6.2025	Nennleistung	[kW]	755			
Servicetechniker	Selim Ickin	Einbaujahr Kessel	1996				
Messungen Brenner							
		Oel 1	Oel 2	Oel 3	Oel 4	Oel 5	Oel 6
Abgasverlust	%	4.2	4.3	4.4	4.6	4.6	4.6
CO (3% O₂)	mg/m³	25	27	26	20	21	19
Russzahl	Bacher	0	0	0	0	0	0
Oelderivate	Ja/Nein	Nein	-	-	Nein	-	Nein
Verbrennungslufttemperatur	°C	26	26	26	26	26	26
Abgastemperatur	°C	118	119	119	124	124	127
Aussenlufttemperatur	°C	22	22	22	22	22	22
O₂	Vol. %	3.5	3.9	4	4.1	4.1	3.4
CO₂	Vol. %	12.9	12.6	12.6	12.5	12.5	13.0
NO₂ (3% O₂)	mg/m³	44	43	43	46	46	48
Laststellung	% / dig	50 (GL)	200	400	600	800	999 (VL)
Feuerungswärmeleistung	kW	408.5	-	-	443.3	-	498.1
Kesselnennleistung	kW	391.2	-	-	422.8	-	475.2
Kesstempertur / Kesstdruck	°C	85	85	85	85	85	85
Kaminzug	hPa	-	-	-	-	-	-
Feuerraumdruck	hPa	-	-	-	-	-	-
Brennerrohrdruck	hPa	-	-	-	-	-	-
Fotostrom	µA	-	-	-	-	-	-
Frequenz ARF – Gebläse	Hz	-	-	-	-	-	-
Frequenz Luftgebläse	Hz	-	-	-	-	-	-
Pumpendruck	bar	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5
Rücklaufdruck	bar	3.6	3.8	3.9	3.9	3.9	4.3
Pumpenunterdruck	bar	-	-	-	-	-	-
Oeldurchsatz	l/h	41.0	-	-	44.5	-	50.0
Durchmesser Deltascheibe	mm	-					
Mass F3a (Gasrohr-Oeldüse)	mm	-	Abstelldruck Luftmangel	hPa	-		
Mass F3b (Deltascheibe-Drallkörper) Oel	mm	-	Oeldüse Typ	Typ	-		
			Oeldüse Durchsatz	[kg/h]	-		
Mass F3c (Gasrohr-Deltascheibe)	mm	-	Oeldüse Sprühwinkel	[°]	-		
Innengasdüsen Durchmesser	mm	-					
Stützgasbohrung Durchmesser	mm	-					
Aussengasdüsen Durchmesser	mm	-					
Aussengasdüsen Winkel	°	-	Querschnittsbelastung	MW/m²	-		
Aussengasdüsen Länge	mm	-	Volumenbelastung	MW/m³	-		
Bemerkungen:	Inbetriebnahme neuer Brenner 2025						
Brenner Serien Nr.	Feuerungswärmeleistung zwischen 400-500 KW eingestellt damit der Kessel nicht kondensiert Ölleitung ersetzt sowie Ölzähler und Gewässerschutzventil neu montiert.						

Messprotokoll der Anlage

8.1.6 Fazit zur Umsetzung

Die Umrüstung konnte planmässig und ohne Verzögerungen abgeschlossen werden. Der neue modulierende Brenner arbeitet ruhig, effizient und zuverlässig. Die Integration in das Hausleitsystem funktionierte einwandfrei. Durch die präzise Regelung und die stabile Verbrennung konnte eine deutliche Reduktion der NO_x-Emissionen erzielt werden. Zudem wird durch die höhere Laufruhe und den Wegfall der Taktung die Lebensdauer der Anlage verlängert. Das Projekt zeigt, dass sich auch ältere Kessel mit überschaubarem Aufwand auf einen modernen, energieeffizienten und emissionsarmen Stand bringen lassen.

8.2 SWOT - Analyse

Stärken

- Ruhiger Anlagenbetrieb durch stufenlose Modulation
- Hohe Energieeffizienz im Teillastbereich
- Deutlich reduzierte Emissionen (NO_x 44–48 mg/m³ gegenüber vorher 90–110 mg/m³)
- Saubere Integration in das bestehende Hausleitsystem
- Weniger Starts und geringerer mechanischer Verschleiss

Schwächen

- Reduzierte Spitzenleistung auf Kundenwunsch begrenzt (max. 500 kW)
- Etwas höherer Installations- und Parametrieraufwand gegenüber einem zweistufigen Brenner

Chancen

- Potenzial für weitere Optimierung über RWF-Feinjustierung oder Anpassung der Modulationskennlinie
- Geringere Service- und Energiekosten über die Lebensdauer
- Beitrag zur langfristigen Senkung der CO₂-Emissionen

Risiken

- Falsche Signal-Skalierung 0–10 V zwischen Hausleitsystem und RWF
- Fehleinstellungen in der Parametrierung können die Modulation beeinträchtigen
- Bei Ausfall der Kommunikation muss eine sichere BackUp-Funktion gewährleistet bleiben

8.3 Risiko - Analyse

Auch bei der Umsetzung einer Brennerumrüstung können verschiedene Risiken auftreten, die Einfluss auf den technischen Ablauf, die Betriebssicherheit und den Erfolg des Projekts haben. Im Folgenden werden die wichtigsten Risiken beschrieben, ihre Eintrittswahrscheinlichkeit eingeschätzt und geeignete Gegenmassnahmen aufgeführt.

Kondensatbildung im Kessel durch zu tiefe Abgastemperaturen

Eintrittswahrscheinlichkeit: Niedrig – Mittel

Auswirkung: Korrosion am Kesselkörper und an der Abgasleitung; langfristige Materialschäden.

Massnahme: Grundlastleistung so einstellen, dass die Abgastemperatur dauerhaft über 120 °C bleibt. Jährliche Kontrolle der Brennereinstellung im Teillastbereich, um Kondensationsbildung sicher zu vermeiden.

Verzögerungen bei Lieferung oder Installation

Eintrittswahrscheinlichkeit: Mittel

Auswirkung: Projektverzögerung, Überschneidungen mit anderen Baustellen oder

eingeschränkter Heizbetrieb beim Kunden.

Massnahme: Frühzeitige Materialbestellung, realistische Terminplanung mit Zeitpuffer und enge Abstimmung zwischen Servicetechnik, Teamleitung und Elektriker.

Messabweichungen oder unvollständige Dokumentation

Eintrittswahrscheinlichkeit: Niedrig

Auswirkung: Ungenaue Bewertung der Emissions- oder Effizienzwerte; erschwerte Nachvollziehbarkeit bei späteren Wartungen.

Massnahme: Verwendung kalibrierter Messgeräte, Kontrolle der Messwerte durch Vergleichsmessung, sowie vollständige Ablage der Mess- und Übergabeprotokolle im Projektdossier.

Sicherheitsrisiken bei der Inbetriebnahme (z. B. Undichtigkeiten, elektrische Fehler etc.)

Eintrittswahrscheinlichkeit: Niedrig

Auswirkung: Gefährdung von Personen oder Schäden an der Anlage.

Massnahme: Durchführung aller Arbeiten nach SUVA-Richtlinien und internen Sicherheitsvorschriften. Vor Inbetriebnahme Prüfung der Dichtheit, Funktion der Sicherheitseinrichtungen und elektrischen Schutzmassnahmen.

8.4 Kosten-Nutzen-Analyse

Die Umrüstung der Feuerungsanlage in Hitzkirch brachte sowohl energetische als auch wirtschaftliche Vorteile. Durch den Ersatz des alten zweistufigen Brenners durch einen

modernen modulierenden Brenner wird der Betrieb deutlich ruhiger, die Lebensdauer der Komponenten verlängert und der Brennstoffverbrauch reduziert.

Der alte Brenner arbeitete ausschliesslich mit Grund- und Volllast. Dadurch kam es zu häufigem Takten, was einen erhöhten Brennstoffverbrauch und unnötige Startverluste verursachte. Mit dem neuen modulierenden Brenner wird die Leistung nun stufenlos an den tatsächlichen Wärmebedarf angepasst. Das führt zu einem gleichmässigen Betrieb, einer ruhigeren Verbrennung und einem besseren Gesamtwirkungsgrad der Anlage.

Energie- und Brennstoffeinsparung

Erfahrungswerte aus ähnlichen Projekten zeigen, dass durch den Wegfall der Taktung und die bessere Anpassung an den realen Bedarf eine Effizienzsteigerung von rund 3 – 5 % erreicht werden kann.

Bei einer jährlichen Laufzeit von etwa **1000 bis 1500 Betriebsstunden** und einem jährlichen Verbrauch von rund 30 000 bis 45 000 Litern Heizöl ergibt sich eine Einsparung von etwa **900 bis 2000 Litern pro Jahr**.

Bei einem durchschnittlichen Heizölpreis von ca. 1.00 CHF pro Liter entspricht dies einer jährlichen Kosteneinsparung von 900 bis 2000 CHF.

Wartungs- und Lebensdauervorteile

Der modulierende Betrieb reduziert die thermische und mechanische Belastung deutlich. Zündkomponenten, Gebläsemotor und Brennersteuerung werden geschont, was längere Wartungsintervalle und weniger ungeplante Stillstände ermöglicht. Über mehrere Betriebsjahre gerechnet kann dadurch mit einer Reduktion der Wartungskosten um rund **10 – 15 %** gerechnet werden.

Emissions- und Umweltvorteile

Auch auf der Umweltseite zeigt sich eine klare Verbesserung. Die NO_x-Emissionen sanken von rund 90 – 110 mg/m³ auf **44 – 48 mg/m³**, was einer Reduktion von über 50 % entspricht. Der CO-Gehalt liegt mit **10 mg/m³** ebenfalls auf einem sehr tiefen Niveau. Die Werte belegen, dass die Umrüstung nicht nur wirtschaftliche, sondern auch ökologische Vorteile bringt.

Wirtschaftliche Bewertung

Die gesamten Investitionskosten inklusive Brenner, Montage, elektrischer Anbindung und Erneuerung der Ölleitung beliefen sich auf rund 19 000 CHF.

Bei jährlichen Einsparungen zwischen 900 und 2000 CHF ergibt sich eine **Amortisationszeit von etwa 9 bis 12 Jahren**.

Unter Berücksichtigung der zusätzlichen Vorteile – längere Lebensdauer, geringerer Wartungsaufwand, weniger Störungen und deutlich verbesserte Emissionswerte – stellt die Investition eine wirtschaftlich wie technisch sinnvolle Massnahme dar.

9 Projektabschluss

9.1 Projektüberwachung

Der gesamte Projektverlauf konnte grundsätzlich gemäss der Planung umgesetzt werden. Die wichtigsten Arbeitsschritte wie Themenfindung, Pflichtenheft, Analysephase und praktische Umsetzung wurden termingerecht abgeschlossen. Kleinere Abweichungen ergaben sich hauptsächlich in der Phase der technischen Dokumentation und Datenerfassung, da einige Herstellerunterlagen erst mit Verzögerung verfügbar waren, weil ich sie zu spät angefordert hatte.

Für zukünftige Projekte kann aus diesem Ablauf mitgenommen werden, dass eine frühzeitige Beschaffung von technischen Datenblättern die Planung deutlich vereinfacht. Ebenso sollte genügend Zeit für die finale Dokumentation und grafische Aufbereitung eingeplant werden, da diese Arbeiten erfahrungsgemäss mehr Aufwand erfordern, als ursprünglich angenommen.

Insgesamt verlief das Projekt strukturiert, praxisnah und mit einem sehr zufriedenstellenden Ergebnis.

9.2 Evaluation der Zielerreichung

Die im Pflichtenheft definierten Ziele konnten insgesamt sehr gut erreicht werden. Die Arbeit hatte zum Ziel, den Nutzen und die Effizienzsteigerung durch den Einsatz modulierender Brennertechnologie bei industriellen Grossbrennern aufzuzeigen und anhand eines Praxisbeispiels zu belegen.

Alle wesentlichen Arbeitsschritte wurden erfolgreich umgesetzt: Die theoretische Analyse zu Brennertechnologien und Anwendungen wurde vollständig erarbeitet, die Variantenbildung nachvollziehbar dokumentiert und die ausgewählte Lösung in der Praxis umgesetzt. Die Messergebnisse belegen klar, dass die Umrüstung auf modulierende

Brennertechnologie zu einer deutlichen Reduktion der Emissionen und zu einem ruhigeren, effizienteren Anlagenbetrieb führt. Damit konnte das Hauptziel der Arbeit vollständig erreicht werden.

Kleinere Abweichungen gab es lediglich beim zeitlichen Ablauf. Die Beschaffung der technischen Datenblätter erfolgte verspätet, was zu einer kurzen Verzögerung in der Dokumentationsphase führte. Auf den Inhalt und die Qualität der Arbeit hatte dies jedoch keinen Einfluss.

9.3 Reflexion Weg zum Ziel

Der Weg zum Ziel war insgesamt sehr lehrreich und praxisorientiert. Förderlich für die Zielerreichung war insbesondere meine berufliche Erfahrung im Servicebereich für industrielle Grossbrenner, welche mir den Zugang zu den technischen Abläufen, Regelungssystemen und Brennerkomponenten erleichterte. Dadurch konnte ich viele Arbeitsschritte selbstständig und effizient ausführen. Auch die gute Zusammenarbeit mit dem Teamleiter und dem Elektriker vor Ort trug massgeblich dazu bei, dass die Installation und Inbetriebnahme reibungslos verliefen.

Hilfreich war zudem der enge Kontakt mit dem Fachexperten, durch den offene Fragen zu Regelungs- und Verbrennungsthemen rasch geklärt werden konnten. Die regelmässigen Feedbacks und die praxisnahe Unterstützung haben wesentlich dazu beigetragen, dass die Arbeit strukturiert und zielgerichtet umgesetzt werden konnte.

Hinderlich war teilweise der enge Zeitrahmen, insbesondere während der Phase der technischen Dokumentation. Einige Unterlagen mussten nachträglich beschafft werden, was die Arbeit verzögerte. Zudem war es eine Herausforderung, die Arbeit parallel zu meiner beruflichen Tätigkeit und den laufenden Projekten vollständig konzentriert weiterzuführen. Durch konsequente Zeitplanung und das Aufteilen der Arbeit in kleinere, erreichbare Etappenziele liessen sich diese Schwierigkeiten jedoch bewältigen.

Positiv auf die Effizienz wirkte sich auch der strukturierte Projektaufbau aus. Das Arbeiten nach klaren Phasen von der Analyse über die Variantenbildung bis zur praktischen Umsetzung half dabei, den Überblick zu behalten und Schritt für Schritt voranzukommen. Auch der Einsatz digitaler Hilfsmittel, wie Excel-Planungen und strukturierte Dokumentenvorlagen, vereinfachte den Fortschritt deutlich.

9.4 Lessons learnt

Das Projekt hat mir gezeigt, wie wichtig eine gute Vorbereitung und eine klare Struktur im gesamten Arbeitsprozess sind. Besonders bei technischen Projekten mit mehreren Beteiligten ist eine frühzeitige Koordination mit Elektriker, Teamleiter und Fachexperte entscheidend, um Verzögerungen und Doppelarbeit zu vermeiden.

Ich habe gelernt, dass sich eine sorgfältige Planung am Anfang langfristig auszahlt. Die verspätete Anfrage der technischen Unterlagen hat mir deutlich gemacht, wie stark solche Details den Ablauf beeinflussen können. Für zukünftige Projekte werde ich technische Dokumente und Schnittstellendaten frühzeitig beschaffen, damit die Dokumentationsphase reibungsloser verläuft.

Ein weiterer wichtiger Punkt war die Erfahrung mit der modulierenden Brennertechnologie im realen Betrieb. Durch die Inbetriebnahme und Messung konnte ich das Verhalten des Brenners im Detail nachvollziehen und verstehen, wie stark sich die Modulation auf Emissionen und Laufverhalten auswirkt. Diese praktische Erkenntnis vertieft mein technisches Verständnis weit über die Theorie hinaus.

Auch die Balance zwischen beruflicher Tätigkeit und Diplomarbeit war eine Herausforderung. Ich habe gelernt, meine Zeit effizienter zu planen und Aufgaben gezielt zu priorisieren. Das Arbeiten in klar definierten Etappen hat sich dabei als sehr hilfreich erwiesen.

Insgesamt war dieses Projekt eine wertvolle Erfahrung. Ich konnte meine Kenntnisse im Bereich Grossbrennertechnik erweitern, die Zusammenhänge zwischen Theorie und Praxis besser verstehen und lernen, wie wichtig eine präzise Kommunikation und strukturierte Arbeitsweise für den Projekterfolg sind. Diese Erkenntnisse werde ich bei künftigen Projekten aktiv anwenden.

9.5 Ausblicke

Für die Zukunft würde ich mich gerne näher mit dem Thema Wasserstoffbrenner beschäftigen. Sobald der Markt in der Schweiz dafür bereit ist, wäre es interessant, solche Anlagen selbst in Betrieb zu nehmen besonders da die Nextron-Brenner von Elco bereits dafür vorbereitet sind.

Das Projekt hat mir gezeigt, wie wichtig eine gute Planung im Voraus und ein sauberes Zeitmanagement sind. Ich habe auch gemerkt, dass mich Projekte mit direktem Praxisbezug deutlich mehr interessieren als rein theoretische Arbeiten.

Gerne hätte ich für diese Diplomarbeit eine grössere Anlage in Betrieb genommen, um noch umfassendere Messergebnisse zu erhalten. Das war jedoch nicht möglich, da die Anlagengrösse jeweils von den Kundenanforderungen abhängt. Trotzdem konnte ich viele wertvolle Erfahrungen sammeln, die mir in zukünftigen Projekten weiterhelfen werden.

10 Eigenständigkeitserklärung

Die Die Verfasserinnen und Verfasser bestätigen mit ihrer Unterschrift, dass die vorliegende Arbeit selbstständig, ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als die angegebenen Hilfsmittel erstellt wurde.

Die aus fremden Quellen (einschliesslich elektronischer Quellen) direkt oder indirekt übernommenen Inhalte sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form noch nicht vorgelegt worden.

Unterschriften:

Datum/Ort: 09.11.2025 / 

Selim Ickin



11 Verzeichnisse

11.1 Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Elco, Brenner Nextron

Quelle: <http://www.elco-burners.com/de/de/range/monoblock/3/nextron/2/zweistoff-erdgas-leicht-l114n6-2900-gl-e>

Abb.2: Elco Brenner Nextron N7.4500GL-EF3

Quelle: https://de.linkedin.com/posts/elcotherm-ag_elco-industriebrenner-heatingsolutions-activity-6861739226908647424-zgCH

Abb.3: Elco Brenner EK EVO 4.100L-EOT

Quelle: <https://www.elco-burners.com/de/de/range/monoblock/1/ek-evo/3/leicht-l/2248/ek-evo-4-1000-l-eot>

Abb.4 – 8: Eigene Aufnahmen

11.2 Tabellenverzeichnis

Tab.1: Mit Hilfe von ChatGPT Tabelle für Word angepasst

11.3 Literatur- und Quellenverzeichnis

Für die sprachliche Korrektur der gesamten Diplomarbeit wurde ChatGPT eingesetzt. Der Kerninhalt der Arbeit stammt vollständig vom Verfasser und wurde nicht verändert.

Unterlagen für Diplomarbeit wurden mir Intern vom Fachexperten zugestellt und werden dem Diplomlehrer geschickt.

<https://www.elco.ch/de-ch/brenner.html>

12 Anhang

12.1 Projektstatusberichte

Projekt: Industrielle Wärmeerzeugung

Statusbericht: Selim Ickin

Projektleiter Selim Ickin	Projektziele Lebenslauf, Pflichtenheft etc. einfügen	Verteiler •
--	--	-----------------------

Gesamt-beurteilung	Projektverlauf	Projektklima	Termine	Risiken	Ressourcen
Tendenz	↗	↗	↗	↗	→

Aktueller Projektstand Lebenslauf, Pflichtenheft, Titel und Qualifikationsprofil erstellt	Was läuft gut? - Der Start verlief gut Was läuft nicht gut? - Unterlagen müssen mir noch vom Fachexperten geschickt werden
--	--

Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen - Wie mit dem Diplomlehrer besprochen Lebenslauf und Pflichtenheft anpassen - Danach bei den weiteren Punkten der Arbeit weiter machen
--

Projekt: Industrielle Wärmeerzeugung

Statusbericht: Selim Ickin

Projektleiter Selim Ickin	Projektziele Bis Kapitel 7 fertig haben	Verteiler •
--	---	-----------------------

Gesamt-beurteilung	Projektverlauf	Projektklima	Termine	Risiken	Ressourcen
Tendenz	↗	↗	→	→	↘

Aktueller Projektstand - Lebenslauf und Pflichtenheft angepasst - Kapitel 6 und 7 gemacht nur noch 6.2 und 6.3 fehlen - Zielscheibe gemacht aber noch Problem mit dem einfügen ins Dokument	Was läuft gut? - Die Anpassungen liefen gut. Was läuft nicht gut? - Unterlagen müssen mir noch vom Fachexperten geschickt werden, habe ihn eine mail gemacht das ich es bis nächste Woche habe hoffentlich.
--	---

Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen Wenn ich die Internen Unterlagen vollständige habe, sofort mit Kapitel 8 beginnen
--

Projekt: Industrielle Wärmeerzeugung

Statusbericht: Selim Ickin

Projektleiter Selim Ickin	Projektziele Kapitel 8 weiter machen	Verteiler •
---	--	-----------------------

Gesamt- beurteilung	Projektverlauf   	Projektklima   	Termine   	Risiken   	Ressourcen   
Tendenz					

Aktueller Projektstand - Kapitel 8 vieles gemacht 6.2 und 6.3 gemacht - Einige Bilder schon eingefügt	Was läuft gut? - Zeitplan läuft gut Was läuft nicht gut? - Word zum teil mühsam beim Formatieren etc.
--	---

Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen Kapitel 8 beenden
--

Projekt: Industrielle Wärmeerzeugung

Statusbericht: Selim Ickin

Projektleiter Selim Ickin	Projektziele Kapitel 8 und 9 Fertigstellen	Verteiler
---	--	------------------

Gesamt- beurteilung	Projektverlauf   	Projektklima   	Termine   	Risiken   	Ressourcen   
Tendenz					

Aktueller Projektstand Kapitel 8 und 9 gemacht	Was läuft gut? - Zeitplan läuft gut Was läuft nicht gut? - nichts im Moment
---	---

Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen Alles kontrollieren und anpassen für den Endspurt
--