

Ressourceneffizienzsteigerung in einem metallverarbeitenden Betrieb

Experimentelle Optimierung der Dampfbereitstellung
und Reduktion der Produktionsabfälle in einem
metallverarbeitenden Betrieb

R. Padinger

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

36/2006

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>
oder bei:

Projektfabrik Waldhör
Währingerstraße 121/3
1180 Wien

Ressourceneffizienzsteigerung in einem metallverarbeitenden Betrieb

Experimentelle Optimierung der Dampfbereitstellung
und Reduktion der Produktionsabfälle in einem
metallverarbeitenden Betrieb

R. Padinger
Joanneum Research Forschungs GmbH

Graz, Dezember 2004

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus der Programmlinie FABRIK DER ZUKUNFT. Sie wurde im Jahr 2000 vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie im Rahmen des Impulsprogramms Nachhaltig Wirtschaften als mehrjährige Forschungs- und Technologieinitiative gestartet. Mit der Programmlinie FABRIK DER ZUKUNFT sollen durch Forschung und Technologieentwicklung innovative Technologiesprünge mit hohem Marktpotential initiiert und realisiert werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements und der großen Kooperationsbereitschaft der beteiligten Forschungseinrichtungen und Betriebe konnten bereits richtungsweisende und auch international anerkannte Ergebnisse erzielt werden. Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt über den hohen Erwartungen und ist eine gute Grundlage für erfolgreiche Umsetzungsstrategien. Anfragen bezüglich internationaler Kooperationen bestätigen die in FABRIK DER ZUKUNFT verfolgte Strategie.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist es, die Projektergebnisse – seien es Grundlagenarbeiten, Konzepte oder Technologieentwicklungen – erfolgreich umzusetzen und zu verbreiten. Dies soll nach Möglichkeit durch konkrete Demonstrationsprojekte unterstützt werden. Deshalb ist es auch ein spezielles Anliegen die aktuellen Ergebnisse der interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, was durch die Homepage www.FABRIKderZukunft.at und die Schriftenreihe gewährleistet wird.

Dipl. Ing. Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

ABSTRACT

Die Joh. Pengg AG mit Sitz in Thörl in der Steiermark hat sich auf die Herstellung von ölschlussvergüteten Drähten für die Automobil-, Elektro- und Maschinenbauindustrie spezialisiert, ein energieintensiver Prozess mit Erwärmungs- und Abkühlungsvorgängen sowie Verformungsprozessen. Im gegenständlichen Projekt wurden Ergebnisse aus dem Projekt „Abwärmennutzung und Einsatz Erneuerbarer Energieträger in einem metallverarbeitenden Betrieb“ (Projektnummer 804130) umgesetzt. Eine der wichtigsten Erkenntnisse dieses Projekts war der Umstand, dass derzeit bei der Fa. Joh. Pengg AG ein erheblicher Teil des Erdgaseinsatzes zur Dampferzeugung aufgewendet wird, obwohl eine Reihe von Wärmeverbrauchern auf einem Temperaturniveau arbeiten, das auch die Verwendung von Wasser als Wärmeträger zulassen würde. Das erste Ziel des gegenständlichen Projekts bestand daher in der Reduktion des Brennstoffeinsatzes zur Dampferzeugung durch Absenken der Dampfparameter. Dabei wurde festgestellt, dass es technisch möglich ist, den gesamten Dampf durch Warmwasser zu ersetzen. Das zweite Ziel des gegenständlichen Projekts bestand in der Ressourceneffizienzsteigerung durch thermische Nutzung von Produktionsabfällen. Hierzu wurden Vorbereitungen getroffen, die derzeit eingesetzten Erdgaskessel durch für die Verbrennung erneuerbarer Energieträger geeignete Kessel („Biomassekessel“), in denen auch die Verbrennung von ausgewählten betriebseigenen Reststoffen im Ausmaß von rund 20.000 t/a möglich ist zu ersetzen. Neben dem Vorteil der thermischen Nutzung der Reststoffe wurde auch die Einsparung an Deponiekosten berücksichtigt.

ABSTRACT

Joh. Pengg AG with headquarters at Thörl in Styria, is specialized in production of oil tempered spring wires for automobile-, electrical, and mechanical engineering industry. Production of such wires is an energy intensive process with several heating, cooling, and shaping production steps. The subject project was based on the results of a previous study, which showed, that a major part of natural gas is used to produce steam at a high temperature level, although most of the process heat is needed at a lower temperature level. The first goal of the subject project therefore was the reduction of the fuel input for steam production by reducing temperature/pressure of the steam. Investigations about the possibility to reduce these parameters and to replace steam by hot water without reducing the quality of the wires have been carried out. The second goal of the subject project was increasing the efficiency of energy conversion by using production residues as fuel. Investigations to replace (totally or partially) the currently used natural gas boilers by biomass boilers have been carried out. The fuel should be industrial wood chips together with some 20.000 t/a of production residues. Beside the benefits of the thermal utilization of the residues, also the avoided costs of disposal have been investigated.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einleitung und Projektziel	8
2 Methodik und Arbeitsprogramm	9
3 Ergebnisse	11
3.1 Ergebnisse von Arbeitsschritt 1: „Analysen betreffend die vollständige Umstellung des Betriebs von Dampf auf Warmwasser“	11
3.2 Ergebnisse von Arbeitsschritt 2: „Experimentelle Untersuchungen betreffend das Ersetzen von Dampf durch Heißwasser“	12
3.3 Ergebnisse von Arbeitsschritt 3: „Verbrennungsversuche“	13
3.3.1 Beschreibung der Feuerungsanlage	14
3.3.2 Durchgeführte Verbrennungsversuche	18
3.3.3 Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse der „Verbrennungsversuche“	28
3.4 Ergebnisse von Arbeitsschritt 4: „Aschenanalysen“	29
3.5 Ergebnisse von Arbeitsschritt 5: „Berücksichtigung neuer Aspekte bei der Nutzung regenerierbarer Energieträger“	30
3.6 Ergebnisse von Arbeitsschritt 6: „Dimensionierung der Biomassefeuerung“	32
3.6.1 Ermittlung der benötigten Leistung	32
3.6.2 Wärmebedarf nach Durchführung der Verbesserungsmaßnahmen	36
3.6.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	40
4 Bewertung der Ergebnisse	43
4.1 Umsetzung in der Fa. Joh. Pengg AG	43
4.2 Übertragbarkeit auf andere Betriebe und Industriezweige	43
4.3 Bewertung im Hinblick auf Nachhaltige Technologieentwicklung	44

4.3.1	Prinzip der Dienstleistungs-, Service- und Nutzenorientierung	44
4.3.2	Prinzip der Nutzung erneuerbarer Ressourcen	45
4.3.3	Effizienzprinzip	45
4.3.4	Prinzip der Rezyklierungsfähigkeit	45
4.3.5	Prinzip der Einpassung, Flexibilität, Adaptionfähigkeit und Lernfähigkeit	46
4.3.6	Prinzip der Fehlertoleranz und Risikovorsorge	46
4.3.7	Prinzip der Sicherung von Arbeit, Einkommen und Lebensqualität	46
5	Zusammenfassung der Ergebnisse	47
6	Literatur	50
7	Anhänge	51
7.1	Grundsätzliche Überlegungen zur Beheizung der Bäder der Beizerei	51
7.2	Grundsätzliche Überlegungen zur Beheizung der wässrigen Bäder von Patientieren 1	55
7.3	Überlegungen zu den Phosphatbädern	62
7.3.1	Grundsätzliches	62
7.3.2	Probleme bei den Phosphatbädern	64
7.3.3	Weitere Überlegungen	68
7.4	Bericht der Forschungsgesellschaft Technischer Umweltschutz Wien über die Untersuchung einer Rostascheprobe aus den Verbrennungsversuchen	69

Einleitung und Projektziel

Die Joh. Pengg AG mit Sitz in Thörl in der Steiermark hat sich auf die Herstellung von Drähten für die Automobil-, Elektro- und Maschinenbauindustrie spezialisiert und ist der einzige österreichische Hersteller von ölschlussvergütetem Draht. Die Herstellung von ölschlussvergütetem Draht ist ein energieintensiver Prozess mit prozessbedingten Erwärmungs- und Abkühlungsvorgängen sowie Verformungsschritten. Das gegenständliche Projekt basiert auf dem Projekt „Abwärmenutzung und Einsatz Erneuerbarer Energieträger in einem metallverarbeitenden Betrieb“ (Projektnummer 804130) /1/.

Im gegenständlichen Projekt wurden Erkenntnisse aus diesem Projekt umgesetzt. Eine der wichtigsten Erkenntnisse war der Umstand, dass derzeit bei der Fa. Joh. Pengg AG ein erheblicher Teil des Erdgaseinsatzes zur Dampferzeugung aufgewendet wird, obwohl eine Reihe von Wärmeverbrauchern auf einem Temperaturniveau arbeiten, das auch die Verwendung von Wasser als Wärmeträger zulassen würde.

In der bestmöglichen Absenkung der Dampfparameter Druck bzw. Temperatur sowie in der größtmöglichen Umstellung des Wärmenetzes vom Wärmeträger Dampf auf den Wärmeträger Wasser liegt ein hohes Potential zur Reduktion des Brennstoffeinsatzes. Das ursprüngliche erste Ziel des gegenständlichen Projekts bestand daher in der

- Reduktion des Brennstoffeinsatzes zur Dampferzeugung

durch Absenken der Dampfparameter. Hierzu war zu untersuchen, wie weit die Dampfparameter abgesenkt werden können und in welchen Verfahren Dampf durch Heißwasser ersetzt werden kann, ohne dass die Behandlungsprozesse der Drähte in irgend einer Weise negativ beeinflusst werden.

Das zweite Ziel des gegenständlichen Projekts bestand in der

- Ressourceneffizienzsteigerung durch thermische Nutzung von Produktionsabfällen.

Hierzu wurden Vorbereitungen getroffen, die derzeit eingesetzten Erdgaskessel ganz oder teilweise durch für die Verbrennung erneuerbarer Energieträger geeignete Kessel, also eine „Biomassefeuerung“ zu ersetzen. Der Hauptbrennstoff für die Biomassefeuerung soll Industriebiomasse sein. Die Biomassefeuerung soll aber auch in der Lage sein, möglichst viele der im eigenen Betrieb anfallenden Reststoffe zu verbrennen. Dabei wird sowohl der Aspekt der thermischen Verwertung als auch der Aspekt der kostengünstigen Entsorgung berücksichtigt.

Methodik und Arbeitsprogramm

Im Sinne der in der Einleitung erläuterten Ziele war ursprünglich das nachstehende Arbeitsprogramm für das gegenständliche Projekt vorgesehen:

Tabelle 1: Ursprüngliches Arbeitsprogramm:

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Juli	Aug	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jän.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni
(1)	Experimentelle Untersuchungen betreffend die Absenkung der Dampfparameter	x	x										
(2)	Experimentelle Untersuchungen betreffend die Speisewasservorwärmung			x	x								
(3)	Experimentelle Untersuchungen betreffend das Ersetzen v. Dampf durch Heißwasser					x	x						
(4)	Verbrennungsversuche							x	x				
(5)	Aschenanalysen							x	x				
(6)	Dimensionierung der Biomassefeuerung									x	x	x	x

Als Vorbereitung für die in den Arbeitsschritten (1), (2) und (3) geplanten Experimente wurde zunächst noch einmal eine detaillierte theoretische Analyse der tatsächlichen Möglichkeiten, die Dampfparameter zu senken bzw. Dampf überhaupt durch Heißwasser zu ersetzen, durchgeführt. Aus dieser Analyse konnten folgende - zum Zeitpunkt der Antragstellung noch nicht bekannte - Erkenntnisse abgeleitet werden:

- In allen drei verfahrenstechnischen Schritten, in denen derzeit Dampf als Wärmeträger eingesetzt wird, kann aus technischer Sicht auch Heißwasser eingesetzt werden.
- Es ist zu erwarten, dass die Umstellung von Dampf auf Heißwasser in den betrachteten Anwendungsfällen wirtschaftlich umsetzbar ist.

Diese Erkenntnisse führten zur Entscheidung der Fa. Joh. Pengg AG, den Dampf auf jeden Fall durch Heißwasser zu ersetzen. Diese Entscheidung hatte auch eine entsprechende Änderung des Arbeitsprogramms zur Folge.

Die in den Arbeitsschritten (1) und (2) vorgesehenen experimentellen Untersuchungen betreffen die Änderung der Dampfparameter und erübrigten sich somit bzw. konnten durch theoretische Analysen mit letztendlich positivem Ergebnis im Sinne von Ziel 1 des Projekts (Reduktion des Brennstoffeinsatzes zur Dampferzeugung) ersetzt werden. Die ursprünglichen Arbeitsschritte (1) und (2) wurden somit durch den neuen Arbeitsschritt 1 „Analysen betreffend die vollständige Umstellung des Betriebs von Dampf auf Heißwasser“ ersetzt. Auf der anderen Seite hat die Fa. Joh. Pengg AG nach dem Zeitpunkt der Antragstellung weitere Überlegungen zum Thema Nutzung regenerierbarer Energieträger angestellt. In diesen Überlegungen wird dem Einsatz von Reststoffen aus anderen Betrieben große Bedeutung beigemessen. Es zeigte sich, dass zur Klärung der Frage, welcher Brennstoff nun tatsächlich eingesetzt werden soll, detaillierte Analysen in Bezug auf Technik und Kosten durchgeführt werden mussten. Aus diesem Grund wurde hierzu ergänzend ein Arbeitsschritt eingeführt, in dem die Möglichkeiten der Abwärmenutzung gemäß den aktuellen Anforderungen der Fa. Pengg spezifiziert wurden.

Tabelle 2 zeigt das im oben genannten Sinn revidierte Arbeitsprogramm. Die im nachfolgenden Text genannten Nummern der Arbeitsschritte beziehen sich auf die Nummern in dieser Tabelle.

Tabelle 2: Revidiertes Arbeitsprogramm in Absprache mit der Fa. Joh. Pengg AG

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Juli	Aug	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jän.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni
1	Analysen betreffend die vollständige Umstellung des Betriebs von Dampf auf Heißwasser	x	x	x	x								
2	Experimentelle Untersuchungen betreffend das Ersetzen v. Dampf durch Heißwasser					x	x						
3	Verbrennungsversuche							x	x				
4	Aschenanalysen							x	x				
5	Berücksichtigung neuer Aspekte bei der Möglichkeit der Nutzung regenerierbarer Energieträger					x	x	x	x	x	x	x	
6	Dimensionierung der Biomassefeuerung									x	x	x	x

Ergebnisse

Ergebnisse von Arbeitsschritt 1: „Analysen betreffend die vollständige Umstellung des Betriebs von Dampf auf Warmwasser“

In folgenden verfahrenstechnischen Schritten wird derzeit Heißwasser mit 150 °C und daraus erzeugter Dampf (Sattdampf) eingesetzt (siehe hierzu Abbildung 1):

- Drahttrocknung und Spülwassererwärmung der Anlage Patentieren I

Bei diesem Verfahrensschritt ist die Umstellung von Dampf auf Heißwasser ohne besondere Probleme möglich.

- Rasches Aufheizen der Phosphat - und Seifenbäder der Anlage Patentieren IV nach Austausch der Bäderflüssigkeit und nach Betriebsstillständen sowie kontinuierliche Beheizung der Phosphat- und Seifenbäder der Anlage Patentieren IV

Für das Aufheizen wird nur selten bzw. wenig Wärme für das gelegentliche rasche Aufheizen dieser Bäder gebraucht. Angesichts der Vorteile des vollständigen Verzichts auf Dampf erscheint es daher sinnvoll, für das Beheizen der Phosphat- und Seifenbäder Elektroheizkörper einzusetzen.

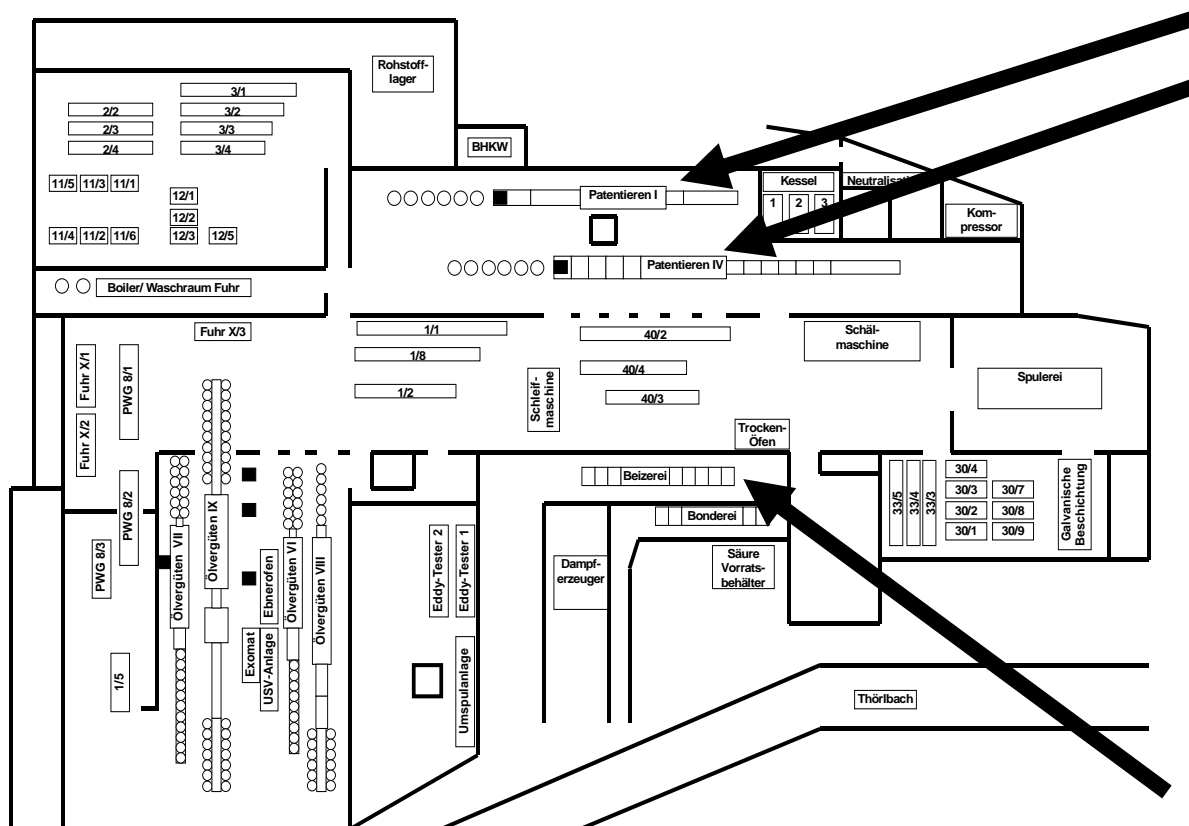


Abbildung 1: Lageplan der Komponenten, in denen derzeit Dampf eingesetzt wird.

- Beheizung der Bäder der Beizelei

In der Beizerei müssen ein Heißwasser-, ein Borax-, ein Phosphat- und ein Seifenbad auf konstanter Temperatur im Bereich zwischen 57 und 73 °C gehalten werden. Die Bäder müssen hierzu teilweise beheizt, teilweise gekühlt werden. Abbildung 2 zeigt eine schematische Darstellung der Energieversorgung der Bäder der Beizerei.

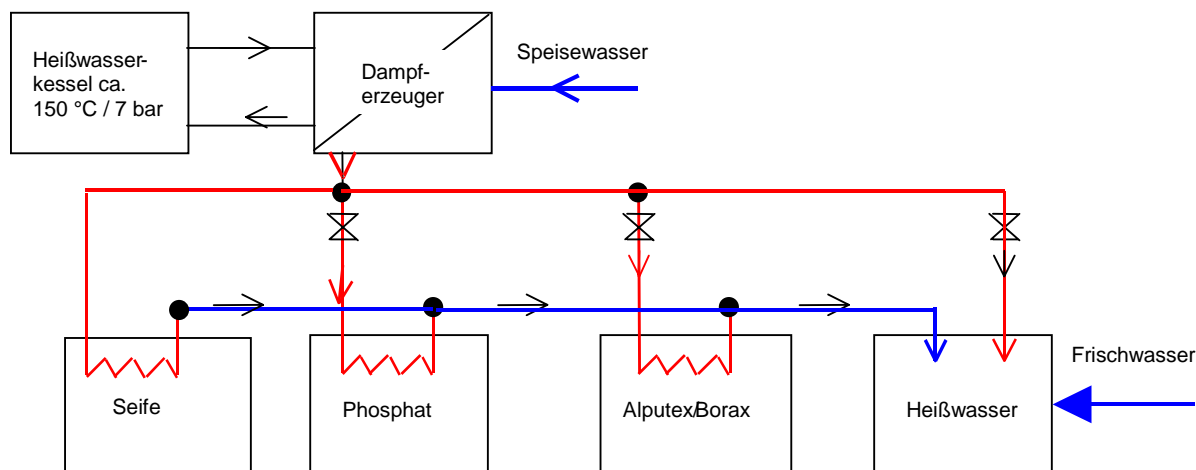


Abbildung 2: Energieversorgung der Bäder der Beizerei (aus /1/)

Im Heißwasserbad wird der vorher durch die Wärmetauscher der anderen Bäder geleitete Dampf vollständig kondensiert. Um dieses Bad auf einer konstanten Temperatur von ca. 70 °C halten zu können, ist die ständige Zugabe von Kaltwasser erforderlich. Der Ersatz von Dampf durch Heißwasser ist in diesem Bad technisch möglich.

Die Wärmeversorgung der Seifen-, Phosphat- und Boraxbäder erfolgt mittels an zwei gegenüberliegenden Innenseiten der Bäderwände angebrachten Wärmetauscherrohren, welche derzeit kontinuierlich mit Dampf durchströmt werden. Auch in diesen Bädern kann der Dampf grundsätzlich durch Heißwasser ersetzt werden. Beim Phosphatbad sind allerdings Probleme beim Wärmeübergang aufgrund von Ablagerungen nicht auszuschließen. Zur Klärung dieser Frage wurden in Arbeitsschritt 2 experimentelle Untersuchungen durchgeführt, die im nächsten Abschnitt beschrieben werden.

Ergebnisse von Arbeitsschritt 2: „Experimentelle Untersuchungen betreffend das Ersetzen von Dampf durch Heißwasser“

Die experimentellen Untersuchungen der Auswirkung des Ersetzens von Dampf durch Heißwasser betrafen das Phosphatbad in der Beizerei (siehe Abschnitt 3.1), weil dies jenes Bad ist, in dem die stärksten Ablagerungen an den Heißwasserwärmetauschern erwartet werden muss-

ten. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind somit auch auf die anderen Bäder der Beize-
rei übertragbar.

Aufgrund der Ablagerungen war geplant, die Wärmeübergangszahl im Phosphatbad und de-
ren Änderung mit zunehmender Schichtdicke der Ablagerungen experimentell zu ermitteln.
Für die Durchführung dieser Experimente war zunächst der Einsatz eines speziellen Platten-
wärmetauscher („Versuchs-Wärmetauscher“) vorgesehen.

Im Zuge der detaillierteren Planung des Versuchs-Wärmetauschers bzw. bei der Wahl eines
repräsentativen Einbauortes stellte sich heraus, dass aufgrund der komplexen Vorgänge bei
der Phosphatanlagerung nicht mit einem aussagekräftigen Versuchsergebnis zu rechnen ist.

Andererseits haben wärmetechnische Überlegungen ergeben, dass die momentan von den
Bädern der Beizeerei benötigte Wärme anstatt mit Dampf auch mit Warmwasser (Vorlauftem-
peratur 105 °C) bereitgestellt werden kann, wenn die Wärmetauscherflächen in den Bädern
gegenüber dem ursprünglichen Bestand etwa verdoppelt werden. Dies in Verbindung mit ei-
ner Temperaturregelung für das jeweilige Bad wird somit vorgeschlagen. (Siehe dazu auch
Abschnitt 7.1 „Grundsätzliche Überlegungen zur Beheizung der Bäder der Beizeerei“)

Bezüglich des Ersatzes des Heißwassers (150 °C / 6 bar) bzw. des daraus erzeugten Dampfes
für die Prozesse bei Patientieren I und Patientieren IV ergaben die in Abschnitten 7.2 „Grund-
sätzliche Überlegungen zur Beheizung der wässrigen Bäder von Patientieren I“ und 7.3 „Über-
legungen zu den Phosphatbädern“, beschriebenen Überlegungen, dass eine Umstellung auf
Warmwasserbeheizung wahrscheinlich in allen Fällen möglich ist. Sollte sich jedoch heraus-
stellen, dass in einem speziellen Fall (z. B. Phosphatbäder) das Temperaturniveau nicht aus-
reichend hoch ist, ist für diesen Fall eine eigene Beheizung (z. B. elektrisch erwärmtes Wär-
meträgeröl) sinnvoller.

Es ergibt sich daraus, dass eine zentrale Heißwasserversorgung (150 °C / 6 bar) mit Dampf-
erzeugung nicht notwendig ist und aus Energieeffizienzgründen und Kostengründen (kein
„Dampfkessel“ mehr) der benötigte Prozesswärmebedarf mit einem Warmwasserkessel (105
°C) erzeugt werden soll.

Ergebnisse von Arbeitsschritt 3: „Verbrennungsversuche“

Die „Verbrennungsversuche“ mit den in Frage kommenden Brennstoffen wurden an einer bei
Joanneum Research stehenden Feuerungsanlage der Fa. VA-TECH Elin EBG durchgeführt.
Diese Feuerungsanlage wurde Joanneum Research von der Fa. VA-TECH Elin EBG zur

Durchführung von Verbrennungsversuchen mit verschiedenen Brennstoffen leihweise zur Verfügung gestellt. Die Feuerungsanlage ist das Ergebnis mehrjähriger F&E Arbeiten von Joanneum Research in Kooperation mit verschiedenen Industriepartnern zur Entwicklung einer optimierten Festbrennstofffeuerung, die nicht nur für konventionelle Biomasse-Festbrennstoffe sondern auch für schwierig zu verbrennende Festbrennstoffe, einschließlich verschiedener Abfallfraktionen, geeignet ist.

1.1.1 Beschreibung der Feuerungsanlage

Die Nennleistung der Feuerungsanlage beträgt 250 kW. Abbildung 3 zeigt ein Foto der Feuerungsanlage.



Abbildung 3: Feuerungsanlage

Man erkennt in Abbildung 3 die Brennkammer mit dem aufgesetzten Kessel, sowie das Brennstoffzuführungssystem (schräges Vierkantrrohr mit Antriebsmotor für die Brennstoff-Förderschnecke und Schleuderrad an der Frontseite der Brennkammer).

Dieses System („AWINA-Verbrennungstechnik“) ist das Ergebnis mehrjähriger Optimierung der Verbrennung von Schüttgut-Brennstoffen. Sie wurde ursprünglich für die Verbrennung von Holzhackgut entwickelt. Die in Forschungsprojekten wie auch im praktischen Betrieb

von Anlagen erzielten Ergebnisse haben jedoch gezeigt, dass aufgrund der optimierten Verfahrensführung auch die Verbrennung vielen anderen Biomassefraktionen möglich ist. Auch die Verbrennung von schwierig zu verbrennenden Brennstoffen ist im Allgemeinen mit ausgezeichnetem Ausbrand und unter Einhaltung der Emissionsgrenzwerte möglich. Hierzu gehören unter anderem Brennstoffe mit hohem Wassergehalt, hohem Aschegehalt, geringem Heizwert (z. B. Klärschlamm) und hohem Stickstoffgehalt sowie kontaminierte Hölzer wie z. B. Eisenbahnschwellen oder Bau- und Abbruchholz. Daher ist diese Technik auch für die Verbrennung der bei der Joh. Pengg AG anfallenden Reststoffe besonders geeignet.

Die AWINA-Verbrennungstechnik ist durch 2 Besonderheiten gekennzeichnet:

- Brennstoffzuführung mit Hilfe eines Schleuderrades von oben auf das Glutbett

Bei der AWINA-Verbrennungstechnik wird der Brennstoff mit Hilfe eines Schleuderrades (Firmenbezeichnung: „AWINATOR“) durch eine Öffnung in die Brennkammer eingeschleudert. Der Brennstoff fällt dabei annähernd gleichmäßig verteilt von oben auf einen Rost, auf dem sich in der Folge ein Glutbett ausbildet.

Damit werden folgende Vorteile erzielt:

- * Das Glutbett hat eine weitestgehend homogene Konsistenz und ist frei von Übergangszonen mit nicht optimalen Verbrennungsbedingungen (Trocknungszonen, Schwelzonen, etc.). Damit kann die Primärluftzuführung exakt auf die stöchiometrischen Erfordernisse im Glutbett abgestimmt werden.
- * Jedes Brennstoffteilchen fällt unmittelbar in eine bereits brennende Umgebung, wird dort sofort getrocknet und beginnt in kürzester Zeit selbst zu brennen. Aus diesem Grund ist mit der AWINA-Verbrennungstechnik auch die Verbrennung von sehr feuchtem Brennstoff möglich.
- * Aufgrund der Beschickung von oben kann das Glutbett durch Steuerung der Primärluft im Prinzip beliebig hoch gemacht werden. Damit können stark unterstöchiometrischen Bedingungen für die heterogenen Reaktionen im Glutbett erzwungen werden und das Reaktionsvolumen erhöht werden. Dies wiederum hat erfahrungsgemäß eine signifikante Verringerung der Stickoxidemissionen zur Folge. Mit der AWINA-Verbrennungstechnik können daher auch Stoffe mit relativ hohem Stickstoffgehalt verbrannt werden, ohne dass Sekundärmaßnahmen zur Entstickung der Rauchgase getroffen werden müssen.

- Verbrennungsregelung auf Basis einer ständigen Messung der CO-Konzentration im Rauchgas (CO-geführte Verbrennungsregelung)

Bei der AWINA-Verbrennungstechnik wird mit Hilfe eines speziellen CO-Sensors die CO-Konzentration im Rauchgas ständig gemessen. Aufgrund des Signals des CO-Sensors wird die Verbrennungsluftzufuhr, insbesondere die Sekundärluftzufuhr, laufend geringfügig variiert. Auf diese Weise kann für verschiedene Brennstoffe wie auch für verschiedene Lastzustände und Betriebsbedingungen immer jene Luftmenge, die die minimal möglichen CO-Emissionen garantiert, gefunden werden. Dieses Verfahren hat gegenüber der sauerstoffgeführten Verbrennungsregelung (Lambda-Regelung) den entscheidenden Vorteil, dass die Feuerung auch bei unterschiedlichen Brennstoffen bzw. Betriebsbedingungen immer mit dem minimalen Luftüberschuss und dadurch mit dem höchstmöglichen feuerungstechnischen Wirkungsgrad betrieben wird. Die CO-geführte Verbrennungsregelung kommt der Vision eines ständig anwesenden Servicetechnikers, der fortwährend anhand der momentanen CO-Emissionen die Verbrennungsluftmenge optimal einstellt, sehr nahe.

Abbildung 4 zeigt eine vereinfachte Schnittzeichnung der Feuerungsanlage

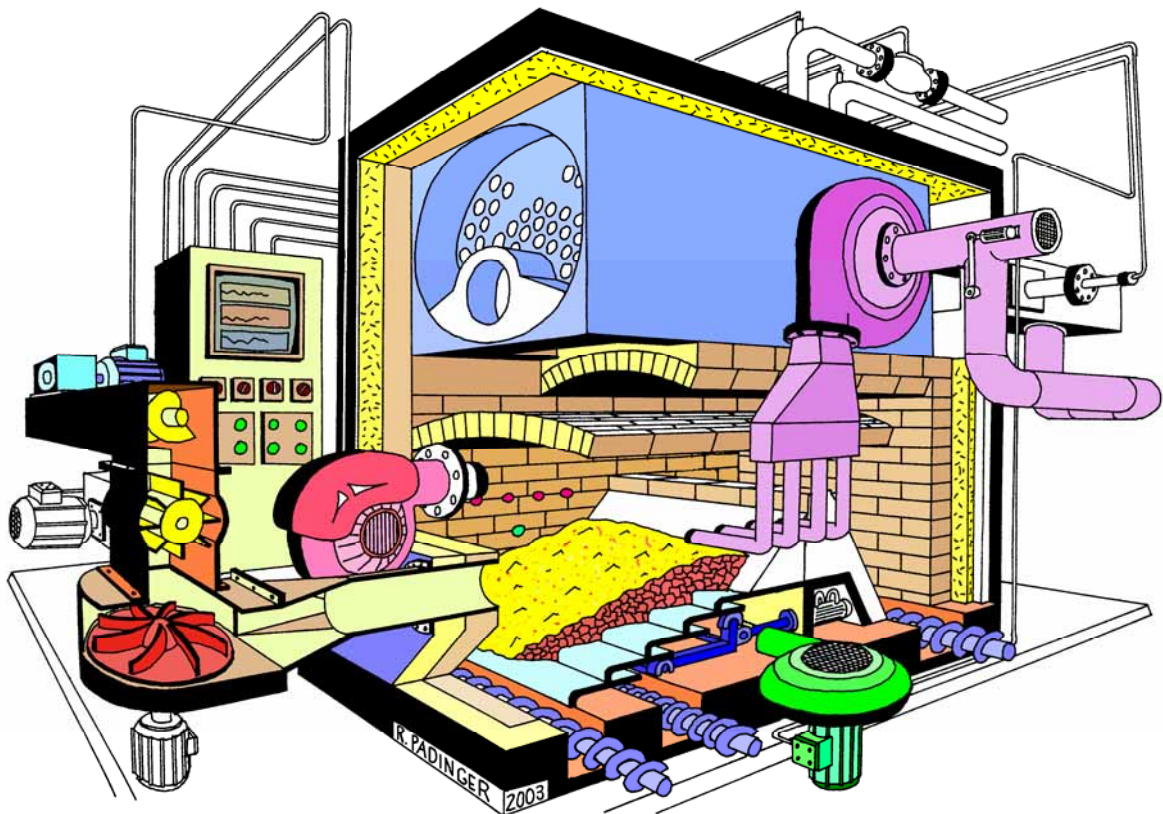


Abbildung 4: Vereinfachte Schnittzeichnung der Feuerungsanlage

Aufgrund der oben genannten technischen Besonderheiten konnten mit der AWINA-Verbrennungstechnik bisher folgende Brennstoffe mit zufriedenstellendem Ergebnis verfeuert werden:

- Naturbelassene biogene Brennstoffe
 - * Holz-Schüttgüter bis zu einer Spanlänge von ca. 5 cm (Schleifstaub, Hackgut aller Art, Rindenmulch)
 - * Schwemmh Holz
 - * Biertreber
 - * Rübenschnitzel
 - * Rapspresskuchen
 - * Rückstände aus der Malzverarbeitung
 - * Biotonne (ohne Küchenabfälle)
 - * Kompost (Siebüberlauf)
 - * Sonnenblumenschalen
 - * Zwetschkenkerne
- Kontaminierte Hölzer
 - * Eisenbahnschwellen
 - * Bau- und Abbruchholz
 - * Beschichtete Spanplatten
 - * Leimkontaminierte Abfälle aus der Holzverarbeitung
- Sonstige Abfallstoffe
 - * Rückstände aus der Zahnprothesenherstellung
 - * Geschredderte und pelletierte PE-Folien
 - * Rejekte aus der Altpapierverwertung (sog. Spuckstoffe)
 - * Farbrückstände aus Lackierereien
 - * Geschredderte Getränkeverpackungen inkl. Tetrapacks
 - * Geschredderte Getränkebecher

- * Klärschlamm (vermischt mit Holzhackgut)
- * Tiermehl
- * Rückstände aus der Produktion von Laminat-Platten („ISOMAX-Platten“)

Aufgrund der bisherigen Erfahrungen mit der Feuerungsanlage konnte erwartet werden, dass auch die im Betrieb Joh. Pengg AG anfallenden bzw. für die Verfeuerung vorgesehenen Brennstoffe erfolgreich verfeuert werden können.

Zur Zudosierung geringer Mengen von feinpulvrigen Kontaminationsstoffen zum regulären Brennstoff ist die Feuerung überdies mit einer speziellen Zudosierungseinrichtung ausgestattet. Über diese Zudosierungseinrichtung wurde im gegenständlichen Fall der Brennstoff Ziehmittelrückstände (bzw. „Seife“) zudosiert. Abbildung 5 zeigt ein Foto dieser Zudosierungseinrichtung.

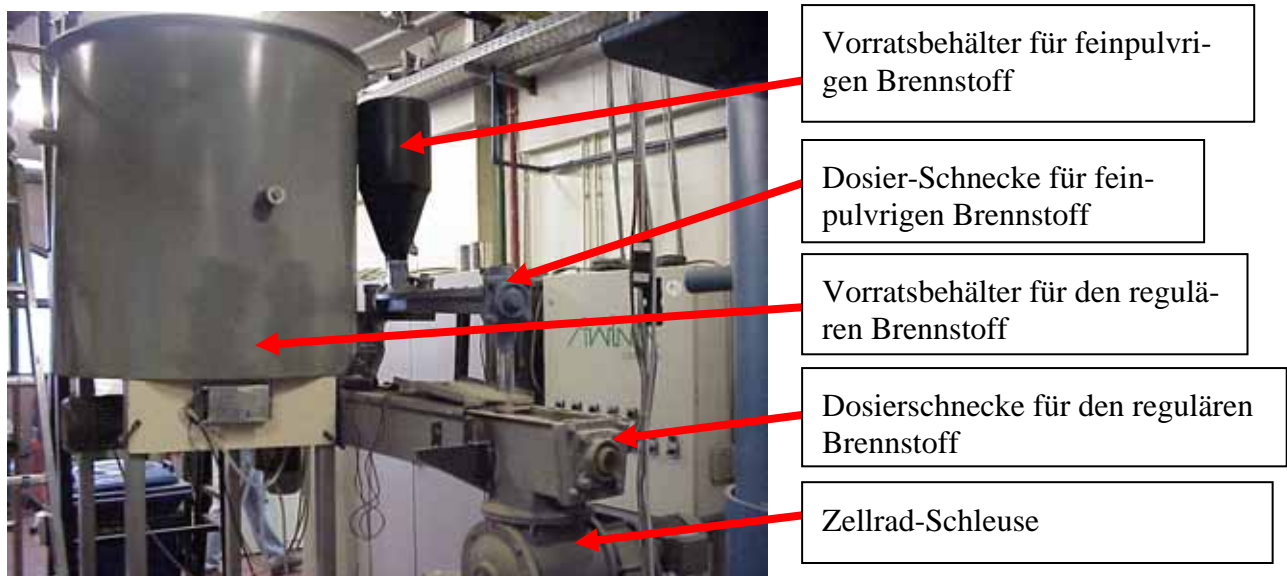


Abbildung 5: Brennstoffförderung und Zudosiereinrichtung

1.1.2 Durchgeführte Verbrennungsversuche

In Absprache mit der Fa. Joh. Pengg AG wurde mit Mischungen aus den nachstehend genannten Materialien Verbrennungsversuche durchgeführt. Die Abbildungen 7 - 10 vermitteln einen Eindruck über die eingesetzten Brennstoffe:

- a) Waldhackgut mit einem Wassergehalt von 30,2 % („Hackgut“ = Referenzbrennstoff)
(siehe Abbildung 6)

- b) Ziehmittlrückstand („Seife“, siehe Abbildung 7)
- c) Altpapier („Papier“, siehe Abbildung 8)
- d) Geschredderte PE-Folien („Folien“, siehe Abbildung 9)
- e) Gewerbemüll („Müll“, siehe Abbildung 10)



Abbildung 6: Foto einer Probe des Referenzbrennstoffs Waldhackgut



Abbildung 7: Foto einer Probe des Brennstoffs Ziehmittlrückstands



Abbildung 8: Foto einer Probe des Brennstoffs Altpapier



Abbildung 9: Foto einer Probe des Brennstoffs Geschredderte PE-Folien



Abbildung 10: Foto einer Probe des Brennstoffs Gewerbemüll

Die oben erläuterten Fraktionen wurden in unterschiedlichen Verhältnissen zu 4 verschiedenen Brennstoffmischungen gemischt. Zum Vergleich wurde auch ein Verbrennungsversuch mit dem naturbelassenen Hackgut als Referenzbrennstoff durchgeführt. Tabelle 3 gibt eine Übersicht über die eingesetzten Brennstoffe bzw. Brennstoffmischungen.

Tabelle 3: Übersicht über die eingesetzten Brennstoffe bzw. Brennstoffmischungen (Angaben in Gewichtsprozent)

Brennstoff	Mischung 1	Mischung 2	Mischung 3	Mischung 4	Referenz- brennstoff
Waldhackgut 32 % Wassergehalt	92,0 %	90,0 %	86,6 %	84,4 %	100 %
Ziehmittelrückstand	7,2 %	7,8 %	7,4 %	7,3 %	
Altpapier		2,2 %		2,1 %	
geschredderte PE-Folien			0,9 %	0,9 %	
Gewerbemüll			5,1 %	4,9 %	
Summe	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %

Bei den Verbrennungsversuchen wurden folgende Größen gemessen:

- Kohlenmonoxidkonzentration im Rauchgas (CO in ppm)
- Stickoxidkonzentration im Rauchgas (NO_x in ppm)
- Summe der Kohlenwasserstoffe im Rauchgas (C_xH_y in ppm)
- Schwefeldioxidkonzentration im Rauchgas (SO₂ in ppm)
- Sauerstoffkonzentration im Rauchgas (O₂ in Vol %)
- Brennkammertemperatur (in °C)
- Leistung des Kessels (in kW)

Aus den Messgrößen wurden über den Zeitraum von jeweils 30 Minuten Mittelwerte gebildet, die als Beurteilungswerte herangezogen wurden. Dabei wurden einzelne Messwerte auf die üblichen normierten Größen umgerechnet:

- Kohlenmonoxidkonzentration im Rauchgas (in mg/Nm³ bezogen auf 13 % O₂)
- Stickoxidkonzentration im Rauchgas (NO_x in ppm)
- Summe der Kohlenwasserstoffe im Rauchgas (in mg/Nm³ bezogen auf 13 % O₂)
- Schwefeldioxidkonzentration im Rauchgas (in mg/Nm³ bezogen auf 13 % O₂)

Die Abbildungen 11 - 15 zeigen die Zeitverläufe der Messwerte der Verbrennungsversuche während der halbstündigen Perioden, die zur Mittelwertbildung herangezogen wurden, zusammen mit den errechneten und normierten Halbstunden-Mittelwerten:

- Abbildung 11 zeigt die Ergebnisse des Verbrennungsversuchs mit Mischung 1 (Waldhackgut / Seife)
- Abbildung 12 zeigt die Ergebnisse des Verbrennungsversuchs mit Mischung 2 (Waldhackgut / Seife / Papier)
- Abbildung 13 zeigt die Ergebnisse des Verbrennungsversuchs mit Mischung 3 (Waldhackgut / Seife / Folien / Gewerbemüll)
- Abbildung 14 zeigt die Ergebnisse des Verbrennungsversuchs mit Mischung 4 (Waldhackgut / Seife / Papier / Folien / Gewerbemüll)
- Abbildung 15 zeigt die Ergebnisse des Verbrennungsversuchs mit dem Referenzbrennstoff (Waldhackgut)

Verbrennungsversuch für Fa. Pengg AG, 20.4.2004

Brennstoff: 92,1% Waldhackgut; 7,9 % Seife

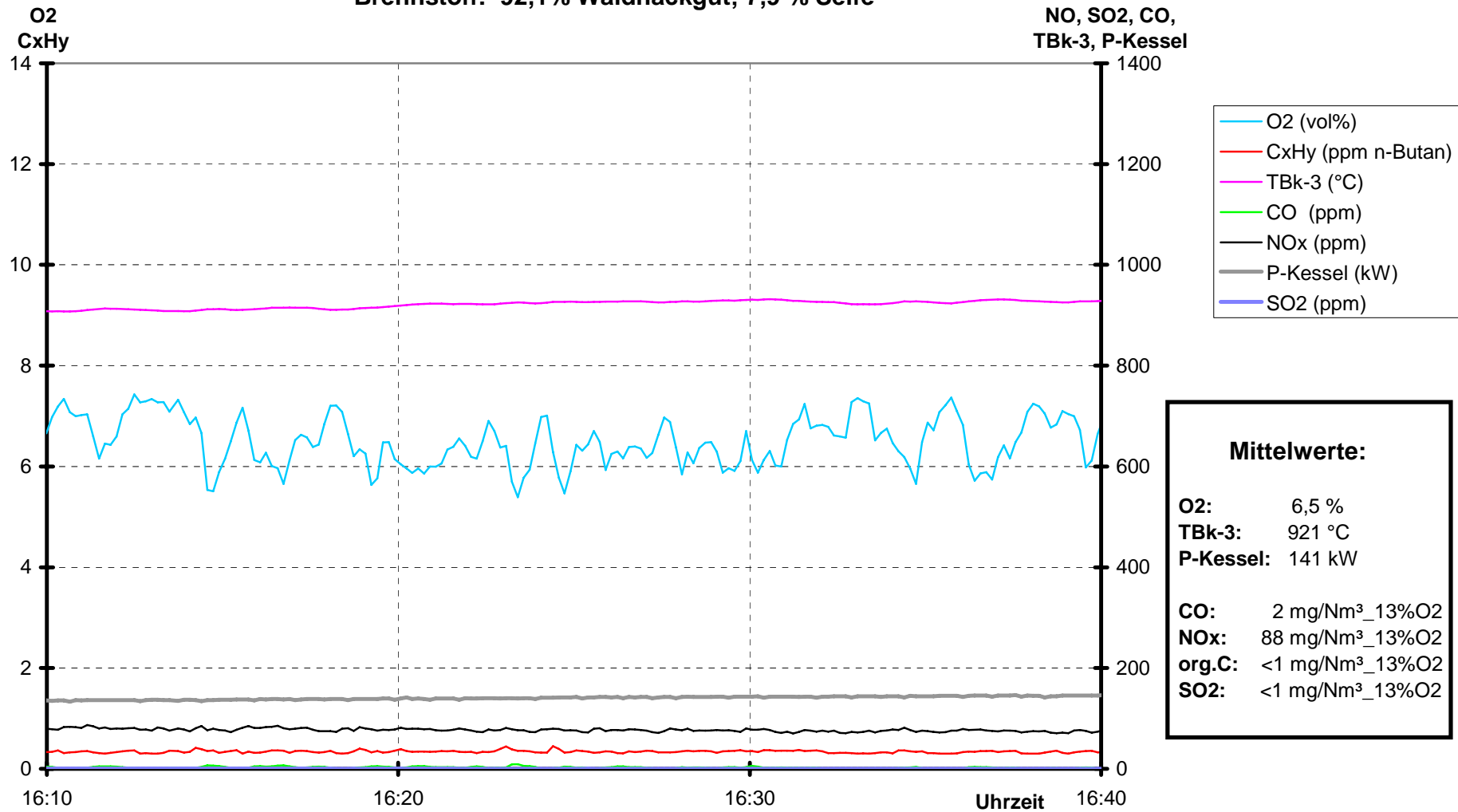


Abbildung 11: Ergebnisse des Verbrennungsversuchs mit Brennstoffmischung 1 (Waldhackgut / Seife)

Verbrennungsversuch für Fa. Pengg AG, 20.4.2004

Brennstoff: 90,0 % Waldhackgut; 7,8 % Seife; 2,2 % Papier

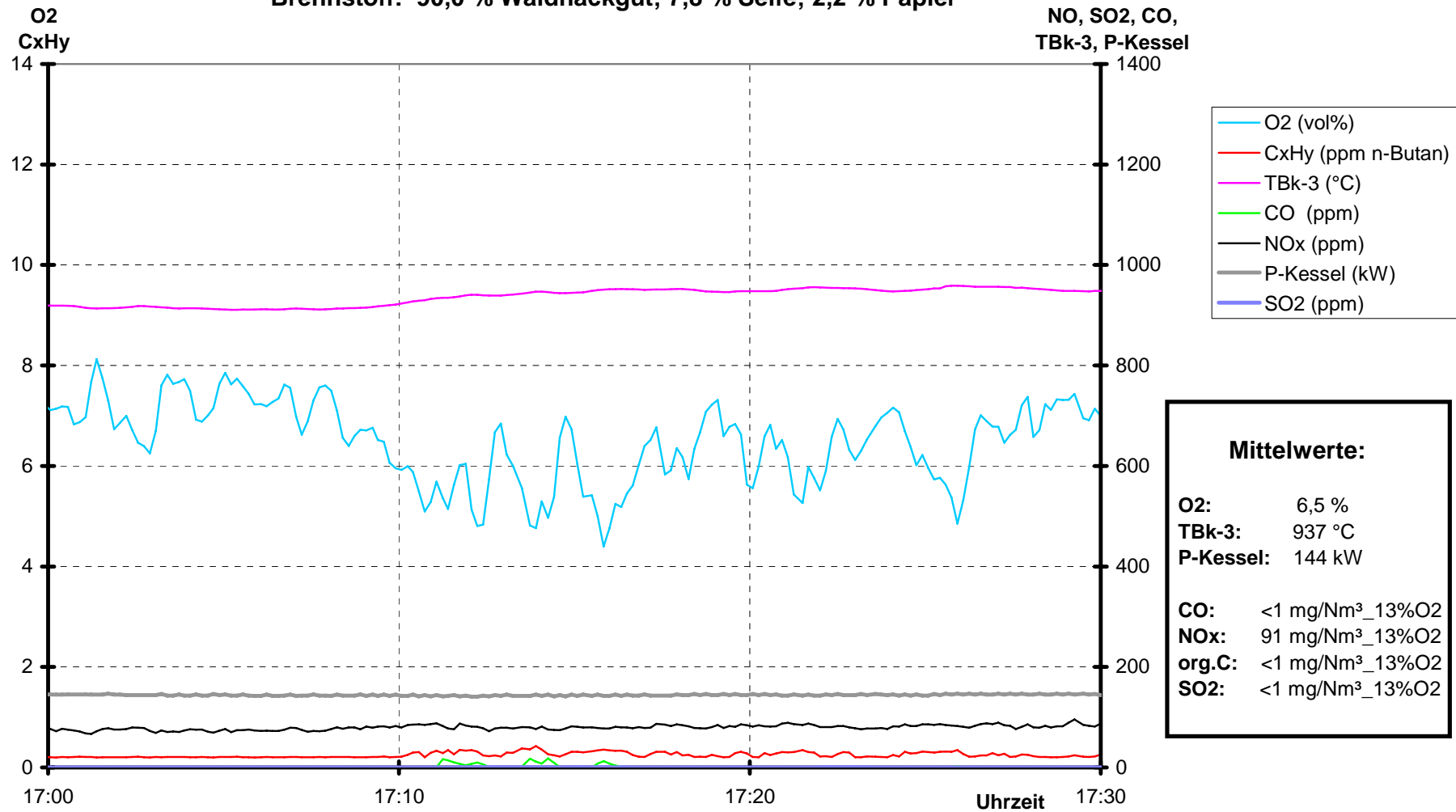


Abbildung 12: Ergebnisse des Verbrennungsversuchs mit Brennstoffmischung 2 (Waldhackgut / Seife / Papier)

Verbrennungsversuch für Fa. Pengg AG, 20.4.2004
Brennstoff: 86,6 % Waldhackgut; 7,4 % Seife; 0,9 % Folien; 5,1 % Gewerbemüll

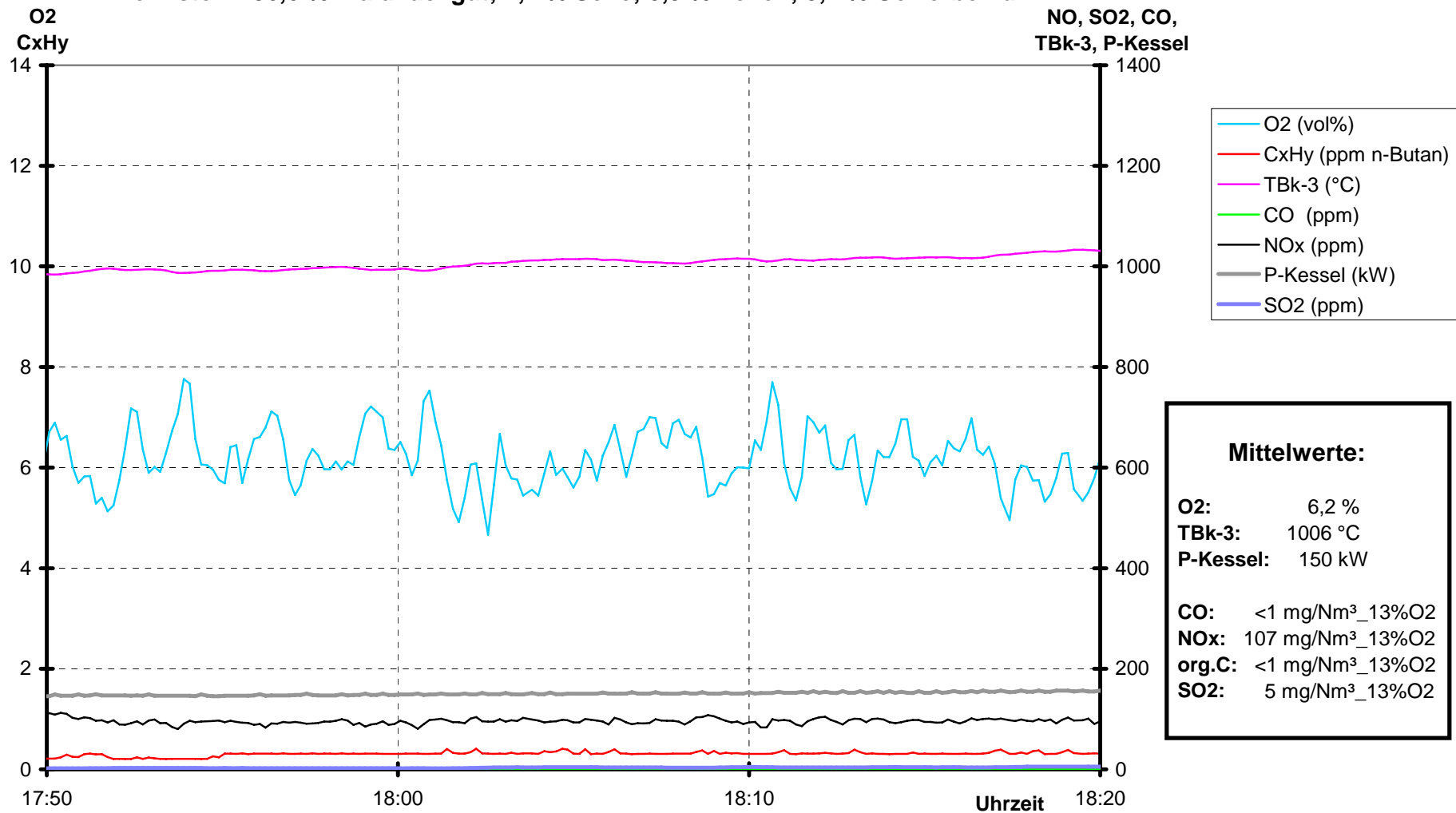


Abbildung 13: Ergebnisse des Verbrennungsversuchs mit Brennstoffmischung 3 (Waldhackgut / Seife / Folien / Gewerbemüll)

Verbrennungsversuch für Fa. Pengg AG, 20.4.2004

Brennstoff: 84,8 % Waldhackgut; 7,3 % Seife; 2,1 % Papier; 0,9 % Folien; 4,9 % Gewerbemüll

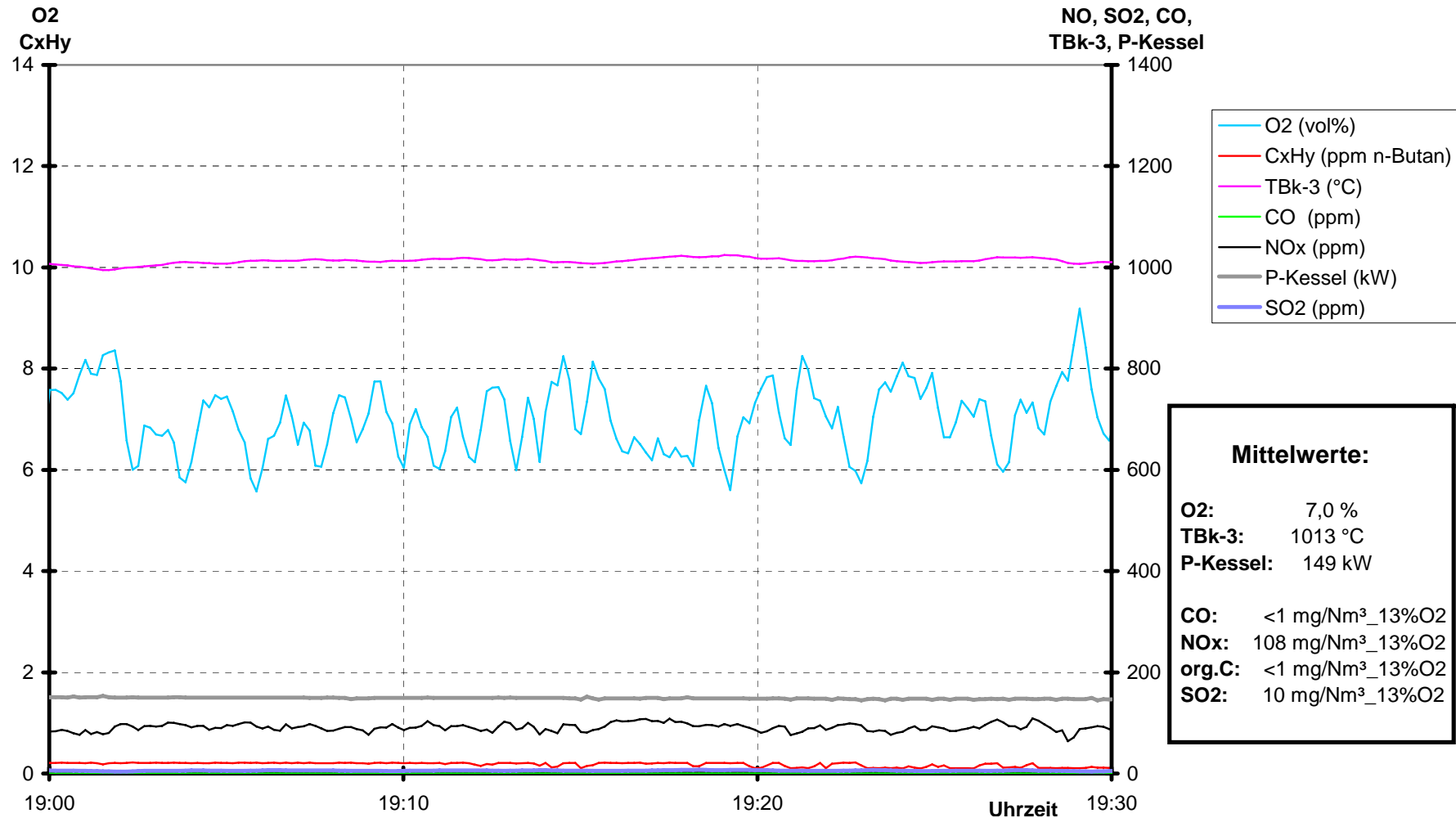


Abbildung 14: Ergebnisse des Verbrennungsversuchs mit Brennstoffmischung 4 (Waldhackgut / Seife / Papier / Folien / Gewerbemüll)

Verbrennungsversuch für Fa. Pengg AG, 20.4.2004

Brennstoff: Waldhackgut; w = 30,2 %

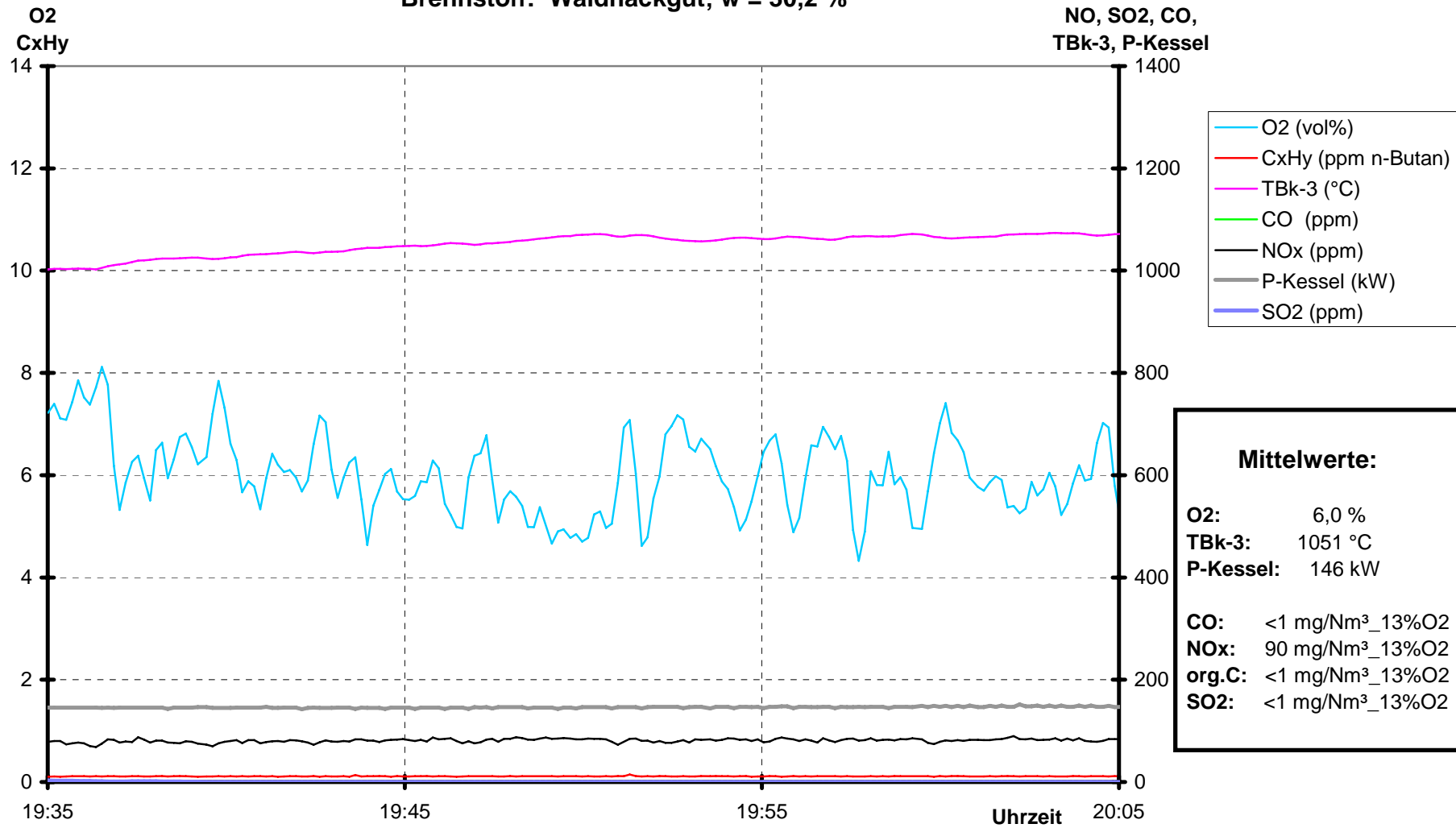


Abbildung 15: Ergebnisse des Verbrennungsversuchs mit dem Referenzbrennstoff (Waldhackgut)

1.1.3 Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse der „Verbrennungsversuche“

Tabelle 4 zeigt eine Übersicht über die Beurteilungswerte (Mittelwerte über 30 Minuten Betrieb) der Messergebnisse mit den verschiedenen Brennstoffen bzw. Brennstoffgemischen

Tabelle 4: Übersicht über die aus den Messergebnissen errechneten Beurteilungswerte

Beurteilungswert	Mischung 1	Mischung 2	Mischung 3	Mischung 4	Referenz- brennstoff
O ₂ -Konzentration (%)	6,5	6,5	6,2	7,0	6
Brennkammer- temperatur (°C)	921	937	1006	1013	1051
Kesselleistung (kW)	141	144	150	149	146
CO-Konzentration (mg/Nm ³ ; 13 % O ₂)	2	< 1	< 1	< 1	< 1
NO _x -Konzentration (mg/Nm ³ ; 13 % O ₂)	88	91	107	108	90
C _x H _y -Konzentration (mg/Nm ³ ; 13 % O ₂)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
SO ₂ -Konzentration (mg/Nm ³ ; 13 % O ₂)	< 1	< 1	5	10	< 1

Die gasförmigen Standardemissionen liegen bei allen gemessenen Brennstoff-Mischungen weit unter den gesetzlich zulässigen Grenzwerten (Stmk. Feuerungsanlagen-Genehmigungsverordnung und Feuerungsanlagenverordnung für gewerbliche Anlagen (GW-FAV)).

Bei „Waldhackgut, Seife und Papier“ sind CO (GW-FAV: 100 mg/Nm³), org.C (GW-FAV: 20 mg/Nm³) und SO₂ unter 1 mg/Nm³, bezogen auf 13 % O₂.

Bei Folien- und Gewerbemüllanteil liegen die NO_x-Werte mit 108 mg/Nm³ bezogen auf 13 % O₂ um ca. 20 % höher als jene beim Referenzbrennstoff Waldhackgut, sie sind jedoch trotzdem noch weit unter dem zulässigen Grenzwert (GW-Stmk: 225 mg/Nm³). Auch leichte SO₂-Emissionen treten hier auf, die jedoch ebenfalls kein Problem darstellen.

Die Brennstoffförderung der stückigen Brennstofffraktionen ist problemlos.

Bei der pulvrigen Seife, die mit der eigens hierfür erstellten Vorrichtung zudosiert wird, ist darauf zu achten, dass keine größeren Fremtteile (z. B. Drahtstücke) enthalten sind, die Zuführungseinrichtung blockieren können.

Bei der Glutbettausbildung und beim Ascheanfall wurden keinerlei Auffälligkeiten (wie zum Beispiel Verschlackung) beobachtet.

Ergebnisse von Arbeitsschritt 4: „Aschenanalysen“

Die Asche aus dem Verbrennungsversuch mit der Brennstoffmischung 5, also jener Brennstoffmischung, die die höchste Kontamination der Asche mit allfälligen Problemstoffen erwarten lässt, wurde von der Forschungsgesellschaft Technischer Umweltschutz (Wien) auf Deponiefähigkeit untersucht. Der Untersuchungsbefund ist in Abschnitt 7.4 vollständig wiedergegeben. Die Zusammenfassung der Ergebnisse wird daraus nachstehend wie folgt zitiert:

Auf Grund des guten Ausbrands, dokumentiert durch den TOC-Wert und dem niedrigen PAK-(Gesamt)-Wert sind die weiteren organischen Summenparameter wie EOX und TBS für das gegenständliche Material nicht relevant. Die Bewertung ergibt derzeit die Zuordnung zu einer Massenabfalldeponie, da für die Baurestmassendeponie der Abdampfrückstand und der Blei Wert (Eluat und Gesamt) zu hoch ist. Für die Reststoffdeponie ist wiederum der pH-Wert zu hoch.

(Zitat Ende)

Ergebnisse von Arbeitsschritt 5: „Berücksichtigung neuer Aspekte bei der Nutzung regenerierbarer Energieträger“

In Arbeitsschritt 5 wurden die Möglichkeiten des Einsatzes erneuerbarer Energieträger sowie die Möglichkeiten der Abwärmenutzung im Betrieb Joh. Pengg AG unter Berücksichtigung neuer Aspekte, die in /1/ noch nicht bekannt waren, aktualisiert und als Vorbereitung für Arbeitsschritt 6 spezifiziert.

Eine Aufstellung der Abfallmengen im Jahr 2003 findet sich in Tabelle 5.

Bei der Auswahl zum Einsatz kommenden Brennstoffe sind die Auswirkungen jener Brennstoffe zu berücksichtigen, die gegebenenfalls dazu führen würden, dass die Anlage unter den Begriff „Abfallverbrennungsanlage“ fällt:

- Allfällige gesetzliche Auflagen bei der Verbrennung von Stoffen, die unter „Abfallverbrennung“ fallen (Messtechnische Ausrüstung für ständige Messungen, wiederkehrende Prüfungen)
- Allfällige zusätzliche technische Einrichtungen für die Verbrennung dieser Stoffe bzw. für die Abscheidung allfälliger Emissionen bis unter den vorgegebenen Grenzwert.

Aufgrund der damit verbundenen Aufwendungen im technischen Bereich und im Bereich der Überwachung des Anlagenbetriebs würde mit der Verbrennung dieser Stoffe ein erheblicher Kostensprung verbunden sein. Aus diesem Grund wurden für eine energetische Verwertung einvernehmlich von vorn herein nur jene Reststoffe herangezogen, die nicht unter den Begriff „Abfallverbrennung“ fallen. Sie sind in Tabelle 5 durch ein Sternchen gekennzeichnet und durch die Daten für Heizwert, dementsprechender Jahresenergie und Entsorgungskosten ergänzt.

Wie in Tabelle 5 ersichtlich ist die in den Abfällen enthaltene Energie von 391 MWh/a gering im Vergleich zum (ohne zusätzliche Wärmerückgewinnung) benötigten Brennstoffeinsatz von ca. 9,9 Mio kWh/a. Der Einsatz der Abfälle als Brennstoff ist daher hauptsächlich durch die dabei wegfallenden Entsorgungskosten von rund 14.900,-- €/a begründet.

Tabelle 5: Aufstellung der als Brennstoff in Frage kommenden Reststoffe der Fa. Joh. Pengg AG (Werte aus dem Jahr 2003)

Abfall-Nr	Bezeichnung	Menge (kg/a)	Heizwert (MJ/kg)	Energie (kWh/a)	Entsorgungskosten (€/a)	
12303	Ziehmittelrückstände	21.930	20	121.800	5.665,06	*)
12503	Fettemulsion	2.790				
17201	Holzabfälle	12.975	16	57.700	2.143,56	*)
18718	Papier u. Pappe unbeschichtet	12.513	18	22.500	896,00	*)
31637	Phosphatschlamm	59.240				
51113	Filterkuchen TS > 35%	69.870				
54102	Altöle	14.090				
54201	Ölgatsch	2.230				
54206	Zieh-Metallseifen	17.050				
54402	Bohr- und Schleifemulsion	260.660				
54408	Öl-Wassergemisch	4.370				
54701	Sandfanginh., Öl- u. Kaltreiniger	3.440				
54702	Ölabscheiderinhalte	1.490				
54710	Schleifmittelrückstände	42.630				
54715	Schlamm-Behälterreinigung	16.290				
54930	Ölkontaminierte Betriebsmittel	2.031				
55502	Altlacke-Farben-Lösemittel	167				
57119	Kunststofffolien	5.080	43	60.700	225,02	*)
59305	Laborabfälle	50				
59906	Gewerbemüll	29.060	16	129.155	5.967,48	*)
	Gesamt	564.981				
	Summen für die ausgewählten Brennstoffe			391.855	14.897,12	

*) ... ausgewählte Brennstoffe

Die in Tabelle 5 aufgelisteten ausgewählten Stoffe wurden in den Verbrennungsversuchen (siehe Abschnitt 3.3.2) erfolgreich eingesetzt. Man kann daher davon ausgehen, dass sie von der Fa. Pengg im verfügbaren Ausmaß als Brennstoffe verwendet werden können.

Ergebnisse von Arbeitsschritt 6: „Dimensionierung der Biomassefeuerung“

1.1.4 Ermittlung der benötigten Leistung

Die nach Durchführung der in den vorherigen Abschnitten beschriebenen Maßnahmen zur Energieeinsparung benötigte Leistung ergibt sich aus dem derzeitigen Leistungsbedarf, abzüglich des nachstehend erläuterten, zu erwartenden Einsparungspotentials. Wird die Wärme für die Gebäudeheizung ebenfalls durch die Biomassefeuerung bereitgestellt, so erhöht sich die Leistung wiederum entsprechend wie weiter unten beschrieben.

Der derzeit benötigte Leistungsbedarf für den Prozess wurde näherungsweise als die unter Sommerbedingungen (also ohne Heizung) von den Gaskesseln abgegebene Wärme bestimmt. Die benötigte Spitzenleistung ist der „Momentanwert“ der Leistung bei regulärem Vollastbetrieb. Sie wurde im Juni 2003 sowohl brennstoffseitig als auch verbraucherseitig gemessen. Es ergab sich eine Brennstoff-Einsatzleistung (Gas) von 1.060 kW; die verbraucherseitig abgenommene Leistung betrug 456 kW zuzüglich 60 kW Elektroheizung. Dieser Leistungsbedarf setzt sich wie folgt zusammen:

- Leistungsbedarf _(derzeit) Beizerei:	320	kW
- Leistungsbedarf _(derzeit) Patentieren 1, Trocknen Spülen:	36	kW
- <u>Leistungsbedarf_(derzeit) Patentieren 4:</u>	<u>100</u>	<u>kW</u>
- Zwischensumme:	456	kW
- <u>Leistungsbedarf Patentieren 1, Elektroheizung</u>	<u>60</u>	<u>kW</u>
Leistungsbedarf Prozesswärme gesamt (derzeit)	516	kW

Aus dem Verhältnis der Brennstoff-Einsatzleistung von 1.060 kW und der Summe der aus dem Heizsystem abgenommenen Leistungen von 456 kW ergibt sich ein Gesamtwirkungsgrad des Systems von 43 %. Ursachen für diesen geringen Wirkungsgrad sind:

- Geringe Auslastung des Kessels (nur einer der Gaskessel war in Betrieb, jedoch alle 3 Gaskessel waren „warm“)
- Hohe Verluste in nicht aktiven Rohrleitungen
- Hoher Luftüberschuss bei der Verbrennung

Man kann annehmen, dass unter Winterbedingungen bei wesentlich höheren Leistungen ein höherer Wirkungsgrad der Gaskessel gegeben ist. Dieser Wert wurde mit 70 % angenommen. Die im Winter unter vergleichbaren Betriebsbedingungen in Bezug auf den Prozess gemessene-

ne Brennstoff-Einsatzleistung betrug 1.606 kW. Mit Hilfe der oben genannten Daten konnte auf die Leistung für die Beheizung der Halle zurückgerechnet werden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 dargestellt. Die strichlierten Pfeile deuten bis zur Zeile 6 an, auf welchem „Weg“ die einzelnen Daten schrittweise berechnet wurden.

Wie in Zeile 5 ersichtlich errechnet sich eine Gas-Einsatzleistung für die Beheizung der Halle in der derzeitigen Situation von 954 kW. Während der Messungen (Februar 2003) herrschte eine mittlere Außentemperatur von - 4,5 °C, was bei einer Lufttemperatur von 18 °C in der Halle einer Temperaturdifferenz von 22,5 K entspricht. Wird die Gas-Einsatzleistung auf eine Außentemperatur von - 20 °C linear hochgerechnet, so ergibt sich ein Wert von 1.611 kW. Bei einem Wirkungsgrad 70 % entspricht dies einer Brennstoff-Einsatzleistung von 1.128 kW (Zeile 6).

In den Zeilen 8 bzw. 9 wurde die Brennstoff-Einsatzleistung bei Sanierung des gesamten Wärmesystems unter der Annahme eines Wirkungsgrads von 90 % (neuer Kessel, neue Leitungen im Heizsystem) berechnet. Es ergaben sich Werte von 1.760 kW im Winter und 507 kW im Sommer.

In den Zeilen 10 und 11 sind Einsparungspotentiale im Bereich der Beizelei, die sich einerseits durch die Umstellung der Bäder von Dampfbeheizung auf Warmwasserbeheizung, andererseits durch eine verbesserte Wärmedämmung der Bäder ergeben, angeführt.

- Einsparung durch Umstellung auf ein geschlossenes Warmwassersystem statt Dampf

Der Wärmebedarf der Bäder beträgt derzeit 320 kW. Die Beheizung der Bäder mit einem geschlossenen Warmwassersystem anstatt wie bisher mit Frischdampf reduziert den Wärmebedarf um 90 kW auf 230 kW. Bei einem neuen Kessel mit einem Wirkungsgrad von 90 % entspricht dies einer Einsparung an Brennstoff-Einsatzleistung von ca. 100 kW.

- Einsparung durch verbesserte Wärmedämmung

Durch eine verbesserte Wärmedämmung kann der Wärmeverlust der Bäder um ca. 100 kW reduziert werden. Bei einem neuen Biomassekessel mit einem Wirkungsgrad von 90 % entspricht dies einer Einsparung an Brennstoff-Einsatzleistung von ca. 111 kW.

In Zeile 12 wurde die Brennstoff-Einsatzleistung berücksichtigt, die sich zusätzlich ergibt, wenn die derzeitigen 60 kW Elektroheizung ebenfalls durch das neue Wasserheizsystem abgedeckt werden. Sie beträgt bei einem neuen Heizsystem mit 90 % Wirkungsgrad 67 kW.

Wie in den Zeilen 13 und 14 ersichtlich, ergibt sich unter diesen Bedingungen ein Brennstoff-Leistungsbedarf von 1.616 kW im Winter und 363 kW im Sommer.

Tabelle 6: Übersicht über Wärmebedarf und Einsparungspotentiale

	Leistung in kW	Beizerei	Patentieren 1		Patentieren 4	Hallenheizung	Büroheizung	Summe
			Trocknen Spülen	Wässrige Bäder Ersatz E-Wärme				
1	Prozess-Leistungsbedarf derzeit (Dampf)	320 berechnet	36 gemessen		100 berechnet			456 gemessen u. berechnet
2	Wirkungsgrad Sommer	43 %	43 %		43 %			43 % = 456 / 1.060
3	Gas-Einsatzleistung für Prozesswärme im Sommer (Dampf)	744	84		232			1.060 gemessen
4	Wirkungsgrad Winter	70 % Annahme	70 % Annahme		70 % Annahme			
5	Gas-Einsatzleistung im Winter (Dampf) bei Außentemperatur = - 4,5 °C Extrapoliert für Außentemperatur = - 20,0 °C)	457	51		143	(954) (Differenz) 1.611		1.606 gemessen
6	Heizung-Leistungsbedarf (0,7)					1.128		
7	Wirkungsgrad nach Sanierung	90 %	90 %	90 %	90 %	90 %	90 %	
8	Brennstoff-Einsatzleistung nach Sanierung (eta = 90 %) Winter	356	40		111	1.253		1.760
9	Brennstoff-Einsatzleistung nach Sanierung (eta = 90 %) Sommer	356	40		111			507
10	- Einsparung (Dampfverzicht)	- 100						- 100
11	- Einsparung (Isolierung)	- 111						- 111
12	+ Stromwärme			+ 67				+ 67
13	Brennstoffeinsatzleistung Winter	145	40	67	111	1.253		1.616
14	Brennstoffeinsatzleistung Sommer	145	40	67	111			363
15	+ Büroheizung Messwert bei Außentemperatur = - 4,5 °C Extrapoliert für Außentemperatur = - 20,0 °C)						(349) 570	
16	Brennstoffeinsatzleistung Winter	145	40	67	111	1.253	570	2.186
17	Brennstoffeinsatzleistung Sommer	145	40	67	111			363

Zeile 15 enthält die Brennstoff-Einsatzleistung für die Beheizung der Büroräume. Sie wurde bei -4,5 °C Außentemperatur (Februar 2003) und 20 °C Raumtemperatur ermittelt. Die lineare

Umrechnung auf -20 °C Außentemperatur ergibt einen Wert von 570 kW. Wird diese ebenfalls vom neuen Wasserheizsystem abgedeckt, so beträgt der Brennstoff-Leistungsbedarf im Winter 2.186, im Sommer 363 kW.

Angesichts der großen Differenz zwischen dem Leistungsbedarf im Sommer und im Winter erscheint die ursprünglich allein ins Auge gefasste Variante des Ersatzes der 3 Gaskessel durch einen Biomassekessel, der möglichst die gesamte Wärme bereitzustellen im Stande ist, nicht von vornherein die wirtschaftlich günstigste zu sein, sondern es stehen für eine Verbesserung des Heizsystems nun grundsätzlich folgende 4 Varianten zur Diskussion:

- Variante 1:

- * Installation eines neuen (Biomasse-)Kessels und Sanierung des Heizsystems ausschließlich für die Prozesswärme: Brennstoffeinsatzleistung Sommer wie Winter: 363 kW
- * Beibehaltung der Heizung für das Bürogebäude mit 444 kW (installiert: $2 * 400 = 800$ kW Kesselleistung)
- * Umstellung der Hallenheizung auf Gas-Strahler (Gas-Einsatzleistung bei 100 % Wirkungsgrad 1.128 kW, siehe Tabelle 6, Zeile 6)
- * Verbinden der beiden Heizkreise zum Zweck der Schaffung bzw. Nutzung von Redundanz

- Variante 2:

- * Installation eines neuen (Biomasse-)Kessels und Sanierung des Heizsystems für die Prozesswärme und Heizung des Bürogebäudes:
 - Brennstoffeinsatzleistung Winter: $363 + 570 = 933$ kW
 - Brennstoffeinsatzleistung Sommer: 363 kW (= 39 % Teillast)
- * Umstellung der Hallenheizung auf Gas-Strahler (Gas-Einsatzleistung bei 100 % Wirkungsgrad 1.128 kW, siehe Tabelle 6, Zeile 6)

(Anmerkung: Diese Variante könnte auch realisiert werden, in dem einer der beiden Kessel für die Büroheizung (Brennstoffleistung 444 kW) durch einen etwas größeren mit 489 kW ersetzt wird, oder in dem man zu den beiden Kesseln einen dritten installiert, der im Bedarfsfall die fehlenden 45 kW aufbringt).

- Variante 3:

- * Installation eines neuen (Biomasse-)Kessels und Sanierung des Heizsystems für die Prozesswärme sowie Heizung des Bürogebäudes und der Hallen:

- Brennstoffeinsatzleistung Winter: $363 + 570 + 1.253 = 2.186 \text{ kW}$
- Brennstoffeinsatzleistung Sommer: 363 kW (= 17 % Teillast)

Da ein Betrieb bei 17 % Teillast nicht sinnvoll ist, wären in dieser Variante 2 Kessel, einer für 363 kW und einer für die restlichen 1.823 kW Brennstoff-Einsatzleistung erforderlich. Die Kesselleistung dieser Kessel beträgt in dem Fall rund 330 bzw. 1.700 kW.

- Variante 4:

- * Installation eines neuen (Biomasse-)Kessels und Sanierung des Heizsystems für die Prozesswärme sowie Heizung des Bürogebäudes und der Hallen unter Beibehaltung der beiden Gaskessel ($2 + 400 = 800 \text{ kW}$ abgegebene Leistung entsprechend 889 kW Brennstoffleistung) für die Beheizung des Bürogebäudes als Spitzenlastkessel:

- Brennstoffeinsatzleistung Biomasse-Grundlastkessel Winter: $363 + 570 + 1.253 - 889 = 1.297 \text{ kW}$
- Brennstoffeinsatzleistung Gas-Spitzenlastkessel Winter: 889 kW
- Brennstoffeinsatzleistung Biomasse-Grundlastkessel Sommer: 363 kW (= 28 % Teillast)

Welche der 4 Varianten die wirtschaftlich sinnvollste ist, kann nur anhand einer vollständigen Kostenrechnung erfolgen. Basis hierfür ist die Erstellung einer jährlichen Wärmebedarfsrechnung unter Berücksichtigung der Verbesserungsmaßnahmen, die im folgenden Abschnitt erfolgt.

1.1.5 Wärmebedarf nach Durchführung der Verbesserungsmaßnahmen

Die im Jahr 2003 in den einzelnen Monaten in den Gaskesseln verbrauchten Gasmengen sind in Tabelle 7 zusammengestellt. Aus den Gasmengen wurden die mit dem Brennstoff zugeführten Energiemengen und daraus die Brennstoffeinsatzleistung berechnet.

Tabelle 7: Verbrauchte Gasmengen 2003 und daraus abgeleitete Größen

2003	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Okt.	Nov.	Dez	Summen (gerundet)
Gasmenge (m ³)	8.622	88.765	93.920	95.803	65.567	51.960	41.610	49.396	68.759	101.206	68.538	100.930	925.000
Gas-Energie (kWh)	1.055.255	949.786	1.004.944	1.025.092	701.567	555.972	445.227	528.537	735.721	1.082.904	733.357	1.079.951	9.898.000
Gas-Leistung (kW)	1.446	1.301	1.377	1.404	961	762	610	724	1.008	1.483	1.005	1.479	
Wirkungsgrad Gaskessel (%)	70	70	70	70	43	43	43	43	43	70	70	70	
Wärmebedarf derzeit (kWh)	738.679	664.850	703.461	717.564	301.674	239.068	191.448	227.271	316.360	758.033	513.350	755.966	
Wirkungsgrad nach Sanierung (%)	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	
Brennstoff- Einsatzleistung (kW) nach Sanierung	1.012	911	964	983	413	327	262	311	433	1.038	703	1.036	
mittl. Brennstoff- Einsatzleistung Winter (kW)	949												
mittl. Brennstoff- Einsatzleistung Sommer (kW)					349								
Brennstoff-Energie nach Sanierung (kWh)	820.754	738.722	781.623	797.294	335.193	265.631	212.720	252.523	351.511	842.259	570.388	839.962	6.809.000
Einsparung durch Sanierung des Heizsystems (kWh/a)													3.089.000

Der Wirkungsgrad wurde gemäß Erläuterung (siehe Abschnitt 3.6.1) für die Sommermonate (Mai bis einschließlich September) mit 43 % berechnet und für die Wintermonate (Oktober bis einschließlich April) mit 70 % angenommen. Durch Subtraktion des Energieverbrauchs des neuen Heizsystems vom derzeitigen Energieverbrauch ergeben sich die Einsparung an Brennstoffeinsatzleistung nach der Sanierung des Heizsystems zu 3.089.000 kWh/a. Die damit verbundene Kosteneinsparung ergibt sich aus der Differenz zwischen den derzeitigen Energiekosten von 178.164,-- (entspricht 9.898.000 kWh/a Gas mal 0,018 €/kWh Gaspreis) und den Energiekosten nach der Sanierung des Heizsystems, die von den Kosten für den Biomasse-Brennstoff abhängen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 8 für Variante 3 mit unterschiedlichen Preisen für die Biomasse dargestellt.

Der Vergleich zu den Kosten für das Gas ergibt die allein aufgrund der Umstellung auf einen neuen Biomassekessel mögliche Einsparung an Brennstoffkosten.

Weiters sind noch die Einsparungen durch Maßnahmen zur Reduktion des Wärmebedarfs in einzelnen Prozessschritten, die im vorhergehenden Abschnitt bei der Ermittlung der benötigten Leistung bereits erläutert wurden, auch in Bezug auf die Energieeinsparung zu berücksichtigen. Sie werden nachstehend für Variante 3 und einen Preis für den Biomasse-Brennstoff von 0,014 €/kWh erläutert (siehe letzte Spalte in Tabelle 8). Dies ist der derzeitige Preis für Waldhackgut, was sozusagen dem „worst case“ entspricht. Da der Preis für den Biomasse-Brennstoff auf jeden Fall unter diesem Wert liegt, ist in jedem Fall mit einer höheren Einsparung zu rechnen.

- Einsparung im Bereich der Beizelei durch Umstellung auf ein geschlossenes Warmwassersystem statt Frischdampf

Die Einsparung an Brennstoff-Einsatzleistung während des Betriebs beträgt 100 kW (siehe Abschnitt 3.6.1). Für die Vollastbetriebsstunden ergibt sich ein Wert von 7.890 h/a. (Dieser Wert wurde aus dem mittleren Leistungsbedarf im Juni 2003 (327 kW, siehe Tabelle 7 und dem Energiebedarf für die Prozesswärme, entsprechend der Brennstoff-Einsatzleistung im Sommer, (363 kW, siehe Tabelle 6, letzte Zeile) berechnet: $327 / 363 * 8.760 = 7.890$). Die jährliche Energieeinsparung durch dieses Maßnahme beträgt bei einem Biomassepreis von 0,014 €/kWh somit $100 \text{ kW} * 7.890 \text{ h/a} = 789.000 \text{ kWh/a}$ bzw. 11.046,-- €a.

Tabelle 8: Jährliche Einsparungen und Kosten für verschiedene Preise für den Biomasse-Brennstoff (Variante 3, siehe Abschnitt 3.6.1)

Kosten für Biomasse-Brennstoff (€/kWh)	0,008	0,009	0,010	0,011	0,012	0,013	0,014
Derzeitige Energiekosten für Gas (€)	178.164	178.164	178.164	178.164	178.164	178.164	178.164
Derzeitige Energiekosten für Stromwärme (€)	44.030	44.030	44.030	44.030	44.030	44.030	44.030
Derzeitige Energiekosten	222.194	222.194	222.194	222.194	222.194	222.194	222.194
Energiekosten nach Sanierung des Heizsystems (€)	98.502	105.311	112.120	118.929	125.738	132.547	139.356
Zwischendifferenz: Einsparung durch Sanierung des Heizsystems (€)	123.692	116.883	110.074	103.265	96.456	89.647	82.838
Einsparung durch Reduktion von Prozesswärme durch Umstellung auf Warmwasser (€)	6.312	7.101	7.890	8.679	9.468	10.257	11.046
Einsparung durch Reduktion von Prozesswärme durch verbesserte Wärmdämmung (€)	7.008	7.884	8.760	9.636	10.512	11.388	12.264
Einsparung durch Nutzung betrieblicher Reststoffe (€)	3.136	3.528	3.920	4.312	4.704	5.096	5.488
Einsparung an Entsorgungskosten für betriebliche Reststoffe (€)	14.900	14.900	14.900	14.900	14.900	14.900	14.900
Ersatz von Strom durch Biomasse und dadurch entstehende Kosteneinsparung (€)	39.860	39.340	38.819	38.298	37.777	37.257	36.736
Einsparung gesamt (€)	194.908	189.636	184.363	179.090	173.817	168.545	163.272
Energiekosten nach Durchführung aller Maßnahmen bei 100 % Biomasseinsatz	27.286	32.558	37.831	43.104	48.377	53.649	58.922

- Einsparung durch verbesserte Wärmedämmung der Bäder der Beizerei

Die Einsparung an Brennstoff-Einsatzleistung während des Betriebs beträgt 111 kW (siehe Abschnitt 3.6.1). Für die Volllastbetriebsstunden wird der gleiche Wert wie oben, nämlich 7.860 h/a angesetzt.

Die jährliche Energieeinsparung durch diese Maßnahme beträgt somit $111 \text{ kW} * 7.890 \text{ h/a} = 876.000 \text{ kWh/a}$ bzw. 12.264,-- €a.

Weitere Einsparungen durch die Umstellung auf Biomasse ergeben sich durch den Einsatz betrieblicher Reststoffe in der Höhe von 392.000 kWh/a (siehe Abschnitt 3.5, Tabelle 5) entsprechend 5.488,-- €a.

Weiters sind die wegfallenden Entsorgungskosten für diese Reststoffe in der Höhe von 14.900,-- €a zu berücksichtigen (siehe ebenfalls Abschnitt 3.5, Tabelle 5).

Bei Ersatz der $60 \text{ kW}_{\text{el}}$ Elektro-Wärme (bzw. 66 kW Brennstoff-Leistung) über 7.890 Stunden pro Jahr ergeben sich 521.000 kWh/a zusätzlich. Die Kostendifferenz ergibt sich zu $7.890 \text{ h/a} * 60 \text{ kW}_{\text{el}} * 0,093 \text{ €/kWh}_{\text{el}} - 7.890 \text{ h/a} * 66 \text{ kW}_{\text{Brennstoff}} * 0,014 \text{ €/kWh}_{\text{Brennstoff}} = 44.030 \text{ €a} - 7.290 \text{ €a} = 36.736 \text{ €a}$.

Die insgesamt mögliche Kosteneinsparung beträgt somit bei Kosten für den Biomasse-Brennstoff von 0,014 €/kWh 163.340,-- €a.

1.1.6 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bezieht sich auf die gemäß Projektziel ins Auge gefassten Maßnahmen, im Sinne der Leitprinzipien nachhaltiger Technologieentwicklung der Programmlinie Fabrik der Zukunft möglichst viel Energie durch Biomasse zu ersetzen. Dies entspricht somit der in Abschnitt 3.6.1 erläuterten Variante 3.

- * Installation eines neuen (Biomasse-)Kessels und Sanierung des Heizsystems für die Prozesswärme sowie Heizung des Bürogebäudes und der Hallen:

- Ein Biomassekessel für Sommerbetrieb mit einer Kesselleistung von 330 kW
- Ein Biomassekessel zusätzlich für Winterbetrieb mit einer Kesselleistung von 1.700 kW.

Weiters wurde angenommen, dass im Zuge einer Sanierung auch alle erläuterten Maßnahmen zur Einsparung von Prozessenergie bzw. deren Kosten durchgeführt werden.

Für die unter diesen Voraussetzungen erzielbare Einsparung an Brennstoffkosten gelten die in der vorletzten Zeile von Tabelle 8 (siehe Abschnitt 3.6.2) genannten Beträge.

Die Investitionskosten für eine Biomassefeuerung mit einer Kesselleistung 330 kW betragen rund 448.000,- € jene für eine Biomassefeuerung mit einer Kesselleistung von 1.700 kW rund 680.000,- € Hinzu kommen Kosten für periphere Einrichtungen (Brennstofflager, Fördersysteme etc.), die großteils für beide Kessel gemeinsam genutzt werden können in der Höhe von ca. 170.000,- € für periphere Einrichtungen. Die gesamten Investitionskosten im Bereich der Biomassefeuerungen betragen somit 1.298.000,- € Die Investitionskosten der Maßnahmen für die Reduktion der Prozesswärme durch verbesserte Wärmedämmung bei den Bädern der Beizerei sowie die Investitionskosten für die Erneuerung des Heizsystems selbst bleiben hier unberücksichtigt, weil sie nicht „biomasse-spezifisch“ sind bzw. das Heizsystem aufgrund seines Alters ohnehin als erneuerungsbedürftig anzusehen ist.

Für Wartung und Instandhaltung sind Kosten von 2.000 €/a anzusetzen /1/.

Die Kosten für die Deponierung der Asche betragen bei Deponiekosten von 193 €/t (Massenabfalldeponie /2/) unter der Annahme „reiner“ Asche entsprechend ca. 0,2 % der Brennstoffmasse (also ohne Metallteile etc.) bei einem angenommenen Heizwert des Brennstoffs von 4,0 kWh/kg 513,- €/a. ($5.319.000,- \text{ kWh/a} / 4 \text{ kWh/kg} * 0,002 \text{ kg}_{\text{Asche}}/\text{kg}_{\text{Brennstoff}} * 0,193 \text{ €/kg} = 513,- \text{ €/a}$). Aufgrund der Verwertung des betriebseigenen Gewerbemülls (Paletten u. dergl.) ist jedoch mit einem gewissen Anteil von Metallteilen (Nägeln, Drähten) und dergl. in der Asche zu rechnen. Unter der Annahme, dass sich der Massenanteil der Asche aufgrund der Metallteile von 0,2 % auf 0,4 % verdoppelt, so führt dies zur Verdoppelung der Entsorgungskosten auf 1.026,- €/a. (Anmerkung: Diese Kosten könnten dadurch reduziert werden, dass nur im kleineren Kessel „kontaminierter“ Brennstoff mitverbrannt wird. Somit wäre auch nur die Asche des kleineren Kessels auf einer Massenabfalldeponie zu entsorgen. Die Durchführbarkeit in Bezug auf die Emissionen und die Aschenkontamination wurde in den Verbrennungsversuchen für diese geringe Leistung nachgewiesen (siehe Abschnitt 3.3)).

Werden die Kosten für Wartung und Instandhaltung sowie Aschendeponie von den eingesparten Brennstoffkosten abgezogen, so verbleiben für den Kapitaldienst die in der vorletzten Zeile von Tabelle 8 genannten Beträge, abzüglich 2.500,- €/a für Wartung und Instandhaltung und 1.026,- €/a für die Entsorgung der Asche.

Tabelle 9 zeigt eine Zusammenstellung der Ergebnisse, ergänzt um die daraus resultierenden Kapitalwiedergewinnungsfaktoren und Amortisationszeiten für verschiedene Zinssätze.

Wie ersichtlich liegen die Amortisationszeit für die beschriebenen Maßnahmen bei Kosten für den Biomasse-Brennstoff zwischen 0,08 und 0,14 €/kWh und Zinssätzen zwischen 2 % und 5 % und im Bereich zwischen 7,4 und 10,7 Jahren.

Tabelle 9: Amortisationszeiten für verschiedene Biomasse-Brennstoffkosten und Zinssätze

Kosten für Biomasse-Brennstoff (€/kWh)	0,008	0,009	0,010	0,011	0,012	0,013	0,014
Einsparung (€/a) (aus Tabelle 8)	194.908	189.636	184.363	179.090	173.817	168.545	163.272
- Wartung, Instandhaltung	- 2.500	- 2.500	- 2.500	- 2.500	- 2.500	- 2.500	- 2.500
- Aschenentsorgung	- 1.026	- 1.026	- 1.026	- 1.026	- 1.026	- 1.026	- 1.026
verbleibender Kapitaldienst (€/a)	191.382	186.110	180.837	175.564	170.291	165.019	159.746
k-Faktor bei Investitionskosten von 1.298.000,-- €	0,1474	0,1434	0,1393	0,1353	0,1312	0,1271	0,1231
Amortisationszeiten für versch. Zinssätze (Jahre)							
2,0 % p.a.	7,4	7,6	7,8	8,1	8,4	8,6	9,0
2,5 % p.a.	7,5	7,8	8,0	8,3	8,6	8,9	9,2
3,0 % p.a.	7,7	7,9	8,2	8,5	8,8	9,1	9,5
3,5 % p.a.	7,9	8,1	8,4	8,7	9,0	9,4	9,7
4,0 % p.a.	8,1	8,3	8,6	8,9	9,3	9,6	10,0
4,5 % p.a.	8,3	8,6	8,9	9,2	9,5	9,9	10,3
5,0 % p.a.	8,5	8,8	9,1	9,5	9,8	10,2	10,7

Bewertung der Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die in den vorangegangenen Kapiteln dargestellten Ergebnisse hinsichtlich der Umsetzung in der Fa. Joh. Pengg AG, der Übertragbarkeit auf andere Betriebe und Industriezweige sowie im Hinblick auf Nachhaltige Technologieentwicklung bewertet.

Umsetzung in der Fa. Joh. Pengg AG

Bei den durchgeführten Untersuchungen und den daraus abgeleiteten Ergebnissen war die Umsetzbarkeit in der Fa. Joh. Pengg AG das vorrangige Ziel. Aufbauend auf den Ergebnissen des Projektes „Abwärmenutzung und Einsatz Erneuerbarer Energieträger in einem metallverarbeitenden Betrieb“ /1/ wurden im gegenständlichen Projekt die Teilbereiche

- Analysen und experimentelle Untersuchungen betreffend das Ersetzen v. Dampf durch Heißwasser,
- Verbrennung betriebseigener Reststoffe,
- Chemische Analyse der Aschen der betriebseigenen Reststoffe,
- Berücksichtigung neuer Aspekte bei der Nutzung regenerierbarer Energieträger und
- Dimensionierung der Biomassefeuerung

detailliert untersucht. Dabei wurde das Hauptaugenmerk, in enger Zusammenarbeit mit der Fa. Joh. Pengg AG, auf die praktische Umsetzbarkeit der Ergebnisse gelegt.

Übertragbarkeit auf andere Betriebe und Industriezweige

Obwohl es sich bei den betrachteten Fragen um sehr spezielle Verfahren, welche bei der Fa. Joh. Pengg AG eingesetzt werden, handelt, sind die Ergebnisse zum größten Teil aber auch auf andere Betriebe und Industriezweige übertragbar.

Die Einsparung von Prozesswärme sowie die Nutzung von Biomasse, insbesondere von betriebseigenen Reststoffen ist in allen Betrieben, in welchen Wärme in Produktionsprozessen erforderlich ist, von Bedeutung. Dies ist nicht nur in der metallverarbeitenden Industrie der Fall sondern beispielsweise auch in der Lebensmittelindustrie. Die dargelegten Rahmenbedingungen für eine effiziente energetische Sanierung sind allgemein gültig.

Bewertung im Hinblick auf Nachhaltige Technologieentwicklung

Im folgenden werden die Ergebnisse dieses Projektes in Bezug auf die in der Programmlinie „Nachhaltig Wirtschaften“ definierten Sieben Leitprinzipien Nachhaltiger Technologieentwicklung betrachtet. Dabei ist zu beachten, dass eine allgemeine Betrachtung dieser Leitprinzipien bereits im FdZ-Projekt „Abwärmenutzung und Einsatz Erneuerbarer Energieträger in einem metallverarbeitenden Betrieb“ /1/ erfolgte und parallel zu diesem Projekt zwei weitere FdZ-Projekte („Ressourceneffizienzsteigerung durch Optimierung der Filterreinigung mittels Abwärmenutzung in einem metallverarbeitenden Betrieb“ /3/ und „Ressourceneffizienzsteigerung durch experimentelle Optimierung von Wärmebehandlungsprozessen in der metallverarbeitenden Industrie“ /4/) gemeinsam mit der Fa. Joh. Pengg AG durchgeführt wurden. Eine Betrachtung der Sieben Leitprinzipien Nachhaltiger Technologieentwicklung nur für das gegenständliche Projekt alleine wäre unausgewogen, da auch in den anderen beiden Projekten Detailuntersuchungen durchgeführt wurden, und sich daher für ein einzelnes Projekt kein abgerundetes Bild ergibt, sehr wohl aber für alle drei Projekte gemeinsam. Die in den Abschnitten 4.3.1 bis 4.3.7 erläuterten Betrachtungen gelten daher für alle 3 Projekte gemeinsam.

Nachhaltige Entwicklung ist für die nachstehenden Betrachtungen folgendermaßen definiert (Zitate aus der Ausschreibung „Fabrik der Zukunft“ in der Folge *kursiv*):

Nachhaltige Entwicklung („sustainable development“) soll den ökonomischen, ökologischen und sozialen Bedürfnissen der heutigen Gesellschaft gerecht werden, ohne dadurch zukünftigen Generationen die Möglichkeiten der freien Entwicklung zu nehmen

1.1.7 Prinzip der Dienstleistungs-, Service- und Nutzenorientierung

In einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung ist die Bereitstellung von Energie, Gütern und Produkten nicht primär von reinen Versorgungsüberlegungen (was kann wo angeboten und verkauft werden) geprägt, sondern konzentriert sich zunächst auf die mit Energie, Gütern und Produkten zu erfüllenden Funktionen bzw. Dienst- oder Serviceleistungen.

Die Herstellung von Gütern in der Fabrik der Zukunft konzentriert sich in diesem Falle auf die mit Energie und Rohstoffen zu erfüllende Nutzungsorientierung, d. h. eine möglichst hohe Produktionsmenge bei möglichst geringem Energie- und Rohstoffeinsatz zu erreichen. Die im gegenständlichen Projekt durchgeführten Arbeiten zeigen, dass bei gleichbleibendem Output eine erhebliche Verringerung des Energieeinsatzes in der Produktion durch Umstellung der

Wärmeversorgung von Dampf auf Warmwasser sowie durch verschiedene Maßnahme zur Reduktion der Prozesswärme erreicht werden kann.

1.1.8 Prinzip der Nutzung erneuerbarer Ressourcen

Dabei ist die energetische und stoffliche Versorgung möglichst durch erneuerbare und/oder nachwachsende Ressourcen zu bewerkstelligen.

Die Untersuchung der Möglichkeiten der Nutzung erneuerbarer Energieträger in der Fa. Joh. Pengg AG ist eines der Ziele des gegenständlichen Projekts. Aus jetziger Sicht kann dieses Ziel aus technischer und wirtschaftlicher Sicht in die Praxis umgesetzt werden.

1.1.9 Effizienzprinzip

Wichtige Zielsetzung ist, Dienst- oder Serviceleistungen so energie- und materialeffizient aber auch so kosteneffizient wie möglich zu erfüllen.

Durch die Verringerung des Energieeinsatzes und durch die Umstellung von Dampf auf Warmwasser und die damit verbundene Energieeinsparung wird nicht nur die Energie- sondern auch die Kosteneffizienz der Drahtbearbeitung in der Fa. Joh. Pengg AG gesteigert.

1.1.10 Prinzip der Rezyklierungsfähigkeit

Besonders in den Bereichen, in denen die Nutzung erneuerbarer Ressourcen noch nicht oder nur schwer möglich ist, ist eine Rezyklierung oder kaskadische Nutzung der Ressourcen anzustreben.

Die Nutzung erneuerbarer Ressourcen wurde im gegenständlichen Projekt sowohl in Hinblick auf die energetische Nutzung betriebsinterner Reststoffe, als auch in Hinblick auf den Ersatz von fossilen Energieträgern durch Biomasse mit sehr positiven Ergebnissen untersucht.

1.1.11 Prinzip der Einpassung, Flexibilität, Adaptionsfähigkeit und Lernfähigkeit

Zukunftsverträgliche Entwicklungen sind als innovative, dynamische Prozesse zu begreifen, die in Bezug auf Technologie einerseits eine Einpassung an vorhandene (z. B. regionale) Rahmenbedingungen und Gegebenheiten, andererseits eine kontinuierliche Anpassung an neue Entwicklungen und Gegebenheiten erfordern.

Durch die ausführliche Analyse der Möglichkeiten der Reduktion von Prozesswärme, des Ersatzes von Biomasse durch fossile Energieträger und der energetischen Nutzung betriebseigener Reststoffe wird ein flexibler Einsatz ähnlicher Methoden in allen Sparten der Prozesstechnik ermöglicht.

1.1.12 Prinzip der Fehlertoleranz und Risikovorsorge

Auch die Vorsorge gegenüber Störfällen technischer Anlagen mit potentiellen Auswirkungen auf ganze Landstriche und zukünftige Generationen gehört zum Konzept einer „Nachhaltigen Entwicklung“.

Dem Prinzip der Fehlertoleranz und Risikovorsorge wird unter anderem durch den Einsatz zweier Biomasse-Kessel entsprochen.

1.1.13 Prinzip der Sicherung von Arbeit, Einkommen und Lebensqualität

Durch die Erhaltung und Schaffung von hochwertiger sinnvoller Arbeit einerseits, sowie einer lebenswerten Umwelt andererseits soll eine Erhöhung der Lebensqualität erreicht werden.

Die Steigerung der Energieeffizienz bewirkt eine Kostenreduktion in den Produktionsprozessen bei der Drahtherstellung. Dadurch wird die Konkurrenzfähigkeit der Fa. Joh. Pengg AG erhöht und somit Arbeit und Einkommen gesichert. Durch den geringeren Einsatz von fossilen Energieträgern, welcher durch die vorgeschlagenen Verbesserungsmaßnahmen sowie durch die Umstellung von Gas auf Biomasse als Energieträger erreicht wird, werden umweltschädliche Emissionen, insbesondere von Kohlendioxid, welches Hauptverursacher des anthropogenen Treibhauseffektes ist, gesenkt und es wird somit ein Beitrag zur Erhöhung der Lebensqualität geleistet.

Zusammenfassung der Ergebnisse

- Ergebnisse der Arbeitsschritte 1 und 2: „Analysen betreffend die vollständige Umstellung des Betriebs von Dampf auf Warmwasser“ bzw. „Experimentelle Untersuchungen betreffend das Ersetzen von Dampf durch Warmwasser“

Der Ersatz von Dampf durch Warmwasser ist in allen Bereichen des Betriebs technisch möglich und sinnvoll

- Ergebnisse von Arbeitsschritt 3: „Verbrennungsversuche“

Die Verbrennung der betrieblichen Reststoffe „Seife“, „Papier“, „Folien“ und „Gewerbemüll“ zusammen mit Waldhackgut im gegebenen Massenverhältnis ist ohne besondere technische Probleme möglich.

- Ergebnisse von Arbeitsschritt 4: „Aschenanalysen“

Die Bewertung durch die Forschungsgesellschaft Technischer Umweltschutz, Wien, ergab derzeit die Zuordnung zu einer Massenabfalldeponie, da für die Baurestmassendepotie der Abdampfrückstand und der Bleiwert (Eluat und Gesamt) zu hoch ist. Für die Reststoffdeponie ist wiederum der pH-Wert zu hoch. Die durch die Deponierung entstehenden Kosten belasten die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes der betrieblichen Reststoffe als Brennstoff nur unwesentlich.

- Ergebnisse von Arbeitsschritt 5: „Berücksichtigung neuer Aspekte bei der Nutzung regenerierbarer Energieträger“

Die Analysen haben ergeben, dass die in Tabelle 10 aufgelisteten betrieblichen Reststoffe sinnvoll als Brennstoffe genutzt werden können:

Tabelle 10: Betriebliche Reststoffe, die im Betrieb Joh. Pengg AG sinnvollerweise als Brennstoffe genutzt werden können:

Abfall Nr	Bezeichnung	Menge (kg/a)	Heizwert (MJ/kg)	Energie (kWh/a)	Energiekosten (€/a)	Entsorgungskosten (€/a)	Gesamteinsparung (€/a)
12303	Ziehmittelrückstände	21.930	20	121.800	1.705	5.665	7.370
17201	Holzabfälle	12.975	16	57.700	807	2.143	2.950
18718	Papier u. Pappe unbeschichtet	12.513	18	22.500	315	896	1.211
57119	Kunststofffolien	5.080	43	60.700	849	225	1.074
59906	Gewerbemüll	29.060	16	129.155	1.808	5.967	7.775
	Summe			391.855	5.486	14.897	20.338

- Ergebnisse von Arbeitsschritt 6: „Dimensionierung der Biomassefeuerung“

Bei der Dimensionierung der Biomassefeuerung wurden aus technischer Sicht 4 mögliche Varianten unterschieden:

- Variante 1:

- * Installation eines neuen (Biomasse-)Kessels und Sanierung des Heizsystems ausschließlich für die Prozesswärme: Brennstoffeinsatzleistung Sommer wie Winter: 363 kW
- * Beibehaltung der Erdgasheizung für das Bürogebäude mit 444 kW (installiert: 2 * 400 = 800 kW Kesselleistung)
- * Umstellung der Hallenheizung auf Gas-Strahler (Gas-Einsatzleistung 1.137 kW)
- * Verbinden der beiden Heizkreise zum Zweck der Schaffung bzw. Nutzung von Redundanz

- Variante 2:

- * Installation eines neuen (Biomasse-)Kessels und Sanierung des Heizsystems für die Prozesswärme und Heizung des Bürogebäudes:

- . Brennstoffeinsatzleistung Winter: 937 kW
- . Brennstoffeinsatzleistung Sommer: 363 kW (= 39 % Teillast)

- * Umstellung der Hallenheizung auf Gas-Strahler (Gas-Einsatzleistung 1.137 kW)

Diese Variante könnte auch realisiert werden, in dem einer der beiden Kessel für die Büroheizung (Brennstoffleistung 444 kW) durch einen etwas größeren mit 574 kW ersetzt wird, oder in dem man zu den beiden Kesseln einen dritten installiert, der im Bedarfsfall die fehlenden 130 kW aufbringt).

- Variante 3:

- * Installation eines neuer (Biomasse-)Kessels und Sanierung des Heizsystems für die Prozesswärme sowie Heizung des Bürogebäudes und der Hallen:

- . Brennstoffeinsatzleistung Winter: 2.200 kW
- . Brennstoffeinsatzleistung Sommer: 363 kW (= 16,5 % Teillast)

Da ein Betrieb bei 16,5 % Teillast nicht sinnvoll ist, wären in dieser Variante 2 Kessel, einer für 363 kW und einer für die restlichen 1.873 kW Brennstoff-Einsatzleistung. Die Kesselleistung dieser Kessel beträgt rund 330 bzw. 1.700 kW.

- Variante 4:

- * Installation eines neuen (Biomasse-)Kessels und Sanierung des Heizsystems für die Prozesswärme sowie Heizung des Bürogebäudes und der Halle unter Beibehaltung der beiden Gaskessel ($2 + 400 = 800$ kW abgegebene Leistung entsprechend 889 kW Brennstoffleistung) für die Beheizung des Bürogebäudes als Spitzenlastkessel:

Brennstoffeinsatzleistung Grundlastkessel Winter: 1.311 kW

Brennstoffeinsatzleistung Spitzenlastkessel Winter: 889 kW

Brennstoffeinsatzleistung Grundlastkessel Sommer: 363 kW (= 28 % Teillast)

Im Sinne der Leitprinzipien der Nachhaltigkeit der Programmlinie „Fabrik der Zukunft“ wurde jene Variante weiterverfolgt, bei der der größtmögliche Ersatz von fossilen Energieträgern durch Biomasse bewirkt wird. Es ist dies die oben genannte Variante 3.

Die Wirtschaftlichkeitsrechnung für diese Variante ergab folgende Eckdaten:

- Investitionskosten für zwei Biomassefeuerungen mit 330 bzw. 1.700 kW Kesselleistung: 1,298.000,-- €
- Amortisationszeiten bei Kosten für den Biomasse-Brennstoff zwischen 0,08 und 0,14 €/kWh und Zinssätzen zwischen 2 % und 5 % im Bereich zwischen 7,4 und 10,7 Jahren.

Literatur

- /1/ H. Bayer et. al.: „Abwärmenutzung und Einsatz Erneuerbarer Energieträger in einem metallverarbeitenden Betrieb“, Joanneum Research, Graz, Bericht Nr.: IEF-B-02/03, Juni 2003
- /2/ Land Steiermark, Fachabteilung 1 c, Abfallwirtschaft: „Steiermark 2004“, verfügbar im Internet unter der Adresse http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/10013767/3f56891d/Kurzbericht_SteiermarkModell_2004.pdf
- /3/ Enzinger P. et. al. „Ressourceneffizienzsteigerung durch Optimierung der Filterreinigung mittels Abwärmenutzung in einem metallverarbeitenden Betrieb“, Joanneum Research, Graz, Bericht Nr.: IEF-B-07/03, Dezember 2003
- /4/ Stiglbrunner R. et. al. „Ressourceneffizienzsteigerung durch experimentelle Optimierung von Wärmebehandlungsprozessen in der metallverarbeitenden Industrie“, Joanneum Research, Graz, Bericht Nr.: IEF-B-06/04, Juli 2004

Anhänge

Grundsätzliche Überlegungen zur Beheizung der Bäder der Beizerei

Die Beheizung der Bäder erfolgt zur Zeit mit Sattdampf mit ca. 100 °C. Außer dem Heißwasserbad werden alle Bäder der Beizerei mit Rohrschlangen-Wärmetauschern beheizt, die an der Badinnenseite an den Wänden montiert sind (Abbildung 16). Die Rohrschlangen bestehen aus Stahl. In den Rohren strömt der Dampf, der (bei teilweiser Kondensation) die benötigte Wärme durch die Rohrwand hindurch an die Badflüssigkeit abgibt. Die Badflüssigkeit wird durch keine eigene Vorrichtung umgewälzt.



Abbildung 16: Phosphatbad 2 (von der linken Badseite gesehen) aus dem die Flüssigkeit herausgepumpt ist; am Boden ist der Phosphatschlamm zu erkennen.

Das Heißwasserbad hingegen wird dadurch beheizt, dass der überschüssige Sattdampf und das angefallene Kondensat aus den Rohrschlangenwärmetauschern der anderen Bäder in das Heißwasserbad eingeleitet wird. Das diesbezügliche Schaltschema ist in Abbildung 17 ersichtlich.

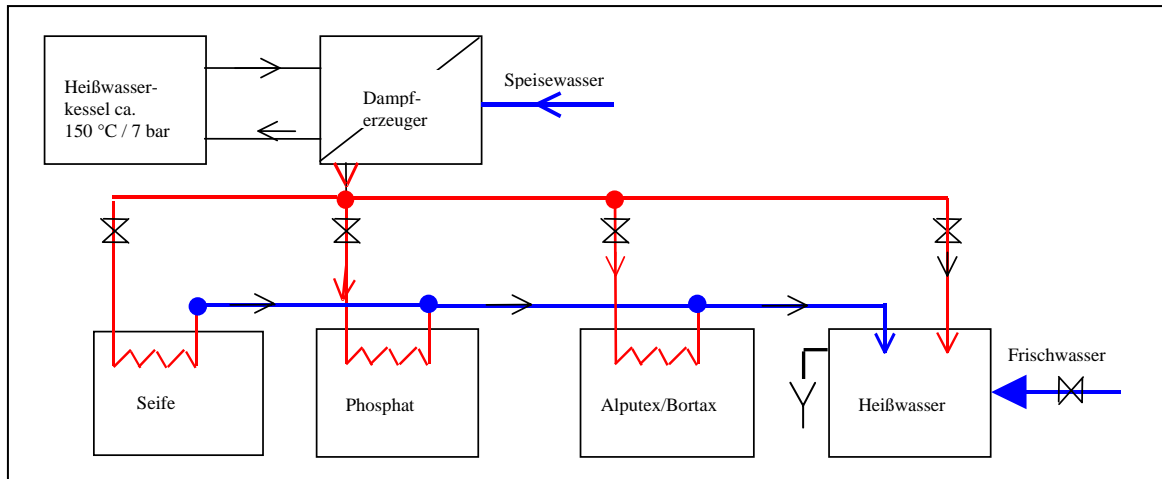


Abbildung 17: Schaltschema der Bäder in der Beizerei (Istzustand)

Bei Sattedampf ergibt sich ein etwa 10-facher Wärmeübergangskoeffizient (α) an der Rohrinnenseite gegenüber Heißwasser. Außerdem bleibt die Dampf- bzw. Kondensattemperatur konstant auf 100 °C, da die benötigte Wärmemenge durch die Kondensation bereitgestellt wird.

Wird jedoch Heißwasser durch die Wärmetauscherrohre geleitet, erfolgt die Leistungsabgabe durch Abkühlung des Heißwassers (Spreizung). Diese ist abhängig von der Wasserdurchflussmenge. Für die Wärmeübertragung ist die mittlere Mediums-Temperatur im Rohr ausschlaggebend. Wenn diese mittlere Temperatur auf 100 °C eingestellt wird (Vorlauf = 105 °C; Rücklauf = 95 °C) und dadurch gleich wie beim Sattedampf ist, ist aufgrund des schlechteren α - Wertes bei Heißwasser eine etwa 1,3-fach größere Wärmetauscherfläche bei gleicher Wärmeleistung vorzusehen.

Weiters ist die übertragbare Wärmeleistung von der Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Heizmedium-Temperatur im Rohr und umgebender Badtemperatur abhängig. Zum Beispiel erfordert eine Halbierung dieser Temperaturdifferenz eine Verdoppelung der Heizfläche.

$$P_{\text{therm}} = A * k * \Delta T$$

$$P_{\text{therm}} = \text{Wärmeleistung [kW]}$$

$$A = \text{Wärmetauscherfläche [m}^2\text{]}$$

$$k = \text{Wärmedurchgangskoeffizient [W/(m}^2\text{*K)]}$$

$$\Delta T = \text{Temperaturdifferenz [}^\circ\text{C]}$$

Bei einer geforderten Badtemperatur von 87 °C (Seife) steht bei einer mittleren Heizmediumtemperatur von 100 °C nur eine Temperaturdifferenz von 13 °C zur Verfügung. Würde in diesem Fall die mittlere Heizmediumtemperatur auf 95 °C gesenkt werden, müsste dadurch die Wärmetauscherfläche um das 1,6-fache vergrößert werden. Bei Heißwasser (Vorlauf = 100 °C; Rücklauf = 90 °C) würde dies gegenüber der bisherigen Beheizung mit Satttdampf eine Wärmetauscherflächenvergrößerung um das 2,1-fache ($1,3 * 1,6$) erfordern.

Heißwasser mit 105°C / 95 °C darf in einem konventionellen Heizkessel erzeugt werden. Dafür ist nur eine TÜV-Erstprüfung vor Ort erforderlich (STB 120°C).

Vorteile der Beheizung mit geschlossenem Heißwasserkreis (Abbildung 18) gegenüber bisheriger Beheizung mit Satttdampf:

- Keine Speisewasseraufbereitung für die Dampferzeuger (ca. 400 kg / h) erforderlich
- Einsparung von 30 kW Heizleistung die zum Aufwärmen dieser 400 kg/h von 15° C auf 80 °C (Ablauf aus Heißwasserbad) benötigt werden.
- Keine Frischwasserkühlung des Heißwasserbades notwendig. (ca. 800 kg/h Wasserverbrauch und ein Wärmeverlust von ca. 60 kW)
- Erzeugung des Heißwassers in einem modernen Kessel (Gas od. Biomasse) mit etwa 90 % Wirkungsgrad gegenüber derzeit etwa 40 %. (Einsparungspotential nur für die Beizeerei ca. 300 kW Brennstoffleistung wenn die vorherigen Einsparungen (30 kW + 60 kW, siehe oben) bereits berücksichtigt sind. Gegenüber dem jetzigen Zustand würde sich durch den höheren Wirkungsgrad ein Einsparungspotential von etwa 450 kW ergeben)
- Leichter überschaubare, automatische Standard-Temperaturregelungen für die einzelnen Bäder
- Durch die automatische Temperaturregelung wird auch eine zeitweise Abdeckung der Bäder möglich (zusätzliche Energieeinsparung)

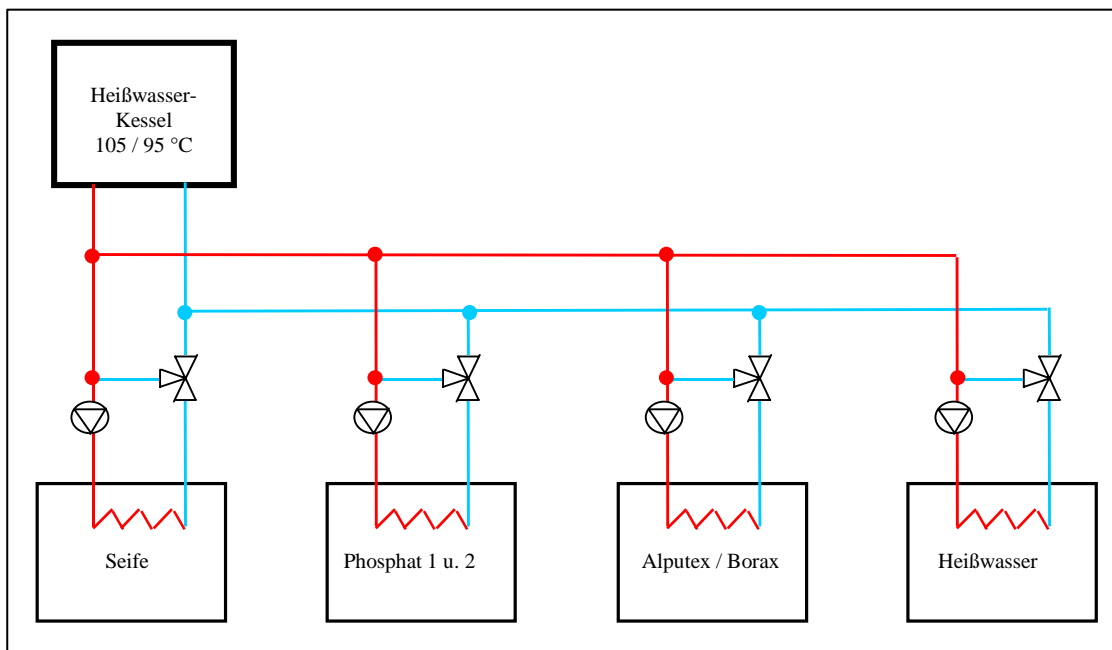


Abbildung 18: Vorgeschlagenes Schaltschema für die Beizerei

Auf den Wärmetauschern ist, außer in den Phosphatbädern, mit keinen nennenswerten Ablagerungen zu rechnen. Das Problem des Phosphatschlammes wird in den „Überlegungen zu den Phosphatbädern“ erläutert (siehe Abschnitt 7.3).

Das Problem der Aufheizzeit eines neu angesetzten Bades kann durch Abdeckung des Bades (= kleinerer Wärmeverlust) vermindert werden. Außerdem kann für alle Bäder ein gemeinsamer externer Wärmetauscher (Durchlauferhitzer) vorgesehen werden, in dem das Ansetzwasser beim Befüllen des Bades erwärmt wird. (Dafür könnten auch die bestehenden Dampferzeuger verwendet werden).

Es wäre auch zu überlegen, die Wannen der beheizten Bäder doppelwandig auszuführen („Flachheizkörper“). Da die dadurch vorhandenen Wärmetauscherflächen groß sind wären niedrigere Wandtemperaturen (Phosphatbad) möglich. Im Phosphatbad ist die Fläche der Bad-Innenwände (ohne Boden) ca. doppelt so groß wie die Fläche der bestehenden Wärmetauscher.

Wenn aus verfahrenstechnischen Gründen das Wasser im Heißwasserbad ständig erneuert werden muss, sollte das abfließende warme Wasser über einen Wärmetauscher das zufließende Wasser erwärmen.

Wenn in der Beizelei und gemäß den „Grundsätzlichen Überlegungen zur Beheizung der wässrigen Bäder von Patentieren 1“ (siehe Abschnitt 7.2) auch bei Patentieren 1 auf den Dampf verzichtet werden kann, wird er nur noch für sporadisches Aufheizen einiger wässriger Bäder verwendet. Wenn auch dafür eine Lösung gefunden wird kann auf den Dampf überhaupt verzichtet werden.

Heißwasser (150 °C, 6 bar), mit dem Dampf erzeugt wird, wird sonst für den Prozess nur noch zum Beheizen der wässrigen Bäder von Patentieren 4 verwendet. Diese Bäder könnten aber gleich wie Patentieren 1 beheizt werden (Abschnitt 7.2 „Grundsätzliche Überlegungen zur Beheizung der wässrigen Bäder von Patentieren 1“), wodurch dann das Heißwasser (150 °C) nur noch für Zwecke der Raumheizung und Brauchwassererwärmung verwendet wird. Dafür ist aber kein Heißwasser mit 150 °C und 6 bar (Dampfkesselverordnung !) notwendig. Somit könnte auf die Heißwasserkessel überhaupt verzichtet werden, und das benötigte Heizwasser könnte in einem Standard-Heizkessel (u. U. 105/95 °C) bereitgestellt werden. (Die Hallenbeheizung sollte entweder mit Abwärme oder Gasstrahlern erfolgen).

Bezüglich des Ersatzes des Heißwassers (150 °C / 6 bar) bzw. des daraus erzeugten Dampfes für die Prozesse bei Patentieren I und Patentieren IV ergaben die in den „Grundsätzlichen Überlegungen zur Beheizung der wässrigen Bäder von Patentieren I“ (Abschnitt 7.2) und den „Überlegungen zu den Phosphatbädern“ (Abschnitt 7.3), beschriebenen Überlegungen, dass eine Umstellung auf Warmwasserbeheizung wahrscheinlich in allen Fällen möglich ist. Sollte sich jedoch herausstellen, dass in einem speziellen Fall (z. B. Phosphatbäder) das Temperaturniveau nicht ausreichend hoch ist, ist für diesen Fall eine eigene Beheizung (z. B. elektrisch erwärmtes Wärmeträgeröl) sinnvoller.

Grundsätzliche Überlegungen zur Beheizung der wässrigen Bäder von Patentieren 1

Wenn auf eine Bereitstellung von Dampf verzichtet wird sind davon auch die Drahttrocknung und die Beheizung von Spülbad 2 betroffen. Alle anderen Bäder werden elektrisch beheizt.

Drahttrocknung:

Die Drahttrocknung erfolgt mit warmer Luft, die mit einem Ventilator in einem Trocknergehäuse zum Teil als Umluft geführt wird (Abbildung 19). Die Luft wird im Trocknergehäuse durch sattdampfbeheizte Rippenrohre (Abbildung 20) erwärmt. Die Wärmezufuhr erfolgt un-geregelt, es kann nur der Dampfdurchsatz mit einem Handventil eingestellt werden. Der über-

schüssige Dampf und das Kondensat werden dem Spülbad 2 zugeführt Die Trocknerleistung beträgt etwa 30 kW.



Abbildung 19: Trockenstrecke (sattendampfbeheizt)



Abbildung 20: Patentieren 1; geöffneter Trockner

Änderungsvorschläge:

- Heißwasser (105 / 95 °C) in einem geschlossenen Kreis durch die bestehenden Rippenrohre führen. Dies würde aufgrund des schlechteren Wärmeüberganges auf der Rohrin-

nenseite zu einer etwas reduzierten Heizleistung führen. Es wäre zu prüfen ob diese ausreicht.

- Oder in die Umluftleitung des Trockners ein Standard-Heizregister einbauen, wodurch auf den speziellen Wärmetauscher im Trocknergehäuse selbst verzichtet werden kann.
- In beiden Fällen könnte eine Leistungsregelung mittels Handventil oder eine Standard-Heizkreisregelung verwendet werden.

Spülbad 2 (Warmwasserbad):

Es wird der warme Draht aus dem Phosphatbad (ca. 80 °C) mit Warmwasser ($T = \max 50 \text{ °C}$ oder 25 °C laut Mail Krichbaum vom 6. 6. 2003) gespült bevor er in das Seifenbad kommt (siehe Abbildung 21). Die Heizleistung beträgt etwa 5 kW.



Abbildung 21: Phosphatbad, Spülbad 2, Seifenbad, Trockner

Wärmezufuhr ist notwendig da das Spülwasser laufend erneuert werden muss, und wegen der thermischen Verluste an die Umgebung. Das Spülwasser wird mit einer Pumpe umgewälzt.

Die derzeitige Beschaltung des Warmwasserbades (Spülbad 2) ist in Abbildung 22 dargestellt.

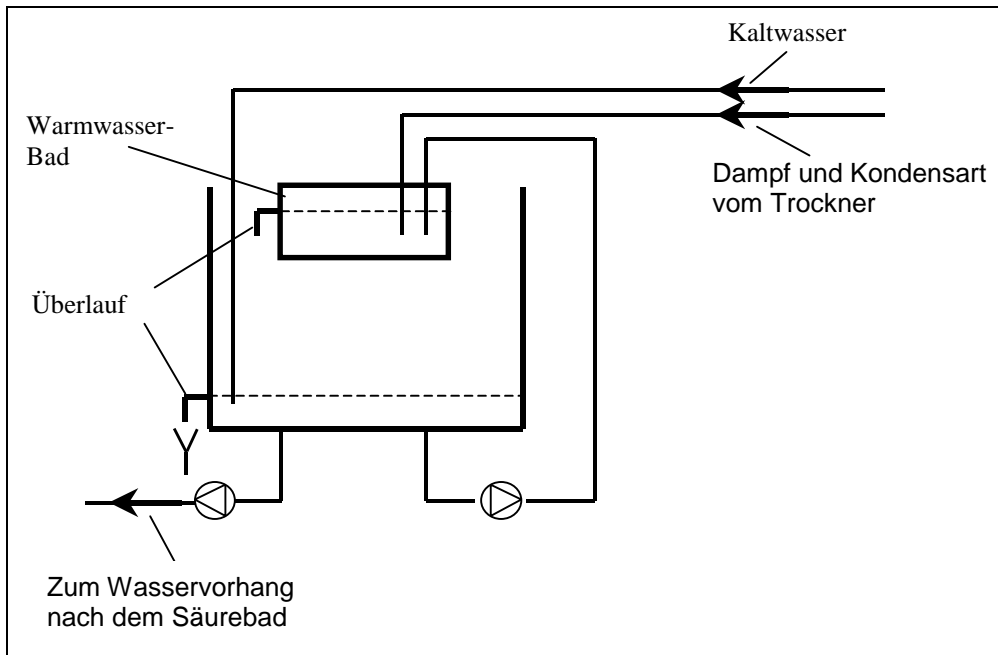


Abbildung 22: Derzeitige Beschaltung des Warmwasserbades (Spülbad 2)

Änderungsvorschlag:

- Das Konzept für die Beheizung mit einem Warmwasser-Heizkreis 105 / 95 °C ist in Abbildung 23 ersichtlich.

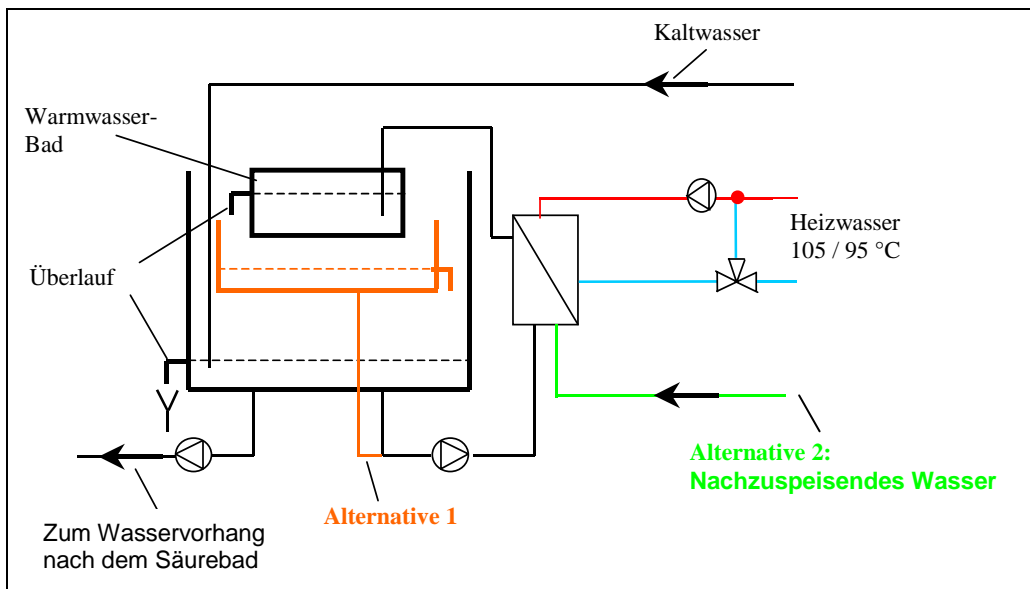


Abbildung 23: Schaltungskonzept bei Beheizung mit Warmwasser-Heizkreis

Wenn auf die Umwälzung des Spülwassers verzichtet werden kann, kann das nach-zuspeisende Wasser direkt erwärmt werden (Alternative 2). Dadurch könnte für beide Warmwasser-Bäder ein gemeinsamer Wärmetauscher verwendet werden

Statt des Überlaufes in den Kanal wäre eine Wasser-Niveauregelung günstiger.

Es soll überlegt werden ob es sinnvoll ist mit dem warmen Wasser vom Spülbadabfluss über einen Wärmetauscher den Spülbadzufluss vorzuwärmen.

Seifenbad:

Es besteht kein dringender Handlungsbedarf, da das Bad elektrisch beheizt wird und relativ neu ist.

Aus Gründen der Energieeffizienz kann eine Schaltung analog zum Warmwasserbad realisiert werden, wobei jedoch eine Badtemperatur über 85 °C nur schwer erreichbar ist. (95 °C laut eigenen Berechnungen“ oder 75 °C laut Angaben der Fa. Joh. Pengg AG).

Auffällig ist die relativ hohe benötigte Heizleistung von etwa 18 kW (Angabe der Fa. Joh. Pengg AG) da die Bäder selbst nur sehr klein sind und für die Drahterwärmung theoretisch nur 1,35 kW benötigt werden. Auf das eingeschleppte Wasser dürften zusätzlich nur ca. 3 kW entfallen.

Aktivierungsbad:

Es besteht ebenfalls kein dringender Handlungsbedarf, da die beiden Bäder elektrisch beheizt werden und relativ neu sind.

Aus Gründen der Energieeffizienz kann eine Schaltung analog zum Warmwasserbad realisiert werden. Es werden pro Bad nur ca. 2 kW bei 40 °C benötigt.

Phosphatbad:

Die beiden Phosphatbäder hängen jeweils in einer Wanne mit Wärmeträgeröl, das elektrisch mit Heizstäben auf ca. 120 °C beheizt wird. Die Badtemperatur beträgt etwa 80 °C. Die Heizleistung pro Bad beträgt ca. 20 kW (siehe Abbildungen 25 bis 27).

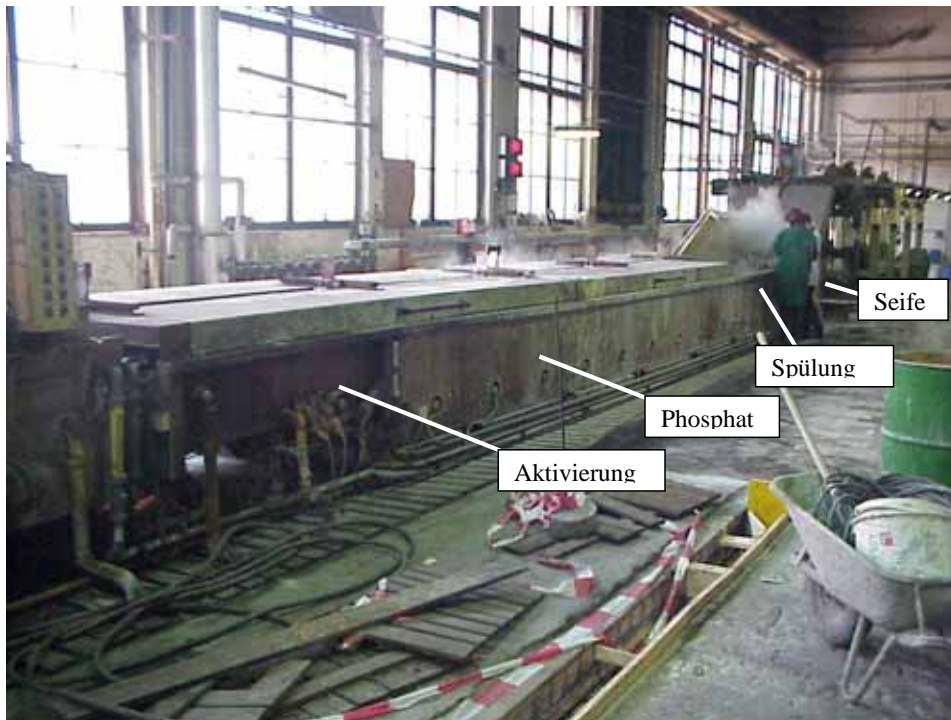


Abbildung 25: Wässrige Bäder



Abbildung 26: Patentieren 1; links eingesetzte Phosphatbad-Wanne, rechts Ölwanne



Abbildung 27: Ölwanne (elektr. beheizt) für indirekte Beheizung des Phosphatbades 2

Eine Umstellung auf Beheizung mit Warmwasser 105 °C erscheint schwierig, da die zur Verfügung stehende Temperaturdifferenz klein ist, und der Wärmeübergang durch Ablagerung von Phosphatschlamm an den Wärmetauscherflächen behindert wird.

Eine bessere Umwälzung des Wärmeträgeröls zur Verbesserung der Wärmeübertragung wäre zu überlegen. Das Thema Phosphatbäder wird ausführlicher in den „Überlegungen zu den Phosphatbädern“ behandelt.

Die Verwendung von „Abwärme aus der Linie“ ist bei Patentieren 1 nicht sinnvoll da Abwärme nur beim gasbeheizten Glühofen anfällt und diese Wärmemenge – etwa 2 kW – zu gering ist.

Für Patentieren 4 gelten im Prinzip die gleichen Überlegungen. Die nutzbare Abwärme des Glühofens beträgt dort etwa 80 kW (muss noch nachgemessen werden) und hat somit eine Größenordnung wo eine Nutzung überlegenswert ist.

Patentieren 1 Leistungen bei den wässrigen Bädern

Berechnen der Verluste:

- Berechnete Oberflächenverluste

$$Q_s = 3,3 \text{ kW}$$

- Berechnete Verdunstungsverluste

$$Q_{\text{Verd}} = 9,1 \text{ kW}$$

- Drahterwärmung, bei extremer Annahme dass Draht jeweils Bad- und Spületeperatur annimmt (Mail Krichbaum / 6.6.03).

$$Q_{\text{Draht}} = 3,1 \text{ kW}$$

In Summe ergibt das 15,4 kW (/1/)

Dem gegenüber steht die gemessene elektrische Heizleistung (Angerer 27.5.03) von

- Aktivatorbad = 3,5 kW

- Phosphatbad = 39 kW

- Seifenbad = 17,8 kW

Summe = 60,3 kW (/2/)

Die Differenz von (/2/) und (/1/) von ca 45 kW ist nur durch verschlepptes Wasser (Drahtoberfläche) erklärbar.

Diese Wassermenge müsste beim Phosphatbad ([39 kW elektr – 1,2 kW Drahterwärmung von 35 -> 80 °C – ca. 7 kW anteiliger Oberflächenverlust] = 30,8 kW) einer Wassermenge von ca. 600 kg /h entsprechen. Dies ist aber auch nicht möglich, da dies zu einer enormen Verdünnung des Phosphatbades führen würde.

(Ähnliche Verhältnisse gelten für das Seifenbad)

Überlegungen zu den Phosphatbädern

1.1.14 Grundsätzliches

Patentieren 1

Es gibt pro Seite ein Phosphatbad. Dieses hängt in einer Wanne mit Wärmeträgeröl, welches auf ca. 120 °C elektrisch beheizt wird (siehe Abbildungen 26 und 27 in Abschnitt 7.2). Die Badtemperatur beträgt etwa 80 °C. Die Wärmetauscherfläche besteht aus den Seitenwänden und dem Boden des Bades und beträgt etwa 11 m². Die Heizleistung pro Bad beträgt ca. 20 kW. Der Draht wird kontinuierlich durch das Bad gezogen.

Patentieren 4

Es gibt pro Seite ein Phosphatbad. Dieses wird mit 2 Rohrschlangen-Wärmetauschern mit Heißwasser 150 °C/ 6 bar beheizt (Abbildung 28). Die Badtemperatur beträgt ebenfalls etwa 80 °C. Die Wärmetauscherfläche besteht aus der Oberfläche der beiden Rohrschlangen und beträgt etwa 4 m². Die Heizleistung ist nicht bekannt. Der Draht wird kontinuierlich durch das Bad gezogen.

Der Drahtdurchsatz ist etwa das 7-fache von Patentieren 1, die Bad-Oberfläche ist etwa gleich groß.



Abbildung 28: Patentieren 4 rechte Seite, Phosphatbad vom Auslauf gesehen

Eine Erneuerung des Bades ist beabsichtigt.

Beizerei

Es gibt 2 Phosphatbäder wobei jeweils nur eines in Betrieb ist, das andere inzwischen gereinigt werden kann und anschließend wieder für einen Wechsel bereit steht. Die Beheizung jedes Bades (ca. 80 °C) erfolgt über zwei Rohrschlangenwärmetauscher die an zwei gegenüberliegenden Badwänden montiert sind (Abbildung 29). Die Wärmetauscherrohre werden von Satttdampf (100 °C) durchströmt. Die Wärmetauscherfläche beträgt pro Bad etwa 9 m², der berechnete Heizleistungsbedarf etwa 72 kW.



Abbildung 29: Beizerei; Phosphatbad 2 aus dem die Flüssigkeit herausgepumpt ist. Am Boden der Phosphatschlamm; von linker Badseite gesehen

1.1.15 Probleme bei den Phosphatbädern

In den Phosphatbädern fallen relativ große Mengen an Phosphatschlamm an. Dieser Schlamm setzt sich in den Bädern ab (siehe Abbildungen 30 und 31) und muss periodisch entfernt werden. (Bei Patentieren 1 und 4 etwa alle 6 Wochen). Dies führt zumindest für die jeweilige Anlage Seite zu einer Betriebsunterbrechung von etwa 8 Stunden (1 Schicht).

Zusätzlich zum Problem des Schlammvolumens kommt hinzu, dass der auf den Wärmetauscherflächen angelagerte Schlamm den Wärmetransport vom Heizmedium in die Badflüssigkeit behindert, und dadurch bei zu großer Schichtdicke die benötigte Heizleistung nicht mehr übertragen werden kann, wodurch die Badtemperatur unter den Sollwert absinkt.

Dem kann prinzipiell dadurch gegengesteuert werden, dass man die Temperatur des Heizmediums erhöht (wenn dies möglich ist), die Wärmetauscherfläche vergrößert oder den Heizleistungsbedarf reduziert (z. B. durch zusätzliches Isolieren).



Abbildung 30: Patentieren 4; linkes Phosphatbad; Auslaufseite; vor Reinigung



Abbildung 31: Patentieren 4 linke Seite, Phosphatbad vom Auslauf gesehen

Angeblich ist eine lokale Überhitzung des Phosphatbades an den Wärmetauscherflächen für den Phosphatschlammausfall zumindest mitverantwortlich. Nach dieser Theorie ist der Badaufbau bei Patentieren 1 günstig, da mit den Badwänden eine große Wärmetauscherfläche zur Verfügung steht und daher die Oberflächentemperatur niedrig sein kann. Aus diesem Grund

müsste der Schlammanfall geringer sein als bei Patentieren 4. (Außerdem ist der Drahtdurchsatz um vieles kleiner, wodurch auch weniger chemische Reaktion mit dem Draht auftritt).

Durch die Art der Beheizung und Umwälzung des Öls und durch die Form der beiden ineinanderliegenden Wannen ergibt sich eine ungleiche Temperaturverteilung in der Phosphatbadwand, was zu örtlicher Temperaturüberhöhung führt (Abbildung 32 u. 27 in Abschnitt 7.2)

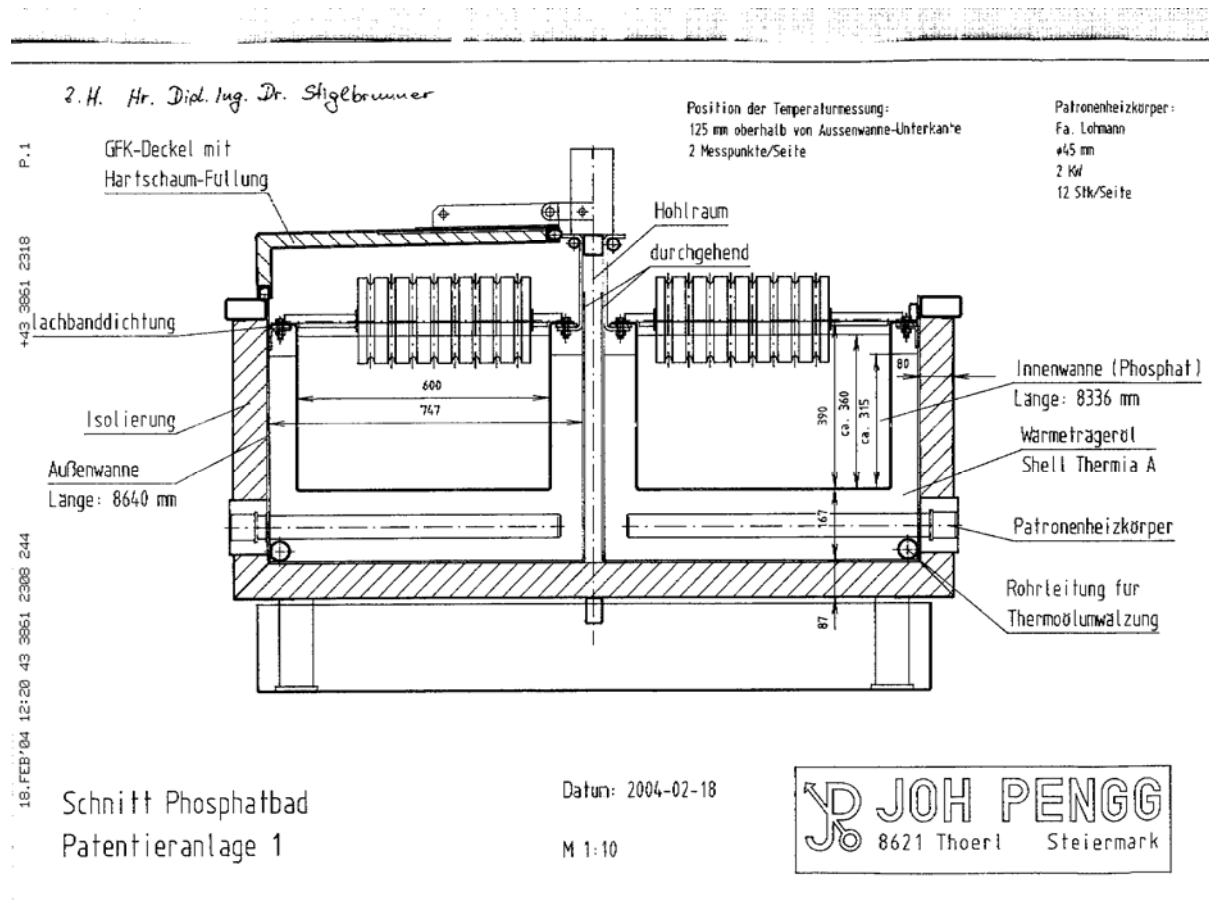


Abbildung 32: Schnitt durch das Phosphatbad von Patentieren 1

Das Thermoöl wird mit einer Zahnrادpumpe (Steimel, BM 3-25 PRRD) mit etwa 16 dm³/min (= ca. 13 kg/min) in Längsrichtung umgewälzt. Bezogen auf den Ölbad-Querschnitt ergibt dies eine mittlere Strömungsgeschwindigkeit von nur 10 cm/min. Durch die Form des Ölbad-Querschnittes wird die Strömungsgeschwindigkeit an den Seitenwänden kleiner sein als am Badboden. Alle Heizpatronen befinden sich unten in der durch die Pumpe in Längsrichtung durchströmten Ölwanne. Ein Wärmeeintrag in die Seitenwände des Bades ist also nur durch Thermozirkulation möglich, da sich aufgrund der geringen Ölgeschwindigkeit im Ölbadquerschnitt keine turbulente Strömung ergibt. Die Form des Ölquerschnittes um die Badseitenwände ist jedoch für die Ausbildung einer Thermozirkulation ungünstig (sehr schmal).

Da fast die gesamte benötigte Wärmemenge also über den Badboden eingebracht werden muss ist dort eine hohe Öltemperatur notwendig. Im Schlamm, der sich am Boden absetzt, stellt sich wegen dessen schlechter Wärmeleitung ein Temperaturgefälle ein durch welches die Schlammschicht nahe am Wannensboden wärmer ist als im Grenzbereich zur Badflüssigkeit.

Wenn diese lokale Überhitzung der Badflüssigkeit und des Schlammes für die Chemie des Bades ungünstig ist wird vorgeschlagen die Strömungssituation in der Ölwanne zu verbessern. Es könnten aber auch die Wannenswand und der Boden doppelwandig ausgeführt werden (wie ein Flachheizkörper) damit man auf der Wärmeträgerseite eine gleichmäßigere Strömung und einen besseren Wärmeübergang erreicht. Durch diese Maßnahmen könnte die Wärmeträgertemperatur unter Umständen soweit abgesenkt werden, dass statt des Thermoöls das wärmetechnisch, ökonomisch und ökologisch viel günstigere Wasser verwendet werden kann.

Der erreichbare Wärmeübergang vom Heißwasser in das Phosphatbad könnte mit dem bereits konzipierten Wärmetauscher im Phosphatbad der Beizerei (wenn dieses verfahrenstechnisch vergleichbar ist) überprüft werden (siehe Abschnitt 7.2: „Grundsätzliche Überlegungen zur Beheizung der Bäder der Beizerei“).

Andere Materialien für die Wannenswand zu verwenden um so die Schlamm-Anlagerungen zu verhindern scheint mir nicht zielführend zu sein. Der Phosphatschlamm fällt offenbar als Abfallprodukt der chemischen Reaktion mit dem Draht und/oder örtlicher Überhitzung der Phosphatlösung an und muss sich irgendwo ablagern. Offensichtlich lagert er sich an allen sich bietenden Oberflächen an. Auf jeden Fall wird er zu Boden sinken (Abbildung 33).



Abbildung 33: Patentieren 4; linkes Phosphatbad; vor Reinigung; Ablagerungen an nicht beheizter Wand

Aus mechanischen Gründen (Entfernen des Schlammes) und aus wärmetechnischen Überlegungen (Wärmeleitung) ist daher die (Edel-) Stahlwanne sinnvoll.

1.1.16 Weitere Überlegungen

Sind zusätzliche Flächen im Bad sinnvoll an denen sich der Schlamm ablagert, und mit diesen ohne längere Betriebsunterbrechung ausgetragen werden kann? Dadurch könnten die Wannen-Reinigungsintervalle vergrößert werden.

Es wäre insbesondere die Frage näher zu untersuchen, ob der Phosphatschlamm aus der Badflüssigkeit ausgefiltert werden oder in einem externen Behälter zum Absetzen veranlasst werden kann.

Bericht der Forschungsgesellschaft Technischer Umweltschutz Wien über die Untersuchung einer Rostascheprobe aus den Verbrennungsversuchen