

# AT&S

[www.ats.net](http://www.ats.net)



## Untersuchungen zu Wasser- und Energieeinsparungen in der Leiterplattenfertigung



# **DIPLOMARBEIT**

zur Erlangung des akademischen Grades eines Diplom – Ingenieurs  
der Studienrichtung Verfahrenstechnik des industriellen Umweltschutzes  
an der Montanuniversität Leoben

Eingereicht am

Institut für Verfahrenstechnik  
des industriellen Umweltschutzes

Vorstand: O.Univ.-Prof. Dr. mont. Dipl.Ing. W.L. Kepplinger

an der Montanuniversität Leoben

8700 Leoben / Österreich



Andreas Kollegger, 9635006

Leoben, November 2001

***Es ist nicht genug zu wissen,  
man muss auch anwenden;  
es ist nicht genug zu wollen,  
man muss auch tun.***

Johann Wolfgang von Goethe  
(1749-1832), dt. Dichter

**„Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die benutzten Quellen, wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche erkenntlich gemacht habe.“**

Andreas Kollegger

## **Danksagung**

Folgenden Personen, ohne die die Erstellung dieser Diplomarbeit nicht möglich gewesen wäre, gilt mein Dank:

*Herrn Univ.-Prof. Dr. mont. Dipl.-Ing. Werner Kepplinger* für die wissenschaftliche Betreuung und die Unterstützung bei der Ausgestaltung der Diplomarbeit.

*Herrn Vorstandsdirektor Ing. Willibald Dörflinger* für die Möglichkeit der Erstellung einer realitätsnahen Arbeit in einem modernen und innovativen Industrieunternehmen.

*Herrn Dr. Dipl.-Ing. Egon Haar* für die Kontaktaufnahme mit der AT&S und die rasche, unkomplizierte Vermittlung dieser Arbeit.

*Herrn Dipl.-Ing. Friedrich Zeman* für die problemlose und umfassende Integration in seine „Anlagenversorgungstechnik“ – Abteilung, sowie die Unterstützung bei technischen, aber auch juristischen Fragen.

Dem gesamten Prozesstechnikerteam der „Anlagenversorgungstechnik“, den *Herren Christian Schultermandl, Friedrich Gross, Thomas Mandl, Gerhard Frey und Robert Hammer*, für die geduldige Beantwortung all meiner Fragen, für unzählige technische Hilfestellungen und Gedankenanstöße, um diese Arbeit so praxisnah und anwendbar wie möglich zu gestalten.

*Herrn Gerhard List* für die Erstellung der abgedruckten Fotos und die Hilfe bei der graphischen Ausgestaltung der Diplomarbeit.

*Herrn Christian Ellmeier* für seine organisatorischen Bemühungen.

Ich möchte diese Diplomarbeit meinen Eltern als Dank für die Ermöglichung meines Studiums widmen.

Für Sigrid und Franz

# **Inhaltsverzeichnis**

## **1 Aufgabenstellung**

1.1	Grundsätzliche Beschreibung der Umweltsituation.....	1-1
1.2	Einsparungspotentiale beim Wassereinsatz .....	1-1
1.3	Einsparungspotentiale bei Energie- und Wärmebedarf .....	1-3

## **2 Kurzfassung**

2.1	Grundsätzliche Beschreibung der Umweltsituation.....	2-1
2.2	Einsparungspotentiale beim Wassereinsatz .....	2-1
2.3	Einsparungspotentiale bei Energie- und Wärmebedarf .....	2-1

## **3 Allgemeine Beschreibung der AT&S AG**

3.1	Die Standorte.....	3-2
3.2	Die Produkte und ihre Fertigung.....	3-2
3.2.1	Einseitige und doppelseitige Leiterplatten.....	3-2
3.2.2	Durchkontaktierte Leiterplatten.....	3-3
3.2.3	Multilayer .....	3-3
3.3	Stand der Technik .....	3-4
3.4	Zukunft.....	3-5
3.5	Technologieträger und -plattformen .....	3-6
3.6	Begriffsdefinitionen .....	3-7
3.6.1	HDI – Microvia .....	3-7
3.6.2	Passive Bauelemente .....	3-7
3.6.3	Halogenfreie Materialien.....	3-8
3.6.4	LDI – Verfahren .....	3-8
3.6.5	Nano - Technologie.....	3-9

## **4 Beschreibung der Umweltsituation**

4.1	Der Umweltgedanke .....	4-1
4.2	Organisation des betrieblichen Umweltschutzes .....	4-2
4.2.1	Das Umweltmanagementsystem.....	4-2
4.2.2	Umwelt – Controlling der AT&S .....	4-3
4.2.3	Notfallmanagement .....	4-4
4.2.4	Information nach innen und außen .....	4-4

4.3	Beschreibung umweltrelevanter Punkte.....	4-5
4.3.1	Kupfer.....	4-5
4.3.2	Basismaterial und spezielle Chemikalien.....	4-5
4.3.3	Schwefelsäure.....	4-5
4.3.4	Wasser.....	4-6
4.3.5	Brennstoffe und Energie.....	4-6
4.3.6	Boden.....	4-6
4.3.7	Emissionen.....	4-6
4.3.7.1	Gasförmige Emissionen aus der Produktion.....	4-6
4.3.7.2	Stäube.....	4-6
4.3.7.3	Abwässer.....	4-7
4.3.7.4	Feste Abfälle.....	4-7
4.3.7.5	Auswirkungen auf Boden und Grundwasser.....	4-7
4.3.7.6	Lärm.....	4-7
4.3.8	Immissionen.....	4-8
4.3.8.1	Gasförmige Schadstoffe.....	4-8
4.3.8.2	Flüssige Schadstoffe.....	4-8
4.3.9	Weitere den betrieblichen Umweltschutz betreffende Faktoren.....	4-8

## **5 Wassereinsatz in Hinterberg**

5.1	Beschreibung des Wasserverlaufschemas Werk 1.....	5-2
5.1.1	Brunnen.....	5-3
5.1.2	Hydranten außen / Löschwasser.....	5-3
5.1.3	Biofilter.....	5-3
5.1.4	Kaltwasserbecken.....	5-4
5.1.5	Alte Reinstwasseraufbereitungsanlage 1.....	5-4
5.1.6	Neue Reinstwasseraufbereitungsanlage 2.....	5-4
5.1.7	Enthärtungsanlage klein.....	5-5
5.1.8	Kompressoren.....	5-6
5.1.9	CuCl <sub>2</sub> – Anlage.....	5-6
5.1.10	CuCl <sub>2</sub> – Pumpen Sperrwasser.....	5-6
5.1.11	Luftwäscher.....	5-7
5.1.12	Produktion.....	5-7
5.1.13	Kesselhaus.....	5-8
5.1.14	Warmwasserbecken.....	5-8
5.1.15	Abwasseranlage Klimaraum.....	5-9
5.1.16	Abwasseranlage alter Behältergarten BHG 1.....	5-10
5.1.17	Vorfluter.....	5-10
5.1.18	Kanal [2].....	5-11
5.1.19	Sprinklerbecken und Sprinkleranlage.....	5-11
5.1.20	WC.....	5-11
5.1.21	Augen- & Körperduschen.....	5-11

5.2	Beschreibung des Wasserverlaufschemas Werk 2 .....	5-12
5.2.1	Allgemein .....	5-13
5.2.2	Gesamtkälteanlage .....	5-13
5.2.3	Kältemaschinen .....	5-14
5.2.4	Kühltürme .....	5-14
5.2.5	Vorfluter .....	5-15
5.2.6	Kaltwasserbecken .....	5-15
5.2.7	Warmwasserbecken .....	5-15
5.2.8	Augen- und Körperduschen, Waschbecken, WC .....	5-15
5.2.9	Kanal .....	5-15
5.2.10	Abwasseranlage neuer Behältergarten BHG 2 .....	5-16
5.2.11	Sprinkleranlage Werk 2 .....	5-17
5.2.12	Druckluftkompressoren .....	5-17
5.2.13	Klimaanlagen TZ, Ost/West, SG, OG .....	5-18
5.2.14	Luftwäscher .....	5-18
5.2.15	CuCl <sub>2</sub> – Anlage .....	5-18
5.2.16	CuCl <sub>2</sub> – Pumpen Sperrwasser .....	5-18
5.2.17	Produktion .....	5-19
5.2.18	Enthärtungsanlage .....	5-20
5.2.19	Reinstwasseraufbereitungsanlage Werk 2 .....	5-20
5.2.20	Hydranten innen und außen .....	5-21
5.3	Geplante Änderungen der beschriebenen Punkte .....	5-22

## **6 Wasserverbrauch**

6.1	Fördermengen aus den Brunnen .....	6-2
6.2	Brunnenwasser - Verbraucher im alten Werk 1 .....	6-3
6.3	Brunnenwasser - Verbraucher im neuen Werk 2 .....	6-4
6.4	Fluss des erwärmten Kühlwassers im alten Werk 1 .....	6-5
6.5	Fluss des erwärmten Kühlwassers im neuen Werk 2 .....	6-6

## **7 Einsparpotentiale Brunnenwasser**

7.1	Kleine Enthärtungswasseranlage Werk 1 .....	7-1
7.2	CuCl <sub>2</sub> – Kreislauf .....	7-1
7.3	CuCl <sub>2</sub> – Pumpen – Sperrwasser .....	7-2
7.4	Kühltürme Werk 2 .....	7-2
7.5	Abwasserreinigung .....	7-3
7.6	Kondensatkühler .....	7-4



7.7	Luftwäscher.....	7-5
7.7.1	Werk 1 .....	7-6
7.7.2	Werk 2 .....	7-6
7.7.3	Gesamtverbrauch.....	7-7
7.8	IO – Kreislaufwasser.....	7-7
7.9	Kühlwasser Werk 1 .....	7-8
7.10	Kaltwasserbecken Werk 1 .....	7-8
7.11	Biofilter .....	7-8
7.12	Stadtwasser Werk 1 .....	7-9
7.13	Allgemein zu beachten.....	7-9
7.14	Zusammenfassung der Einsparungspotentiale:.....	7-10

## **8 Die Wasseraufbereitungsanlage neu im alten Werk 1**

8.1	Beschreibung der Anlage .....	8-1
8.1.1	Allgemeines.....	8-2
8.1.2	Rohwasseranalyse / Reinstwasserqualität.....	8-2
8.1.3	Technische Beschreibung der Aufbereitungsanlagen.....	8-3
8.1.3.1	Enthärtungsanlage.....	8-3
8.1.3.2	Umkehrosmose-Anlage.....	8-4
8.1.3.3	Mischbettfilter.....	8-5
8.1.3.4	Vorfilter .....	8-6
8.1.3.5	UV-Entkeimung.....	8-6
8.1.3.6	Sterilfilter .....	8-6
8.1.4	Technische Daten der Anlage.....	8-7
8.1.4.1	Enthärtungsanlage.....	8-7
8.1.4.2	Umkehrosmose .....	8-7
8.1.4.3	Mischbettfilter.....	8-8
8.1.4.4	UV-Entkeimungsanlage.....	8-8
8.1.4.5	Elektrische Verbraucher.....	8-9
8.2	Kostenermittlung der unterschiedlichen Produkte.....	8-11
8.2.1	Arbeitskosten.....	8-11
8.2.2	Abschreibung.....	8-11
8.2.3	Kosten je Aufbereitungsanlage.....	8-12
8.2.3.1	Enthärtungsanlage:.....	8-12
8.2.3.2	Umkehrosmose – Anlage:.....	8-12
8.2.3.3	Mischbettfilter:.....	8-13
8.2.4	Kosten für die Gesamtanlage.....	8-13
8.2.5	Zusammenfassung der Kosten pro Monat bzw. Kosten pro Einheit Produkt.....	8-13
8.2.5.1	Enthärtungsanlage.....	8-13
8.2.5.2	Umkehrosmose – Anlage.....	8-14
8.2.5.3	Mischbettfilter.....	8-14
8.2.5.4	Erklärung der Ermittlung der Schätzwerte.....	8-14
8.2.5.5	Allgemeine Anmerkungen:.....	8-15
8.2.6	Gegenüberstellung der Kosten.....	8-16

## **9 Untersuchungen zum Thema Energie**

9.1	Allgemeine energetische Einsparmöglichkeiten .....	9-1
9.1.1	Wärmepumpe .....	9-1
9.1.2	Sonnenkollektoren mit Speicher .....	9-2
9.1.3	Photovoltaik .....	9-3
9.1.4	Biomasse .....	9-3
9.1.5	Wärmerückgewinnung .....	9-3
9.1.6	Regenerativwärmetauscher .....	9-4
9.1.7	Kreislaufverbundsystem .....	9-4
9.1.8	Kapillarventilatoren .....	9-4
9.1.9	Plattenwärmetauscher .....	9-5
9.1.10	Wärmerohre (heat pipes) .....	9-5
9.1.11	Wärmedämmung .....	9-5
9.1.12	Niedertemperaturwärme Nutzung .....	9-6
9.1.13	Dezentrale Energieerzeugung .....	9-6
9.1.14	Nutzung der Abwärme von Kälteanlagen .....	9-6
9.1.15	Nutzung von Maschinenabwärme .....	9-7
9.2	Beschreibung des Heizungssystems .....	9-8
9.2.1	Beschreibung aller Wärmeenergieerzeugungsanlagen .....	9-8
9.2.2	Brennstoffversorgung .....	9-9
9.2.3	Die Heizschiene 110 °C / 70°C .....	9-9
9.2.4	Zukünftige Änderungen des Systems .....	9-9
9.2.5	Optimierungspotential .....	9-10
9.2.6	Beschreibung des Wärmerückgewinnungssystems .....	9-11
9.2.6.1	Die Wärmerückgewinnung allgemein .....	9-12
9.2.6.2	Technische Daten der Rückgewinnungsstufen .....	9-13
9.2.6.3	Ansatz für Optimierungen .....	9-14
9.2.6.4	Der Energiebedarf für die Warmwasserschiene 110°C / 70 °C .....	9-14
9.2.6.5	Auskoppelbare Abwärmeenergiemenge im Bereich 90 °C / 70 °C .....	9-15
9.2.6.6	Berechnung des äquivalenten Gasverbrauches .....	9-15
9.2.6.7	Tatsächliche Gasverbräuche (April 2000 bis April 2001) .....	9-16
9.2.7	Das derzeitige Heizsystem Werk 2 .....	9-20
9.2.8	Varianten der Optimierung .....	9-21
9.2.8.1	Variante 1: Nutzung der bereits bestehenden Wärmeversorgungsleitung .....	9-21
9.2.8.2	Variante 2: Anbindung an den örtlich nächstliegenden Punkt der Warmwasserleitung 110 °C / 70 °C im Werk 1 .....	9-22
9.2.8.3	Variante 3: Anbindung an den den Warmwasserkesseln nächstliegenden Punkt der Warmwasserleitung 110 °C / 70 °C im Werk 1 .....	9-24
9.2.8.4	Variante 4: Weiterführung des Rücklaufes über die Wärmerückgewinnung im Werk und Einspeisung vor den Warmwasserkesseln .....	9-25
9.2.8.5	Variante 5: Führung des gesamten Rücklaufstromes über das Kompressor- wärmerückgewinnungssystem .....	9-26
9.2.8.6	Variante 6: Entnahme eines Rücklaufteilstromes vor den Warmwasserkesseln und Rückführung der erwärmten Wassermenge in den Rücklauf beim alten Heizhaus .....	9-27
9.2.8.7	Auswahl der besten Variante .....	9-28

---

9.3	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der gewählten Variante .....	9-29
9.3.1	Kostenvoranschlag Rohrleitung.....	9-30
9.3.2	Kostenvoranschlag Isolierung der Rohrleitung .....	9-31
9.3.2.1	Alternative 1: Isolierschichtdicke 60 mm .....	9-31
9.3.2.2	Alternative 2: Isolierschichtdicke 80 mm .....	9-31
9.3.2.3	Temperaturverlaufsberechnung .....	9-32
9.3.2.4	Auswahl der günstigeren Variante.....	9-34
9.3.3	Erzielbare finanzielle Einsparungen .....	9-35
9.3.3.1	Berechnung .....	9-37
9.3.4	Zusammenfassung/Ergebnis.....	9-39
9.3.5	Sensitivitätsanalyse für Variation des Gesamtgaspreises .....	9-43
9.4	Zusammenfassung der Berechnungen .....	9-46
<b>10</b>	<b>Anhang</b>	
10.1	Literaturverzeichnis .....	A-1
10.2	Abbildungsverzeichnis.....	A-4
10.3	Tabellenverzeichnis .....	A-6

# **1 Aufgabenstellung**

Die Aufgabenstellung kann sich im Laufe der Datenaufnahmephase ändern und erweitern. Sie muss den Bedürfnissen und Erfordernissen der Abteilung „Anlagenversorgungstechnik“ kontinuierlich angepasst werden, um eine möglichst weitgehende betriebliche Anwendbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten.

Die Erhebungen und daraus resultierende Ergebnisse sollen alle unter dem Gesichtspunkt von möglichen Stoff- und Energiestromverringerungen und somit finanziellen Einsparungen angestellt werden.

Diese Forderungen ergaben schlussendlich folgernde Aufgabenbereiche:

## **1.1 Grundsätzliche Beschreibung der Umweltsituation**

In diesem Kapitel sollen allgemeine, den Umweltschutz am Standort Hinterberg betreffende Punkte angeführt werden. Eine knappe Beschreibung der Organisationsstrukturen, der eingesetzten Stoffe und Emissionen ist zu erstellen.

## **1.2 Einsparungspotentiale beim Wassereinsatz**

In einer ersten Phase sollen die bestehenden Systeme erhoben und aufgegliedert werden. Dies dient der Bestimmung der Ist - Situation. Für besseres Verständnis dieser Systeme erscheint eine kurze Beschreibung notwendig.

In weiterer Folge ergibt sich der Bedarf für eine Erhebung der durchschnittlich eingesetzten Wassermengen, um mögliche Eingriffspunkte nach ihren Gesamtauswirkungen bewerten zu können.

Als Endergebnis dieser Betrachtungen und Erhebungen zu diesem Thema sind grundsätzliche Optimierungspotentiale einschließlich der einsparbaren Absolutmengen Wasser vorgesehen.

Als Anhang sollen Kostenberechnungen für enthärtetes und deionisiertes Wasser angestellt und mit bereits erarbeiteten Werten verglichen werden.

## 1.3 Einsparungspotentiale bei Energie- und Wärmebedarf

Allgemeine Betrachtungen und Punkte zum Thema Energieeinsparungsmöglichkeiten und deren Anwendbarkeit am Standort Hinterberg sind einleitend anzuführen.

Auch hier ist in einem nächsten Schritt eine grundsätzliche Bestimmung der vorliegenden Systeme und Verknüpfungen für weitere Betrachtungen erforderlich.

Aufgrund eines augenscheinlichen Abnahmedefizits bei rückgewonnener Kompressorabwärme soll zuerst das bestehende Heizungssystem analysiert und die Wärmeabnahmemenge ermittelt werden.

Als Ergebnis sind Möglichkeiten des sinnvollen, ganzjährigen Einsatzes dieses bis jetzt teilweise ungenutzten Abwärmepotentials gefordert. Dabei sind auf technische Machbarkeit und auf Rentabilität zu achten. Entsprechende Einbindungsmöglichkeiten sind zu diskutieren und deren Kosten den Einsparungen gegenüberzustellen, um eine mögliche Investition zu begründen.

## 2 Kurzfassung

Im folgenden werden die Ergebnisse der Betrachtungen und Erhebungen punktweise entsprechend der Aufgabenstellung erläutert.

### 2.1 Grundsätzliche Beschreibung der Umweltsituation

Hier erfolgt eine kurze allgemeine Einleitung die Produkte und Techniken betreffend. Danach werden das Umwelt- und das Notfallmanagementsystem, die eingesetzten Materialien sowie Hilfsstoffe und die Emissionen beschrieben.

### 2.2 Einsparungspotentiale beim Wassereinsatz

Zu Beginn erfolgt die allgemeine Erhebung der Systembestandteile getrennt nach altem Werk 1 und neuem Werk 2 sowie deren Kurzbeschreibung.

Anschließend sind reale Wassereinsparpotentiale angeführt, die auf ihre technische Realisierbarkeit überprüft wurden:

- *zwischen 9700 und 11200 m<sup>3</sup> / Monat Brunnenwasser*
- *derzeit 50 m<sup>3</sup> / Monat enthärtetes Wasser (bis zur dreifachen Menge erwartet)*
- *zwischen 800 und 1100 m<sup>3</sup> / Monat an Stadtwasser*

Der Vergleich der Wasserbehandlungskosten zwischen Werk 1 und Werk 2 ergibt ähnliche Werte. Abweichungen sind mit bereits abbeschriebenen Anlagen und einem höheren Energieverbrauch älterer Apparate begründbar.

### 2.3 Einsparungspotentiale bei Energie- und Wärmebedarf

Zu Beginn werden allgemeine Energieeinsparpotentiale auf ihre Anwendbarkeit am Standort Hinterberg überprüft.

Danach wird das Heizkreissystem sowie die Kompressorabwärmerückgewinnung beschrieben. In weiterer Folge werden verschiedene Varianten der Einbindung dieser ausgekoppelten Wärmemenge diskutiert und bewertet. Die technisch günstigste Variante wird auf ihre finanzielle Rentabilität überprüft, was folgendes Ergebnis liefert:

- **Summe der Kosten für erforderliche Umbauten: 1.368.270,00 ATS**
- **Summe der Ersparnisse durch Erdgasminderverbrauch: 536.000,00 ATS / Jahr**
- **Dies ergibt einen Amortisationszeitraum von: 2,55 Jahren**

### **3 Allgemeine Beschreibung der AT&S AG** **(Austria Technologie & Systemtechnik AG)**

**[1], [2], [3]**



Der AT&S – Konzern ist der technologisch führende größte Leiterplattenhersteller Europas. Leiterplatten sind wichtige Grundelemente jeder modernen elektronischen Schaltung. Sie sind passive Bauelemente und dienen zur Verbindung von aktiven Bauelementen. Die AT&S produziert dünne, hochkomplexe Leiterplatten und ist damit ein zentraler Schlüssellieferant für die gesamte mobile Telekommunikation, aber auch für die Automobilindustrie. Hier reicht die Produktpalette von

einseitigen über doppelseitige bis hin zu mehrlagigen Leiterplatten. Ein wichtiges Einsatzgebiet sind Mobiltelefone, jedes vierte Handy in Europa ist bereits mit Leiterplatten von AT&S bestückt.

Die Entwicklung dieser Bauteile geht in Richtung immer höherer Funktionalität bei gleichzeitiger Verringerung der Größe, der Dicke und des Gewichts.

Erklärtes Ziel der AT&S ist es, auch in den kommenden Jahren massiv zu wachsen sowie die technologische Vorreiterrolle weiter auszubauen und somit „best in class“ Partner der zahlreichen Abnehmer zu werden. Dies soll unter anderem durch konsequente Umsetzung der Total - Quality - Management Philosophie erreicht werden.

Weltweit unterhält der Konzern rund 20 Vertriebsstützpunkte. Zu den wichtigsten Kunden zählen weltweit führende Telekommunikationsunternehmen wie Nokia, Siemens, Motorola oder RIM.

Zum Stichtag 1. April 2001 beschäftigte der AT&S Konzern etwas mehr als 3000 Personen.

## 3.1 Die Standorte



- Abbildung 3.1:
- AT&S Shanghai (Volksrepublik China) [in Planung]
  - AT&S Leoben Hinterberg (Österreich)
  - AT&S Fehring (Österreich)
  - AT&S Fohnsdorf (Österreich)
  - AT&S Augsburg (Deutschland)
  - AT&S Nanjangud (Indien)

(alle Standorte sind nach DIN ISO 9001 und ISO 14001 zertifiziert)

## 3.2 Die Produkte und ihre Fertigung

### 3.2.1 Einseitige und doppelseitige Leiterplatten

Es wird je nach Anwendungsfall ein- bzw. doppelseitig vollflächig kupferkaschiertes Basismaterial als Ausgangsmaterial eingesetzt.

Ein formgebender Lack, genannt Ätzresist, wird im Siebdruckverfahren auf dieses Basismaterial aufgebracht. Aufgabe des Resists ist es, beim nachfolgenden Ätzprozess die Teile der verkupferten Platte vor dem Ätzmedium zu schützen, die in weiterer Folge die Leiterbahnen bilden sollen. Danach folgt der Ätzprozess und die anschließende Entfernung des Resistlackes.

In einem weiteren Arbeitsschritt werden alle verbliebenen Kupferstellen, die nicht für die Verlotung von Bauteilen vorgesehen sind, mit Lötstopplack bedruckt. Es folgt die Oberflächenvergütung dieser blanken, unbedruckten Kupferbahnen durch die Beschichtung mit einem organischen Schutzlack oder durch eine Heißluftverzinnung mit einer Blei – Zinn Schicht.



Die Bohrung aller erforderlichen Löcher und mechanische Bearbeitungen der Platten entsprechend ihrer endgültige Form bilden den Abschluss.

Vor der Auslieferung wird jedes Produkt einer elektrischen und optischen Prüfung unterzogen, damit die Auslieferung fehlerhafter Erzeugnisse vermieden wird.

### **3.2.2 Durchkontaktierte Leiterplatten**

Für diese Produkte wird ebenso wie für ein- und doppelseitige Leiterplatten das beidseitig vollflächig kupferkaschierte Basismaterial verwendet.

Hier allerdings ist der erste Arbeitsschritt das Bohren von für die Bestückung mit Bauteilen und die Verbindung der beiden Leiterseiten notwendigen Löcher.

Danach muss die gesamte Oberfläche der Platte nochmals mit einer Kupferschicht überzogen werden, wobei besonders in den Löchern auf gleichmäßige und vollständige Verkupferung zu achten ist. Dies ist für eine einwandfreie Durchkontaktierung und Verbindung beider Plattenseiten notwendig. Deshalb wird das angewandte Verfahren auch als Durchkontaktierungsverfahren bezeichnet.

Als nächster Schritt wird der Resist auflaminiert. In diesem Fall ist die Resistschicht aber UV – empfindlich. Dies ist notwendig, da bei diesen Produkten ein Bild der Leiterbahnen in einem fototechnischen Prozess aufprojiziert wird und auf der Resistschicht ein Abbild hinterlässt. In einem folgenden Entwicklungsvorgang werden alle erforderlichen Leiterbahnen freigestellt.

Diese Leiterbahnen und die Bohrlochhülsen werden galvanisch mit einer zusätzlichen Schicht Kupfer verstärkt. Dann bringt man den sogenannten Ätzresist, Zinn, auf, der die erwünschten Flächen beim nachfolgenden Ätzvorgang schützen soll.

Nach dem Strippen, das heißt dem Ablösen des Fotoresists, wird das Kupfer von allen unerwünscht verkupferten Flächen abgeätzt. Nach diesem Schritt kann auch der Ätzresist wieder abgestrippt werden.

Die weiteren Schritte erfolgen analog der ein- und doppelseitigen Platten. Es wird der Lötstopplack aufgebracht, danach die mechanische Endbearbeitung (Stanzen, Ritzen und Bohren) durchgeführt und zuletzt sowohl elektrisch als auch optisch auf Funktionsfähigkeit geprüft.

### **3.2.3 Multilayer**

Hier wird als Basismaterial Glasfaser – Epoxidharz – Laminat in gestuften Größen eingesetzt. Auch dieses Einsatzmaterial ist beidseitig vollflächig kupferkaschiert, wobei die Kupferschichtdicke je nach Anwendungsfall variiert.

Zuerst erfolgt die Vorreinigung der Platten, dann wird wieder die UV – empfindliche Schicht, der Fotoresist, auflaminiert. Analog den durchkontaktierten Leiterplatten wird das Leiterbild fotochemisch auf den Resist aufgebracht und somit die erforderlichen Leiterbahnen freigestellt.

Der nachfolgende Ätzvorgang ätzt alle unnötig verkupferten Flächen ab, es bleiben nur mehr die notwendigen Kupferbahnen zurück.

Daraufhin werden nun die Multilayer aufgebaut, indem man die einzeln nach obigen Schritten vorbereiteten Innenlagen mit ihren fertigen Leiterbahnen und Zwischenschichten zusammenstellt. Diese Zwischenschichten sind analog dem Basismaterial Glasfaserepoxydharz – Laminate (in diesem Fall aber ohne die vollflächige Kupferkaschierung). Eine Kupferfolie wird als jeweils äußerste Schicht aufgelegt. Dieses „Sandwich“ wird unter hohem Druck zum sogenannten Multilayer verpresst.



Dieser Multilayer wird in einem nächsten Arbeitsschritt gebohrt, und danach wieder vollflächig galvanisch mit Kupfer beschichtet. Hier ist wieder auf vollständige und gleichmäßige Kupferaufbringung, besonders in den Löchern, zu achten.

Als letzte Leiterbahnflächen werden die außenliegenden Seiten analog dem Verfahren für die Innenlagen bearbeitet und so mit einem Leiterbahnenbild versehen.

Wo nötig wird die Oberfläche der Leiterplatte wieder mit Lötstopplack abgedeckt, um so die freiliegenden Leiterbahnen bei einer nachfolgenden Verlötung von Bauteilen zu schützen. Die jetzt noch freigebliebenen Kupferoberflächen werden mit einem organischen Schutzlack versehen.

Nun stehen zwei verschiedene Varianten zur Beschichtung dieser Kupferoberflächen zur Verfügung. Die erste ist die Aufbringung einer Blei – Zinn – Schicht durch eine Heißluftverzinneung, wie sie bereits oben beschrieben wurde. Die zweite Möglichkeit ist chemische Aufbringung einer Nickel – Gold – bzw. einer Palladium – Schicht.

Nach der üblichen oben beschriebenen mechanischen Bearbeitung (Ritzen, Bohren) werden die Fertigprodukte einer 100 %-igen elektrischen und visuellen Prüfung unterzogen.

### 3.3 Stand der Technik

Die AT&S AG ist im europäischen technologischen Spitzenfeld bei der Einführung und Anwendung von Innovationen. Seit 1998 setzt man in der Fertigung auf die HDI – Microvia – Technologie (siehe Begriffsdefinitionen).

Zu Beginn des Jahres 2000 wurde in Leoben Hinterberg der Betrieb im neugebauten Werk 2, dem zur Zeit modernsten Leiterplattenfertigungswerk in Europa, aufgenommen. Aufgrund hier gewonnener Erfahrungen werden auch die anderen Werke kontinuierlich verbessert.

Zentraler Forschungs- und Entwicklungspunkt ist die Integration von mehreren unterschiedlichen Anwendungsfunktionen auf einer Leiterplatte. Dies beinhaltet auch, dass passive elektronische Bausteine direkt in diese integriert werden. Dies erhöht den Platz für aktive Bauelemente bei gleichzeitiger Verringerung der Baugröße. In weiterer Folge hat der Kunde die Vorteile selbst weniger Bauelemente bestücken und daher auch weniger Elemente prüfen zu müssen. Die Verringerung der Dimensionen bedeutet gleichzeitig auch eine Reduktion des Gewichtes. Beide Punkte sind kaufentscheidende Kriterien bei Handys.

Der Einsatz von sogenannten „grünen Materialien“ soll eine der Bemühungen im Bereich des Umweltschutzes dokumentieren. Dabei kommen Stoffe zum Einsatz, bei denen durch Verzicht auf Halogen - Verbindungen die Bildung von Dioxinen bei Verbrennungsvorgängen zur Abfallentsorgung verhindert wird.

### 3.4 Zukunft

Marktführerschaft kann nur durch ständige, technologische Verbesserungen gefestigt und ausgebaut werden. Daher wird dem Bereich Forschung und Entwicklung eine zentrale Rolle zugeordnet.

Die Festlegung des generellen Kurses erfolgt in verschiedene Roadmaps, wie zum Beispiel Laser Design Rules, Material und Technologie. Hier erkennt man deutlich, dass auf Miniaturisierung heutiger Technologien aber auch auf Entwicklung neuer Verfahren und Produkte Wert gelegt werden muss. Dies bedeutet Verbesserungen in punkto Präzision und erhöhter Leistungsfähigkeit, die aufgrund der eingesetzten immer höher werdenden Frequenzen erforderlich sind.

Andere Schwerpunkte der F&E sind zum Beispiel die Integration von Kondensatoren oder Halbleiterchips direkt in die Leiterplatte und die Einführung des Laser Direct Imaging Verfahrens, um auf den sehr zeitaufwendigen und umweltbelastenden Fotoprozess verzichten zu können.

Als Fernziel betrachtet man die Änderungen von elektronischen Schaltungen insgesamt. Die jetzige, alleinige Aufgabe der elektrischen Verbindung von diversen elektronischen Bauteilen und Bereitstellung einer mechanisch stabilen Basis soll in Zukunft erweitert werden. Dem Kunden wird ein Gesamtpaket angeboten werden, das unter anderem folgende Punkte beinhalten soll:

- Unterstützung beim Leiterbild- und Verschaltungsdesign.
- Intensivierung der schon angesprochenen Bemühungen der Integration passiver Bauteile direkt in die Leiterplatte.
- In Erweiterung des vorigen Punktes der Aufbau einfacher Gesamtschaltungen direkt auf die Platte.
- Anbindung und Einbau von optoelektronischen Informationsüberträgern um die Signalverarbeitung zu beschleunigen und zu verkleinern.
- Sowohl Leuchtelemente als auch gesamte Displays sollen direkt auf die Leiterplatte aufgebracht werden, um sich die fehleranfälligen Anbindungen zu sparen.
- Forschungen auf dem Gebiet von organischen Leuchteinheiten, die eine höhere Flexibilität mit sich bringen.
- Integration von verschiedenen Sensoren, die als Schnittstelle zur Umwelt fungieren.

Nanotechnologie ist einer der entscheidenden Schlüssel, um viele dieser Ziele realisieren zu können. Daher wird darauf besonderes Augenmerk gelegt.

### 3.5 Technologieträger und -plattformen

Die Zusammenarbeit aller Beteiligten ist ein Kernpunkt in der Forschung und Entwicklung, um die gesetzten Ziele zu erreichen und so den Stand der Technik zu verbessern.

Im Jahr 1999 wurde eine Forschungsoffensive angekündigt, die in der Gründung der Austria Technologie Plattform gemündet hat. Dort sind die wichtigsten Lieferanten und Technologieträger, unter anderem Atotech (D), Isola (D), Du Pont de Nemours (USA), Vantico (CH) und das Institut für Physikalische Chemie der Technischen Universität Wien, beteiligt.

Durch die Vernetzung dieser Know-how - Träger kann an der weiteren Miniaturisierung der Systeme, sowie an der Entwicklung und Produktionseinführung neuer Basismaterialien intensiver, rascher und effizienter gearbeitet werden.

Mitgliedschaft in den K plus – Zentren sichern den Zugang zu Zentren für Integrierte Mikrosysteme und funktionale Polymere.

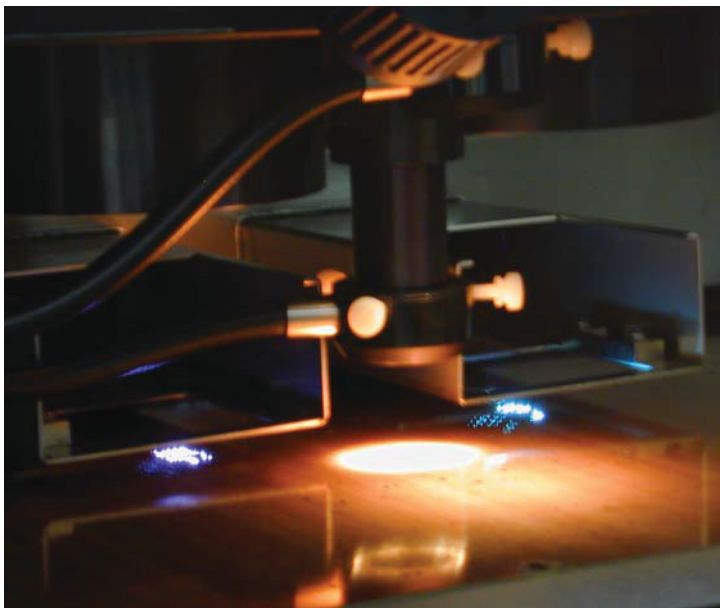
Auch in von der EU geförderten Forschungsprogrammen arbeitet die AT&S mit ihren Kunden aus der Telekommunikations- und Automobilbranche zusammen.

Eine Anstrengung, die eher in Richtung Grundlagenforschung geht, besteht im Auf- bzw, Ausbau eines Technologienetzwerks mit Universitäten und Forschungszentren. Es besteht eine enge Kooperation mit dem Institut für Nanostrukturierte Materialien und Photonik des steirischen Joanneum Research. Wie auch diese Diplomarbeit zeigt, existieren ebenso gute Kontakte zu den technischen Universitäten in Leoben, Graz und Wien. Zur Entwicklung zukünftiger Produkte wird immer wieder das Fraunhofer –Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration in Berlin zu Rate gezogen.

## 3.6 Begriffsdefinitionen

### 3.6.1 HDI – Microvia

HDI ist die Abkürzung für High Density Interconnection. Als Vias werden Sacklöcher bezeichnet. Sollten diese einen Durchmesser im Bereich von 100  $\mu\text{m}$  haben, heißen sie Microvias. Ziel dieser



Technik ist es, möglichst viele Verbindungen in Form von Vias auf minimalem Platz zu realisieren.

In der AT&S werden zur Herstellung von Microvias Laserbohrmaschinen eingesetzt, es gibt aber auch noch andere gebräuchliche Verfahren. Die hohe Effizienz bei der Herstellung ergibt sich aus dem Einsatz von kombinierten Lasersystemen. Zunächst öffnet ein im UV – Frequenzbereich arbeitender Laser in der außen auf einem strukturierten Multi-

layer aufgedruckten, harzbeschichteten Kupferfolie, dort, wo Bohrungen vorgesehen sind, kreisförmige Durchbrüche mit Durchmessern von etwa 0,1 mm. Danach verdampft ein Kohlendioxidlaser das darunterliegende Epoxydharz explosionsartig. So sind bis zu 140 0,05 mm tiefe Sacklöcher in der Sekunde fertigbar. Die Energie des CO<sub>2</sub> - Laserpulses ist so abgestimmt, dass das Harz bis zum gewünschten Landepfad in der jeweiligen Ebene verdampft wird.

Mit der drastischen Erhöhung der Verbindungsdichte, der Verringerung der Via - Durchmesser sowie der Fertigung von „vergrabenen Durchsteigern“ (blind and buried via technology) dient die Microvia – Technologie dem bedeutenden Ziel der ständigen Verkleinerung der Leiterplatten bei gleichzeitiger Ausweitung der Leistungsfähigkeit.

### 3.6.2 Passive Bauelemente

Ziel ist es, diese passiven Bauelemente direkt in die Leiterplatten, besonders Multilayer, zu integrieren, um so den immer höheren Anforderungen der Kunden im Bezug auf Miniaturisierung zu genügen. Dadurch wird der Bestückungs- und Testaufwand des Kunden reduziert und eine Kosteneinsparung erzielt. Außerdem schafft eine Verlegung passiver Bauteile ins Innere einer Leiterplatte Platz für andere und / oder mehr aktive Elemente an der Oberfläche.

Ein weiterer Vorteil dieser Technik besteht in der Verkürzung der notwendigen Verbindungsleiterbahnen zwischen den jeweiligen Bauelementen, was sich besonders bei der Übertragung von hochfrequenten Signalen als nutzbringend erweist.

In punkto elektromagnetischer Verträglichkeit ist durch die Einbettung der passiven Bausteine in den Kern der Leiterplatte in Kombination mit bestimmten Abschirmflächen eine deutliche Verbesserung festzustellen.

Widerstände werden bei der AT&S bereits seit 1998 integriert, als nächster Schritt sollen Kondensatoren eingearbeitet werden.

### 3.6.3 Halogenfreie Materialien [4]

Eine Anforderung an die Produkte ist die Flammfestigkeit. Dies wird heute durch geeignete Flammschutzmittel erreicht, die bei der Herstellung der Lamine, Prepregs und harzbeschichteten Kupferfolien beigemischt werden. Diese Mittel enthalten üblicherweise Halogene wie Fluor, Chlor, Brom oder Jod und zusätzlich Phosphor. Solche Elemente bedeuten aber bei einer Entsorgung durch Verbrennung die Möglichkeit, dass sich im kritischen Temperaturfenster Dioxine bilden können.

Daher ist es aufgrund von Umweltschutzbetrachtungen ein Ziel, diese Flammmittel durch halogenfreie Varianten zu ersetzen, ohne dabei Einbußen bei der Sicherheit hinnehmen zu müssen.

Völlig halogenfreie Produkte, inklusive des Lötstopplackes, bestehen bereits in Testversionen.

Vermarktet werden diese Innovationen unter dem Schlagwort „grüne Materialien“.

### 3.6.4 LDI – Verfahren [5]

Die Abkürzung LDI steht für Laser Direct Imaging. Bei diesem Verfahren schreibt ein LDI – Belichter mittels mehrerer Laserstrahlen das Leiterbild zeilenweise in den fotoempfindlichen Resist. Es werden bereits Auflösungen von bis zu 4000 dpi erreicht, wobei in diesem Fall für ein 450 x 600 mm Format ungefähr 30 Sekunden gearbeitet wird.

Über ein Alignment kann das Fotoabbild der Leiterbahnen individuell an die Unzulänglichkeiten der vorherigen Fertigungsprozesse angepasst und Schwankungen der Dimensionen ausgeglichen

werden, was einen großen Vorteil gegenüber den bisherig verwendeten Prozessen bedeutet. Da das Leiterbild nicht mehr als physisches Foto besteht, können darauf begründete systematische Fehler vermieden werden.

Der heutige Stand der Technik bewegt sich im Bereich eines 75 µm Designs, allerdings wird an einer Erhöhung der Auflösung gearbeitet, das die Leiterbahnenbreite verringert. Der Durchsatz kann durch Anwendung von einer noch höheren Anzahl Einzellaserstrahlen vergrößert werden.

### **3.6.5 Nano - Technologie**

Diese Technologie arbeitet bereits im Bereich von Nanometern, das heißt, im Bereich der Größe von Atomen. Es sollen einzelne Atome und Moleküle manipuliert und durch Selbstorganisation dieser Bausteine neue Grundstoffe geschaffen werden. Indem man auf atomarer Ebene Werkstoffe manipuliert, kann man auf makroskopischer Ebene ganz bestimmte Eigenschaften beeinflussen und optimieren.

Diese Technologie findet außer in der Leiterplattenbranche auch in der Elektronik, der Medizin, der Bio- und der Umwelttechnik Anwendung.

Das Institut für Nanostrukturierte Materialien und Photonik des Joanneum Research hat auf diesem Gebiet bereits einige Forschungserfahrung. Hier besteht eine Zusammenarbeit, um die Technologie den Kunden der AT&S möglichst schnell zugänglich zu machen.

## 4 Beschreibung der Umweltsituation



Abbildung 4.1: AT&S Hinterberg

### 4.1 Der Umweltgedanke [1], [6], [7], [8]

Der Umweltschutz war und ist in der Firmenpolitik der AT&S AG ein wichtiger, fest verankerter Grundsatz. Auch im Umweltsektor lautet das Ziel „best of class“ zu werden und sich von „end of pipe“ Lösungen zu nachhaltigen und vorsorgenden Maßnahmen zu entwickeln. So war das Unternehmen unter den ersten Leiterplattenherstellern in Europa, die sowohl nach ISO 14001 zertifiziert als auch in das EMAS - Standortverzeichnis eingetragen wurden.

Die Optimierung bestehender Prozesse sowie der gesamten Organisationsstrukturen bringt eine kontinuierliche Verbesserung der Umweltsituation nach dem KVP (Kontinuierlicher Verbesserungsprozess) Gedanken. Aufgrund dieses Einsatzes erhielt die AT&S bereits verschiedenste Auszeichnungen für besondere Bemühungen im Umweltschutz.

Zu nennen sind hier unter anderem die ÖKO – Audit - Preise 1996 und 1997 des österreichischen Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie für die Standorte Leoben – Hinterberg und Fohnsdorf und weiters der Erzherzog Johann Preis der Wirtschaftskammer Steiermark für Erfolge im Umweltschutz.

Es läuft zur Zeit ein Projekt in Leoben Hinterberg zur Vertiefung des Umweltgedankens in Zusammenarbeit mit ÖKO - Profit Obersteiermark.

Auch im Ausland wird eine über das notwendige Maß hinausgehende Verantwortung übernommen, was die ISO 14001 Zertifizierung des indischen Werks, aber auch die Einbindung von umweltschonenden (europäischen) Maßnahmen von Beginn an in der Grundkonzeption des Werkes in Shanghai beweisen.



In Zukunft sollen weitere Verbesserungen durch effizienten Rohstoffeinsatz, sparsame Energieverwendung sowie eine möglichst weitgehende Kreislaufführung durch Wiedereinsatz von Abfallstoffen erzielt werden. Diese Vorhaben erweisen sich aber als besondere Probleme, da die Anforderungen an die Produktqualität nur sehr enge Spielräume für die Variation der Einsatzstoffe zulassen. Hier sind besonders Forschung und Entwicklung gefragt, wo umweltfreundliche Vormaterialien und Verfahren entwickelt und untersucht werden. Dies soll in der Einführung neuer Technologien und Änderung bestehender Systeme zur Energie- und Rohstoffeinsparung münden. Die gesamten durchgeführten und noch durchzuführenden Maßnahmen heben die AT&S und ihre Produkte auf eine hohe umwelttechnische Stufe, was natürlich einen großen Wettbewerbsvorteil bedeutet. Hier ist deutlich zu sehen, dass ein intelligent umgesetzter Umweltschutzgedanke nicht ein Übel, sondern eine Chance und ein Optimierungsfaktor ist, was letztendlich zu beträchtlichen wirtschaftlichen und somit finanziellen Vorteilen führen kann.

## 4.2 Organisation des betrieblichen Umweltschutzes

Die Organisation muss alle Teile des Unternehmens umfassen und betrifft somit auch jeden Mitarbeiter. Als integrierter Bestandteil der Unternehmenspolitik bestimmt der Umweltschutz konkrete Ziele und Maßnahmen in allen Bereichen und Ebenen des Konzerns mit.

Aufgrund der Komplexität dieser Aufgabe ist ein Umweltmanagementsystem etabliert.

### 4.2.1 **Das Umweltmanagementsystem**

Der obersten Managementebene obliegt die generelle und umfassende Verantwortung für das Umweltmanagement.

Die Förderung des Umweltwissens und –bewusstseins aller Mitarbeiter und deren Ansporn zu aktivem und eigenständigem Handeln bei gleichzeitiger Übernahme von Eigenverantwortung ist ein Kernpunkt des Managementsystems. Dies ist notwendig, da die Mitarbeiter die Vorgaben des Vorstandes als ausführende Organe umsetzen müssen.

Als wichtiger Koordinator aller Vorhaben und Vorgaben in jedem umweltrelevanten Bereich fungiert der Umweltbeauftragte. Aufgrund des großen Umfangs dieser Aufgabe sind ihm zur Umsetzung der Maßnahmen interne Umweltbeauftragte beigelegt.

Dieses System garantiert einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess im Bereich des Umweltschutzes und ist aufgrund des ständigen Informationsaustausches flexibel genug, um auf Veränderungen rasch und effizient reagieren zu können.

Die Ausarbeitung der Umweltpolitik erfolgt durch den Vorstand. Diese Politik ergibt sich aus den Grundzügen der EG – Verordnung über die „Freiwillige Beteiligung gewerblicher Unternehmen an einem Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltbetriebsprüfung“.

#### 4.2.2 Umwelt – Controlling der AT&S

Im Sinne des KVP muss ein Controllingssystem vorhanden sein, um Maßnahmen zu überprüfen und, wenn nötig, zu korrigieren.

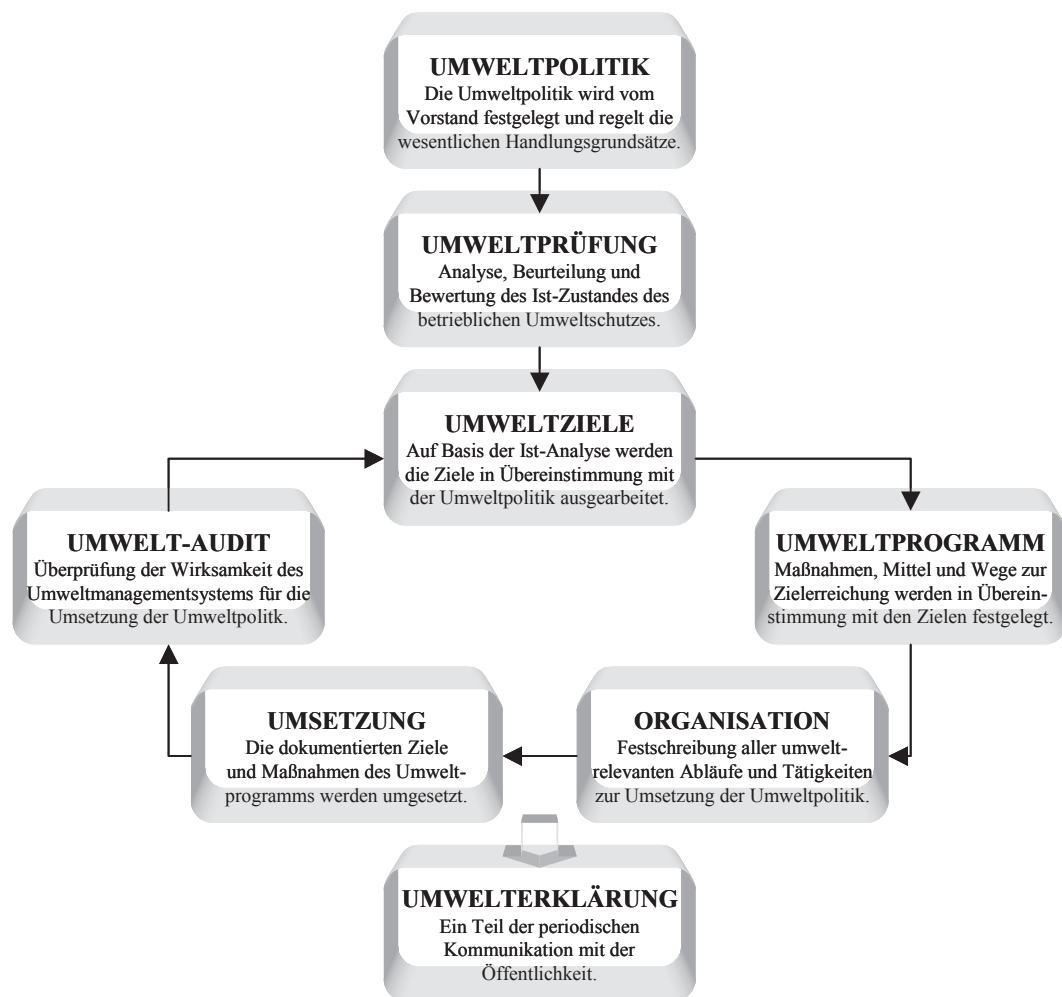


Abbildung 4.2: Ablaufschema des Umwelt – Controlling der AT&S AG

Übergeordnet ist die vom Vorstand festgelegte generelle Richtung der Umweltpolitik. Diese bestimmt in Verbindung mit einer daraufhin folgenden eingehenden Umweltprüfung die Umweltziele des Unternehmens. Danach wird über organisatorische Maßnahmen die Umsetzung dieser Ziele bewerkstelligt. Ein nachfolgendes Umweltaudit überprüft die Umsetzung und Wirksamkeit des Umweltmanagementsystems. Dieses Audit beeinflusst wieder direkt die Umweltziele. Bereits vorhandene Ziele werden je nach Bedarf entsprechend den erhaltenen

Ergebnissen der „neuen“ Realität angepasst. Wenn nötig werden neue, zusätzliche Zielsetzungen erarbeitet.

Heutzutage ist es bereits üblich, integrierte betriebliche Managementsysteme zu entwickeln und einzusetzen. So werden in der AT&S die Themen Umweltschutz, Qualitätssicherung und Arbeitssicherheit nicht mehr getrennt betrachtet, sondern gemeinsam in einem übergreifenden System überwacht und gesteuert. Dies macht Sinn, da diese Bereiche ineinander greifen und nicht mehr ohne Verlust an Effektivität zu trennen sind.

### **4.2.3 Notfallmanagement**

Oberste Priorität hat natürlich die Vermeidung von Notfällen und Störungen. Trotzdem sind Zwischenfälle unvermeidlich. Daher wurde ein Notfallplan ausgearbeitet, um auf Störfälle eine raschestmögliche Alarmierung und entsprechende Gegenmaßnahmen gewährleisten zu können. Die Bildung einer Einsatzleitung ist vorgesehen.

Als Brandschutz sind sowohl Brandmelder als auch ein Sprinklersystem installiert. Eine publikgemachte Brandschutzordnung regelt Verantwortlichkeiten und Verhalten im Brandfall.

### **4.2.4 Information nach innen und außen**

Informationen nach innen und außen sind äußerst wichtig, um Spekulationen, Gerüchten und Unwahrheiten vorzubeugen. Um die breite Öffentlichkeit zu informieren, wird die Internet – Seite ständig überarbeitet und auf den letzten Stand gebracht (<http://www.ats.net>).

Die Umwelterklärung ist ebenso über diese Website zu erhalten.

Für die Mitarbeiter wird zusätzlich eine Firmenzeitung mit drei bis vier Ausgaben pro Jahr verfaßt.

## 4.3 Beschreibung umweltrelevanter Punkte. [6], [7], [8]

### 4.3.1 Kupfer

Die Einsatzbereiche von Kupfer umfassen kupferhältige Chemikalien, Anodenmaterial in der Galvanik und Kupferfolien.

Ökologisch ist Kupfer zweifach bedenklich. Erstens ist es eine begrenzte Ressource, was einen minimierten, nachhaltigen Einsatz erfordert. Deshalb wird die Effizienz des Kupfereinsatzes ständig optimiert. Zweitens ist es ein Schwermetall, das bei biologischen Lebensformen zu Vergiftungen führen kann. Daher ist eine umfassende und vollständige Abwasserreinigung absolut erforderlich und auch installiert.

### 4.3.2 Basismaterial und spezielle Chemikalien

Das sogenannte Basismaterial ist ein spezieller Schichtpressstoff mit einer je nach Bedarf ein- oder auch doppelseitigen aufkaschierten Kupferfolie. Die verwendeten starren Schichtpressstoffe bestehen aus mit Epoxidharzen laminierten Glasseidgeweben.

Der Resist ist eine organische Monomerschicht, die im Zuge des Produktionsprozesses vollflächig auf die Kupferfolie des Basismaterials aufgetragen wird. Die Struktur des Resists wird im Zuge des fotochemischen Prozesses über Polymerisation verändert.

Während des Entwickelns werden wässrige Chemikalienlösungen verwendet, um die notwendigen Kupferflächen freizulegen. Im folgenden Schritt wird eine spezielle Ätzlösung verwendet, um das gewünschte Leiterbild herauszuarbeiten.

Aufgrund des komplexen Fertigungsprozesses sind eine Vielzahl von verschiedenen, teilweise sehr speziellen Chemikalien notwendig. Sowohl finanzielle als auch umwelttechnische Gesichtspunkte erfordern eine Minimierung deren Einsatzes. Dies wird hauptsächlich durch Steigerung der Effizienz der jeweiligen Prozesse erreicht.

### 4.3.3 Schwefelsäure

Der Verbrauch an Schwefelsäure liegt zwischen 0,3 und 0,8 kg pro m<sup>2</sup> erzeugter Leiterplatte. Diese Unterschiede begründen sich auf der unterschiedlichen Anzahl von Innenlagen.

### 4.3.4 Wasser

Leoben Hinterberg ist der einzige österreichische Standort, der über eine eigene Wasserversorgung über Brunnen verfügt. Diese werden durch Uferfiltrat der nahen Mur gespeist. Zur Zeit wird der wasserrechtlich bewilligte Entnahmemengestrom deutlich unterschritten. Ökologische Auswirkungen aufgrund der jetzigen Förderung sind nicht zu beobachten.

Da dieses Wasser aber im Vergleich zum Stadtwasser, das an den anderen Standorten verwendet werden muss, sehr viel billiger ist, wurde bis dato auf Effizienz kein besonderes Augenmerk gelegt. Hier sind noch Einsparungspotentiale vorhanden, die sich aber aufgrund des oben beschriebenen Umstandes nicht so deutlich in finanziellen Einsparungen niederschlagen können.

### 4.3.5 Brennstoffe und Energie

Die Energieträger sind einerseits elektrischer Strom und andererseits Erdgas. Auch hier bestehen Verbesserungsmöglichkeiten. (zum Beispiel Nutzung von Abwärme) Dies ist aber abhängig von der finanziellen Rentabilität.

### 4.3.6 Boden

Leoben Hinterberg umfasst eine Gesamtfläche von 125000 m<sup>2</sup> an Grund. Diese Fläche ist teilweise durch Asphaltierung oder Bebauung versiegelt, die unversiegelten Flächen sind als Grünflächen angelegt.

### 4.3.7 Emissionen

#### 4.3.7.1 Gasförmige Emissionen aus der Produktion

Abluftströme verschiedener Zusammensetzungen fallen in den meisten Bereichen bei den jeweiligen Produktionsmaschinen an, werden dort abgesaugt und gemäß den erforderlichen Vorgaben weiterbehandelt.

Säure- und Laugenaerosole sind meist flüchtige Chemikalienbestandteile. Deren Reinigung erfolgt in Luftwäschern mit Füllkörperpackung durch wässrige Waschmedien im Gegenstrom.

Die Behandlung und Abscheidung organischer Lösungsmittel wird über einen Biofilter erreicht, wo spezielle Bakterienstämme auf einem Träger, hier ein Torf- und Heidekrautgemisch, angesiedelt sind. Diese bauen die Schadstoffe im wesentlichen zu Kohlendioxid und Wasser ab.

#### 4.3.7.2 Stäube

Stäube entstehen bei der mechanischen Bearbeitung (Bohren und Ritzen) der Leiterplatten. Die größeren Anteile werden in einem Zyklon vorabgeschieden, die feineren Partikel in einem Filter endabgereinigt.

#### **4.3.7.3 Abwässer**

Zu einem großen Teil werden Produktionsabwässer je nach Erfordernis in der hauseigenen Abwasserbehandlungsanlage gereinigt und danach direkt in den Vorfluter (Mur) eingeleitet.

Ebenso werden dem Vorfluter sämtliche Kühlwässer zugeführt, da diese keine Verunreinigungen aufweisen. Hier ist nur auf Unterschreitung der vorgeschriebenen höchstzulässigen Einleitetemperatur zu achten.

Der restlichen Abwässer aus der Produktion weisen eine hohe Belastung durch organische Verunreinigungen auf. Diese Menge wird gemeinsam mit dem sanitären Abwasser der kommunalen Regionalkläranlage des Reinhaltungsverbandes Leoben zugeführt und dort gereinigt.

#### **4.3.7.4 Feste Abfälle**

Feste Abfälle werden am Anfallort getrennt gesammelt und den jeweiligen konzessionierten Entsorgern und Verwertern übergeben.

Durch ständige Optimierungen kann der Anfall von Abfällen kontinuierlich reduziert werden. Der verbleibende Rest wird zu über zwei Drittel extern durch Wiederaufbereitung in den Stoffkreislauf zurückgeführt. Dazu eignen sich besonders Chemikalienbadabfälle, die beträchtliche Mengen an Wertstoffen enthalten. Das letzte Drittel wird je nach Erfordernis entweder deponiert oder in dazu befähigten Anlagen verbrannt.

#### **4.3.7.5 Auswirkungen auf Boden und Grundwasser**

Die Produktion von technologisch hochwertigen Leiterplatten erfordert eine Reihe von sowohl für die Umwelt, als auch für die menschliche Gesundheit bedenklichen Einsatzstoffen und Chemikalien. Die flüssigen Komponenten stellen somit eine Gefahr für den Boden und das Grundwasser dar.

Um dieser Gefahr zu begegnen, sind sämtliche Böden in den Zonen des Werkes, wo diese Gefahrstoffe auftreten können, flüssigkeitsdicht und chemikalienbeständig versiegelt. Weiters sind unter den Produktionsmaschinen je nach Erfordernis Auffangwannen installiert. An den Übergabestationen, von wo aus die mit dem LKW angelieferten Chemikalien in die Lagertanks gepumpt werden, stehen die Tankfahrzeuge in einer flüssigkeitsdichten Senke, um bei einem Zwischenfall auslaufendes Medium aufzufangen und in eine Notwanne abzuleiten. So wird die Umweltgefahr auf ein absolutes Minimum reduziert.

#### **4.3.7.6 Lärm**

Lärmquellen stellen Kältemaschinen, das Kesselhaus und Auslässe der Absauganlagen dar. Es wurden Messungen an diversen Immissionspunkten durchgeführt und diese den vorgeschriebenen Grenzwerten gegenübergestellt. Diese Grenzwerte liegen zwischen 45 und 49 dB(A). Ein in Auftrag gegebenes Gutachten stellt dazu fest, dass es bei zwei Messpunkten zu geringfügigen Überschreitungen (1 dB(A)) der erlaubten Werte kommt. Diese geringen Abweichungen sind im

allgemeinen aber subjektiv nicht wahrnehmbar und liegen außerdem im Bereich von Messungenauigkeiten der Schallpegelmessgeräte und der Berechnungstoleranzen von Immissionsprognosen. An allen anderen Messpunkten ergeben sich keine Überschreitungen der Grenzwerte des Genehmigungsbescheides.

### **4.3.8 Immissionen**

#### **4.3.8.1 Gasförmige Schadstoffe**

Das Land Steiermark führte Nadelanalysen durch, wo auf unzulässig erhöhte Chloridkonzentrationen getestet wurde. Diese Untersuchungen zeigten keine Beeinträchtigungen und werden daher nicht mehr durchgeführt.

Es wurde eine Immissionsberechnung für alle möglichen aufgrund der Tätigkeiten emittierbaren Stoffe durchgeführt. Diese ergab keine wie auch immer geartete Belastungen. Um die Theorie in der Praxis zu überprüfen wurden 1998 Messkerzen in unmittelbarer Nähe aufgestellt. Auch diese Überwachungen zeigen keine signifikanten Erhöhungen bei den möglichen Schadstoffen.

#### **4.3.8.2 Flüssige Schadstoffe**

Im Zuge des Neubaues des Werkes 2 in Hinterberg wurde eine neue Betriebsabwasserreinigungsanlage errichtet. Dadurch verbessert sich die Abscheidung von gelösten Schwermetallen und organischer Fracht im Vergleich zu den alten Anlagen. Dies wirkt sich in weiterer Folge positiv auf die Immissionen in den Vorfluter aus. Eine weitere Optimierung stellt die Errichtung eines Einlaufbauwerkes für die Direkteinleitung dar, da so die Durchmischung beschleunigt wird und Absetzungserscheinungen im Seichtwasserbereich vermindert werden.

### **4.3.9 Weitere den betrieblichen Umweltschutz betreffende Faktoren**

Zur Ermittlung und Bewertung bis dato noch nicht behandelte Faktoren, die die Umwelt betreffen, wurde eine Risikoanalyse durchgeführt.

Sie umfasst eine Checkliste, die sukzessive alle möglichen Gefahrenquellen auflistet und auf ihre Relevanz überprüft. Die Gefahrenquellen wurden in die Bereiche Schadstoffbezogen, Anlagenbezogen, Störfallereignisbezogen und Außerbetrieblich eingeteilt.

Darauf fußend wurde ein Bericht erstellt, der jeden Teilpunkt auf sein Gefahrenpotential einschätzt und in weiterer Folge bestehende Maßnahmen alteriert bzw. völlig neue Vorgaben in Kraft setzt. So sollen Störfälle mit Umweltauswirkungen soweit wie möglich verhindert und Störfallauswirkungen reduziert werden.

## 5 Wassereinsatz in Hinterberg [2]



Das alte Werk 1 besteht schon seit Anfang der achtziger Jahre und unterliegt ständigen Änderungen der Prozessanlagen. Somit müssen die Versorgung und die Entsorgung natürlich ständig adaptiert werden. Der hier dokumentierte Stand bezieht sich auf April 2001.

Allgemein sind diese Erhebungen erforderlich, um die verschiedenen Verbraucher zu untersuchen und zu bewerten. Es können die größten Abnehmer bestimmt werden, bei denen bereits kleine Optimierungen große Auswirkungen haben. Im Gegensatz dazu bedeuten Anstrengungen bei vergleichsweise kleinen Bedarfsträgern teilweise große finanzielle Aufwendungen, die durch die in diesen Fällen erzielbaren Einsparungen nicht gerechtfertigt werden können. Auch auf umwelttechnischer Seite ist es viel effizienter große Verbraucher wenig und mit einfachen Mitteln zu optimieren, als für kleine Einheiten hohen Aufwand mit technisch komplizierten Lösungen zu treiben, da die absolut eingesparten Mengen im ersten Fall im allgemeinen höher liegen. Bei komplizierten Änderungen leidet überdies die Betriebssicherheit.



# 5.1 Beschreibung des Wasserverlaufschemas Werk 1

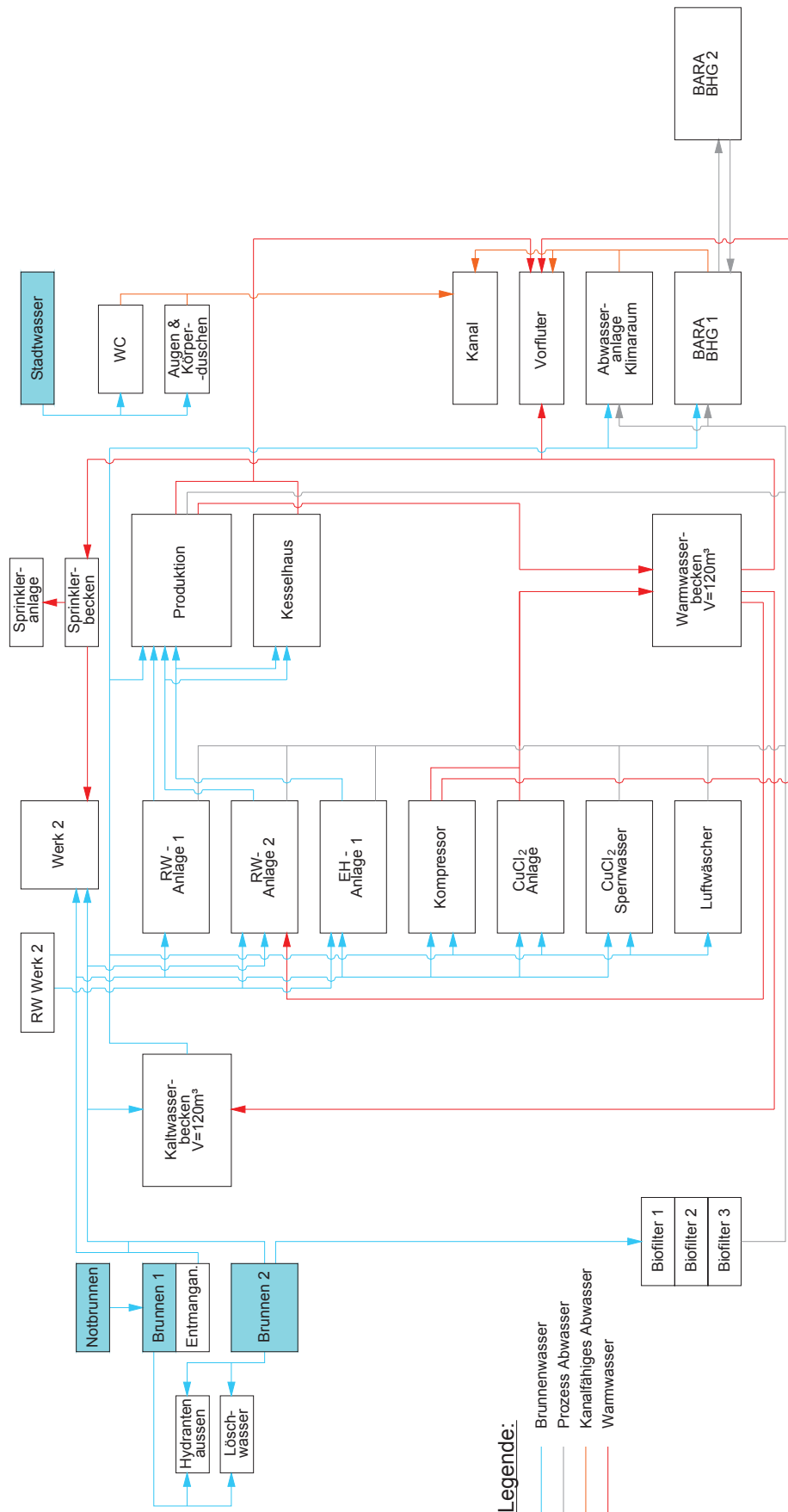


Abbildung 5.1: Wasserverlaufschema Werk 1

### 5.1.1 Brunnen

Zu Beginn wurde zur Wasserversorgung der alte Brunnen 1 eingesetzt. Die Installation einer Entmanganung war notwendig, da anfängliche Wasserproben einen erhöhten Manganwert aufwiesen. Durch Kaliumpermanganat und Filtration über ein katalytisches Filtermaterial („Manganese Greensand“) werden die zweiwertigen Manganverbindungen zu vierwertigem unlöslichem Mangandioxid oxidiert. Der apparative Aufbau besteht aus drei Festbett-schüttreaktoren, welche parallel geschaltet eine maximale Wassermenge von 200 m<sup>3</sup>/h verarbeiten können. Die Schüttung setzt sich aus 3 Schichten Quarzsand und einer Schicht „Greensand“ zusammen. Dieses „Greensand“ – Filtermaterial ist ein natürliches Mineral (Glauconit), welches oxidierende und katalytische Eigenschaften besitzt.

Der neue Brunnen 2 wurde notwendig, da die laut Wasserrechtsbescheid maximal entnehmbare Wassermenge nicht mehr ausreichte, um die ständig steigenden Anforderungen der Produktion zu bedienen.

Beide Brunnen sind Tiefbrunnen, die durch das Uferfiltrat der nahegelegenen Mur gespeist werden. Zur Zeit werden die rechtlich erlaubten Wassermengen nur zu einem Bruchteil ausgeschöpft.

Für den Ausfall einer der Brunnen, zum Beispiel durch Versagen der Förderpumpen, ist ein Notbrunnen installiert, der allerdings nur kurzzeitig die Anforderungen befriedigen kann.

### 5.1.2 Hydranten außen / Löschwasser

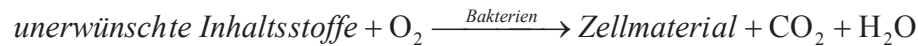
Für den Brandfall sind auf dem gesamten Werksgelände Hydranten verteilt, um für die Feuerwehr ausreichend Löschwasserzapfpunkte bereitzustellen. Dieses Feuerlöschsystem kann aus jedem der drei Brunnen gespeist werden.

### 5.1.3 Biofilter [9]

Zur Abreinigung der organischen Verschmutzungs- und Geruchsstoffe der Abluft wurden Biofilter installiert. Sie sind auf ca. 10000 m<sup>3</sup>/h lösungsmittelhaltige Abluft ausgelegt. Die modular aufgebaute Gesamtfilterfläche beträgt 100 m<sup>2</sup>. Die Abluft wird nach einer Befeuchtung mittels eines Radialventilators in Verteilerkanäle unterhalb der Biofilterfüllung gedrückt. Dadurch wird sie gleichmäßig über die gesamte Breite des Feldes verteilt und strömt in weiterer Folge durch die Tragroste und durch die biologisch aktive Füllung.

Als Trägermaterial für die Bakterienflora wird Spezialfasertorf verwendet, der ein Gemisch aus verschiedenen Altersschichten und Gewinnungsgebieten darstellt. Der Torf enthält Heidekraut als Strukturmaterial, wodurch verhindert wird, dass die Masse zusammenfällt.

Prinzipiell erfolgt der Abbau nach folgendem Vorgang:



Biofilter müssen allgemein durch Wasserberieselung definiert feucht gehalten werden. Die Anspeisung erfolgt zur Zeit aus dem Brunnen 2. Das Rieselwasser wird ständig rezirkuliert.

Es ist ein Ausbau der Kapazität geplant, wodurch auch eine neue Abluftleitung erforderlich wird. Im Zuge dessen wird auch eine neue Befeuchtungswasserleitung gelegt. Hier gibt es Einsparpotentiale.

#### **5.1.4 Kaltwasserbecken**

Dieses Kaltwasserbecken dient als Vorlagebehälter für die Produktion im Werk 1. Sollte die Versorgung aus den Brunnen aus irgend einem Grund ausfallen, so kann eine kurze Zeit die Produktion aus dieser Vorlage aufrechterhalten werden.

Zu beachten ist allerdings, dass nicht alle Abnehmer über das Kaltwasserbecken versorgt, sondern einige auch direkt aus den Brunnen gespeist werden. Dieser Nachteil ergibt sich aus dem ständigen Aus- und Umbau der Produktion.

#### **5.1.5 Alte Reinstwasseraufbereitungsanlage 1**

Diese Anlage war die erste Versorgungsanlage der Produktion und wurde beim Neubau des Werkes errichtet. Sie wurde mittlerweile durch die Enthärtungsanlage klein und die neue Reinstwasseraufbereitungsanlage 2 ersetzt. Sie ist nicht mehr in Betrieb, ist aber noch aufgebaut und wird nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

#### **5.1.6 Neue Reinstwasseraufbereitungsanlage 2 [10], [11]**

Dient als Ersatz der alten Aufbereitung, und wurde 1985 von der Firma VOEST errichtet. Seitdem ist sie allerdings schon einige Male umgebaut und erweitert worden. So wurde zum Beispiel die gesamte Umkehrosmose – Einheit ausgetauscht.

Wie man aus dem Schema erkennen kann, ist die Anspeisung direkt aus den Brunnen, aus dem Kaltwasserbecken oder aus dem Warmwasserbecken möglich. Im Normalfall wird die letzte Variante eingesetzt, was bereits dem Einsparungskonzept der doppelten Wassernutzung (zuerst als Kühlwasser, dann als Produktionswasser) entspricht.

Der apparative Aufbau besteht aus zwei Enthärtungsschüttbettfiltern, drei Umkehrosmose – Einheiten, drei Mischbettfiltern, einem Vorfilter, einem UV –Strahlungsfiler und drei Sterilfilter. (siehe nachfolgendes Schema)

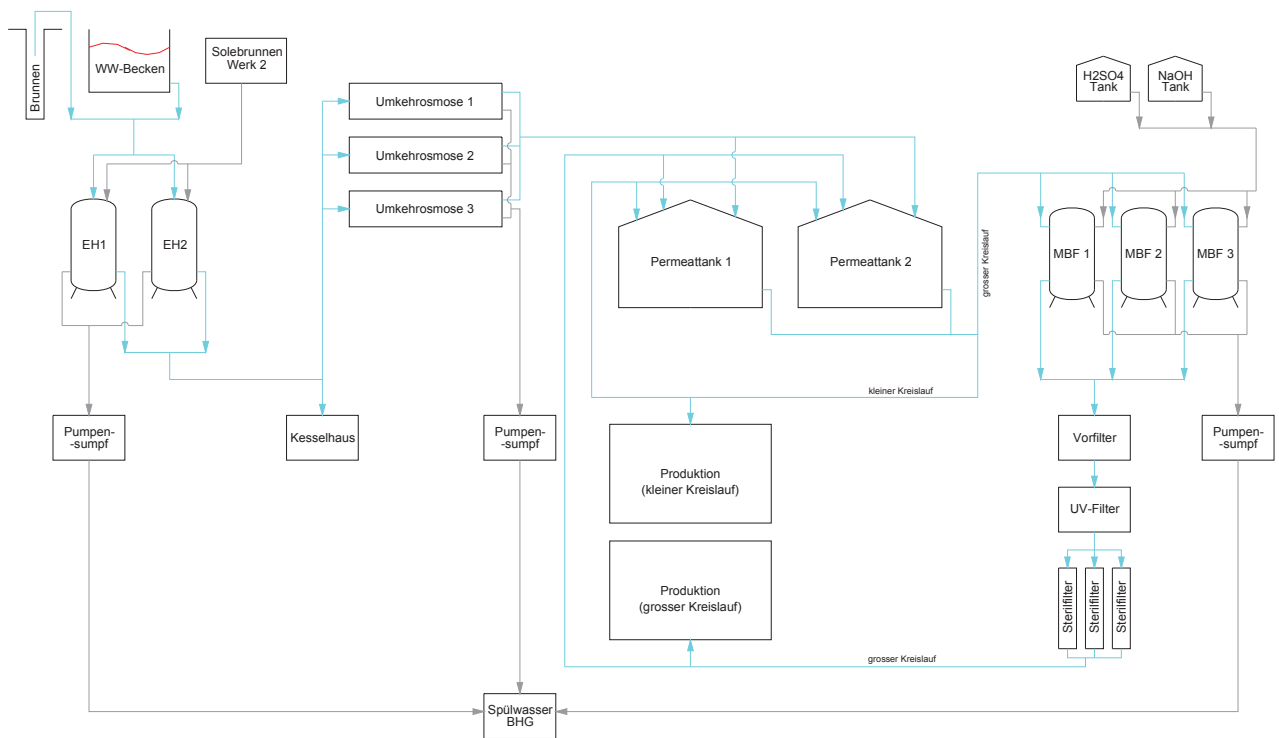


Abbildung 5.2: Neue Reinstwasseraufbereitungsanlage 2 - Werk 1

### 5.1.7 Enthärtungsanlage klein [11]

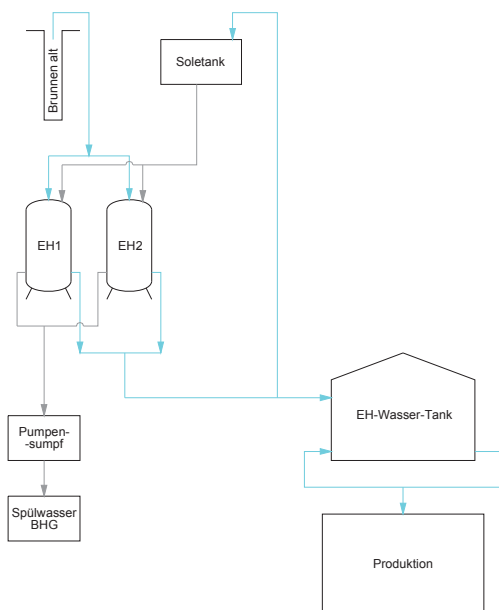


Abbildung 5.3: Enthärtungsanlage klein - Werk 1

Die Härte des Wassers setzt sich aus temporärer Härte ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  und  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ) und permanenter Härte ( $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$  und  $\text{MgCl}_2$ ) zusammen. Die EH klein ist in der Lage, diese Ionen zu substituieren. Dieses Wasser wird sowohl in der Produktion als auch als Kesselspeisewasser verwendet.

Der apparative Aufbau besteht lediglich aus zwei Enthärtungsschüttbettfiltern.

### 5.1.8 Kompressoren [12], [13]

Im Werk 1 kommen zur Zeit noch drei Kompressoren vom Typ Atlas Copco ZR 5 B Pack – E zum Einsatz. Dies sind zweistufige wassergekühlte Schraubenkompressoren mit Elektromotorantrieb, welche ölfreie Luft pulsationsfrei liefern. Die Liefermenge je Einheit beträgt bei Volllast ca. 1 m<sup>3</sup>/s, der maximale Betriebsdruck 8,5 bar. Dabei ist bei einer Temperaturerhöhung von 15 °C eine Kühlwassermenge von insgesamt 5,25 l/s erforderlich.

Nachgeschaltet befinden sich je zwei Drucklufttrockner vom Typ Atlas Copco MD 5 und ein neuer Trockner vom Typ Atlas Copco MD 1000 W. Sie arbeiten nach dem Absorptionsprinzip, um der erzeugten Druckluft die Feuchtigkeit zu entziehen. Der Hauptteil ist ein Rotor aus wasserabsorbierendem Material, das um den Kern gewickelt ist. Durch einen Teil dieses Rotors strömt die zu trocknende Luft und gibt ihre Feuchtigkeit ab, der restliche Teil wird zur gleichen Zeit durch heiße Luft regeneriert. Durch Drehung wechseln diese Abschnitte kontinuierlich.

Der Kühlwasserbedarf für den MD 5 beträgt bei einem Temperaturanstieg von 15 °C 0,76 l/s je Einheit, für den MD 1000 sind bei einem Temperaturanstieg von 5 °C 2,5 l/s erforderlich.

### 5.1.9 CuCl<sub>2</sub> – Anlage [14]

Für die Vorlage der Prozesschemikalien in der CuCl<sub>2</sub> – Anlage ist eine konstante Temperatur erforderlich. Besteht eine nur geringe Auslastung, so ist die Heizung des Mediums erforderlich, unter Volllast wird es aufgrund exothermer Reaktionen zu stark erwärmt und daher mit Kühlwasser abgekühlt. Demzufolge schwankt dieser Wasserbedarf auch in Abhängigkeit der Fertigungstätigkeit. Da der absolute Wert aber in Relation zum Gesamtwasserbedarf gering ist, haben diese Schwankungen nur wenig Auswirkung.

### 5.1.10 CuCl<sub>2</sub> – Pumpen Sperrwasser [14]

Der Austritt der Chemikalien aus dem CuCl<sub>2</sub> – Anlagensystem ist aufgrund ihrer Gefährlichkeit in jedem Fall zu vermeiden. Daher werden die Labyrinthdichtungen der Pumpen von außen ständig mit Sperrwasser beaufschlagt. So gelangt zwar Wasser in den Kreislauf und verdünnt diesen geringfügig, der Labyrinthspalt ist nach außen hin aber völlig abgeschottet. Voraussetzung dafür ist natürlich, dass der Sperrwasserdruck über dem des Fördermediums liegt und so gewährleistet wird, dass die Fließrichtung in den Labyrinthen in allen Fällen nach innen gerichtet ist.

Im Werk 1 kommen drei Pumpen parallel zum Einsatz.

### 5.1.11 Luftwäscher

Zur Reinigung der mit anorganischen Gefahrstoffen verunreinigten Abluftströme sind mehrere Luftwäscher vorgesehen. Diese Gefahrstoffe sind im allgemeinen saure und basische Dämpfe aus den unterschiedlichen Produktionseinheiten, die dort abgesaugt und danach abgeschieden werden müssen.

Die Luftwäscher stehen in der Dachkonstruktion. Sie arbeiten nach dem Gegenstromprinzip und sind mit speziellen Kunststofffüllkörpern gefüllt. Als Waschmedium dient Brunnenwasser.

Die Abschlammung des Waschmediums erfolgt hier noch größtenteils nach einer gewissen Zeit manuell. Die Verdunstungsverluste werden im Zuge dieses Vorgangs ergänzt.

### 5.1.12 Produktion

Im Zuge dieser Diplomarbeit wurden anfänglich Anstrengungen in Richtung der Auflösung und Bestimmung des Wasserverbrauches je Maschine unternommen. Dies gestaltete sich aufgrund teilweise fehlender Wasserzähler schwierig. Die theoretischen Daten aus den Beschreibungen sind



nicht aussagekräftig, da sie sich auf Dauerbetrieb beziehen, der real in den seltensten Fällen vorherrscht. Daher wird die gesamte Produktion undifferenziert als eine Einheit dargestellt.

Zur Wassereinsparung sind im Kühlwasserzulauf jeder Produktionseinheit Strangreguliertventile eingebaut worden.

Diese Ventile können den maximalen Zufluss begrenzen. Hier ergibt sich aber oft das Problem, dass die Prozessstabilität und die Qualität der Produkte unter einer solchen Restriktion leiden. Im Falle der Bohrmaschinen zum Beispiel ergab sich durch Reduktion des Wasserzulaufes eine Verschlechterung der Maßhaltigkeit. Als Ursache dafür gilt, dass diese Maschinen nur sehr kurzzeitig, dann aber einen großen

Kühlmediumstrom benötigen. Aufgrund der Restriktion wird in diesem Zeitfenster zu wenig Kühlwasser gefördert und so die Bohrspindel zuwenig gekühlt.

Mit diesem Beispiel wird transparent, dass eine Einsparung in der Produktion äußerst schwierig ist. Es werden zwar ständig Versuche in diese Richtung unternommen, aber aufgrund der weiten Schwankungsbreiten der Fertigungsdurchsätze und der Optimierungsmöglichkeit nur für einzelne, ganz bestimmte Betriebspunkte, sind diese schwierig ständig zu etablieren.

In der Fertigung steht die Qualität des Produktes absolut im Vordergrund, daher sind dort Einsparungen nur in der Konstruktionsphase der Fertigungsanlagen möglich. Diese Anlagen werden aber von Fremdfirmen wie der deutschen Atotech oder Schmid zugekauft. Daher bestehen nur indirekte Möglichkeiten der Einflussnahme auf Optimierungen. Diese Zulieferfirmen sind aber im Rahmen der von der AT&S gegründeten Technologieplattform selbst bestrebt, selbst möglichst weitreichende Einsparungen im Wasser- und Chemikalienverbrauch auch im Hinblick auf finanzielle Vorteile zu erreichen. Ein gutes Beispiel sind die Verbesserungen beim Spülen der Leiterplatten. Hier wurden einfachen Spritzspühen Sparspülen für eine Grobreinigung vorge-schaltet. In weiterer Folge ist auf hocheffiziente Kaskadenspülsysteme übergegangen worden.

### **5.1.13 Kesselhaus [15], [16]**

Die Kessel im Kesselhaus werden alternativ mit enthärtetem Wasser oder mit Reinstwasser gespeist. Dies verhindert, dass Kalkablagerungen an den Heizrohren zurückbleiben, wenn Wasser verdampft. Diese Kalkschichten haben wesentlich schlechtere Wärmeübergangswerte als der verwendete Stahl. Daher kann die von der Feuerung gelieferte Wärmemenge nicht mehr optimal übertragen werden. Es sinkt der thermische Wirkungsgrad, die nicht übertragene Wärmemenge wird über das Abgas verloren und die Heizrohre können rauchgasseitig überhitzen und zerstört werden. Aus diesen Gründen muss im Heizkreis enthärtetes Wasser verwendet werden.

### **5.1.14 Warmwasserbecken**

In diesem Becken werden fast alle erwärmten Kühlwasserströme gesammelt. Nur wenn die Speisung der Kompressoren aus dem alten Brunnen 1 erfolgt, muss das Wasser danach direkt in den Vorfluter geleitet werden, da bei Einleitung in das Warmwasserbecken der Rückstaudruck in diesem System zu hoch ansteigt.

Die Temperatur im Becken beträgt in der Regel zwischen 20 und 25 °C. Die wasserrechtliche Limitierung zur Einleitung in den Vorfluter beträgt 30 °C. Um diesen Grenzwert in jedem Fall zu erreichen, befindet sich am Überlauf ein Mischventil, das dem Warmwasser Brunnenwasser in erforderlicher Menge zudosiert.

Da im Kaltwasserbecken eine obere Grenztemperatur von 12 °C erlaubt ist, tatsächlich aber meist unter 10 °C herrschen, wurde ein Versuch der Kreislaufführung von Kühlwasser gestartet. Aus dem

Warmwasserbecken wird mittels einer mobilen Tauchpumpe erwärmtes Kühlwasser in das Kaltwasserbecken zurückgeführt, um dort das Temperaturniveau zu heben. Wenn allerdings bei voller Auslastung der Produktion maximaler Kühlwasserbedarf notwendig ist, ist die Fördermenge der Pumpe zu gering, deshalb muss mehr Wasser aus dem Brunnen zugeführt werden, und die 12 °C – Grenze kann nicht erreicht werden. Prinzipiell ist diese Schaltung aber sinnvoll.

### 5.1.15 Abwasseranlage Klimaraum [17]

Die Abwasserbehandlung im Werk 1 ist auf zwei Komplexe aufgeteilt. Einer ist die Abwasseranlage Klimaraum, die sich direkt im Erdgeschoss des Fertigungskomplexes befindet. Dort wird ein Teil der Abwässer soweit gereinigt, dass es dem Kanal und darauffolgend der städtischen Kläranlage zugeführt werden kann.

Die Hauptbehandlungsschritte setzen sich aus pH – Korrekturen, diversen Filtern, Elektrolyseverfahren, Reduktionen und Fällungen zusammen. Diese Schritte sind so miteinander verschachtelt, dass etwaige Synergieeffekte und Chemikalieneinsparungspotentiale genutzt werden.

Diese Anlagen wurden durch die Fremdfirma Gütling geplant und gebaut.

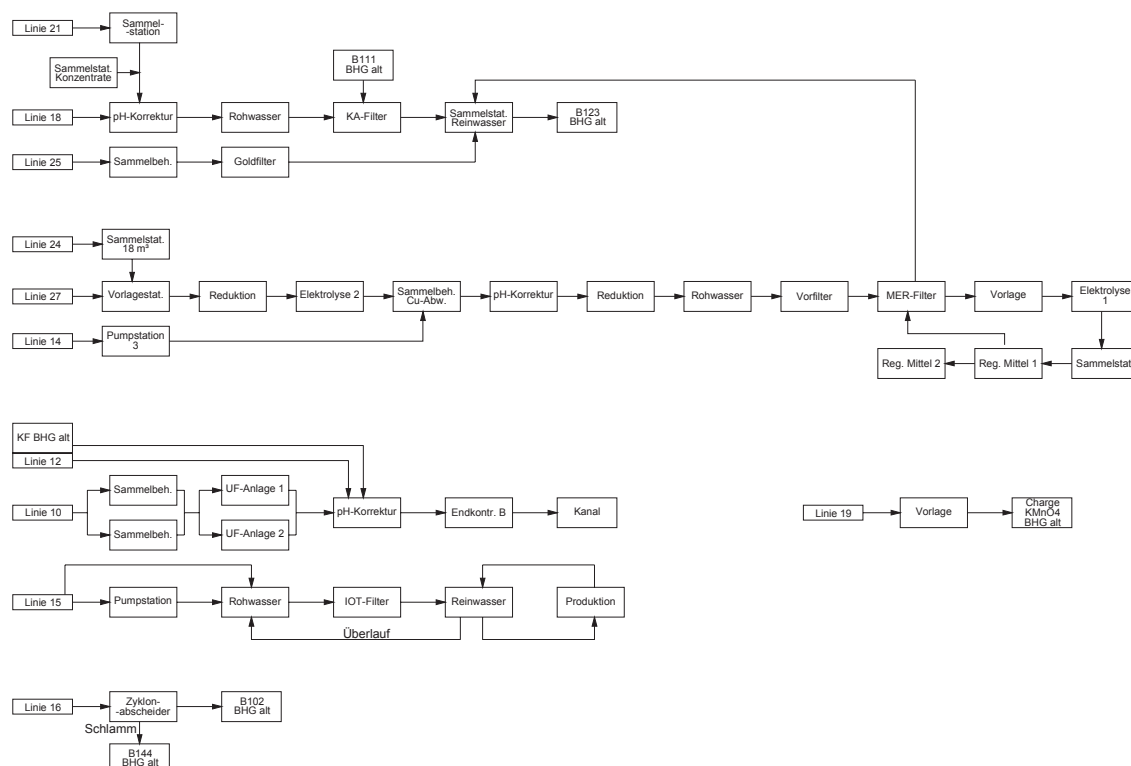


Abbildung 5.4: Abwasseranlage Klimaraum



### 5.1.16 Abwasseranlage alter Behältergarten BHG 1 [17]

Der zweite Teil des Abwassers aus der Produktion Werk 1, aber auch flüssiger Abfall aus dem angrenzenden Analysenlabor BARBARA wird in den Behältergarten 1 geleitet und dort weiterbehandelt.

Zuerst werden die Zuströme in verschiedenen Sammelbehältern optimal vermischt, sodass sie sich gegenseitig nach Möglichkeit bereits teilweise neutralisieren, und danach, wenn eine weitere chargenweise Behandlung vorgesehen ist, zwischengelagert.

Die folgenden Schritte bestehen je nach Inhaltsstoffen aus Neutralisation, Behandlung mit Kaliumpermanganat, Flockung, Fällung, Sedimentation und Filtration.

Auch diese Anlagen wurden durch die Fremdfirma Gütling geplant und gebaut.

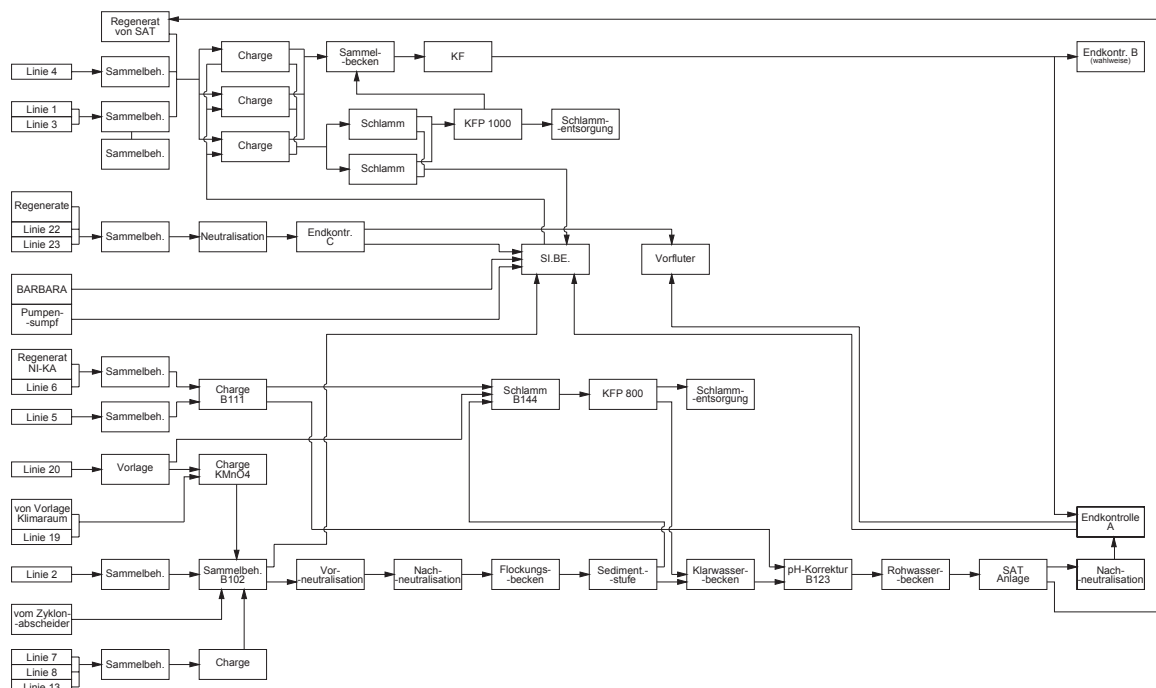


Abbildung 5.5: Abwasseranlage alter Behältergarten BHG 1

### 5.1.17 Vorfluter [2]

Hier dient als Vorfluter der Fluss Mur. Im Verlauf dieses Flusses befinden sich große Industrieanlagen. Dies erklärt auch die sehr schlechte Wasserqualität (Güteklasse 3) in den 70er Jahren. Im Zuge der immer rigoroseren Umweltschutzgesetzgebung konnte dieser Wert auf österreichischem Boden erfreulicherweise zumindest bis auf Güteklasse 2 angehoben werden.

Die AT&S ist von der Mur in zweifacher Weise abhängig. Erstens werden die Tiefbrunnen aus dem Uferfiltrat gespeist, was den natürlichen Grundwasserspiegel in der Umgebung unbeeinflusst lässt

und nicht so tiefe Bohrungen erfordert, andererseits werden erwärmte Kühlwässer und nach den Vorschriften gereinigte Abwässer dort wieder direkteingeleitet.

Im wasserrechtlichen Bescheid werden bereits im Sinne des Gewässerschutzes strenge Auflagen vorgeschrieben, die die Firma aber noch weiter unterschreitet, um für Verschärfungen gerüstet zu sein und umweltbewusstes Handeln zu demonstrieren.

### **5.1.18 Kanal [2]**

Hier erfolgt eine Anbindung an das öffentliche Kanalnetz der Gemeinde Leoben Hinterberg. Dieses ist an eine kommunale Kläranlage angeschlossen. Aufgrund dieser Tatsache ist nur eine Einleitung von in Verschmutzungsgrad und -zusammensetzung häuslichem Abwasser entsprechenden Medien möglich.

Unbedenklich sind somit in jedem Fall die sanitären Ströme. Auch einleitbar sind gewisse Teilströme der Produktion nach Vorbehandlung in den internen Abwasserreinigungsanlagen. Es ist jedoch peinlichst auf die Abscheidung von anorganischen Bestandteilen, wie Säuren, Laugen und Metallen, insbesondere Schwermetallen, zu achten, denn diese Stoffe würden die biologischen Abbauorganismen der Kläranlage augenblicklich vergiften und abtöten. Dies wird kontinuierlich überwacht und aufgezeichnet.

### **5.1.19 Sprinklerbecken und Sprinkleranlage**

Es ist für die Sprinkleranlagen in beiden Werksteile nur ein Anspeisesprinklerbecken im Keller von Werk 1 vorgesehen. Dieses Sprinklerbecken ist dem Warmwasserbecken nachgeschaltet, das heißt, das gesamte zu verwerfende, erwärmte Kühlwasser fließt in das Sprinklerbecken und erst von dort wird es in den Vorfluter geleitet.

### **5.1.20 WC**

Die gesamten sanitären Anlagen im Werk 1 werden aus der Stadtwasserleitung versorgt. Dies ist aufgrund von hygienerechtlichen Vorschriften erforderlich.

### **5.1.21 Augen- & Körperduschen**

Auch die Augen- & Körperduschen werden vom Stadtwasser angespeist. Diese Einheiten sind an allen vom österreichischen Arbeitnehmerinnenschutzgesetz vorgeschriebenen Plätzen installiert, und sollen die rasche Dekontamination bei Kontakt mit gefährlichen Chemikalien gewährleisten.

## 5.2 Beschreibung des Wasserverlaufschemas Werk 2

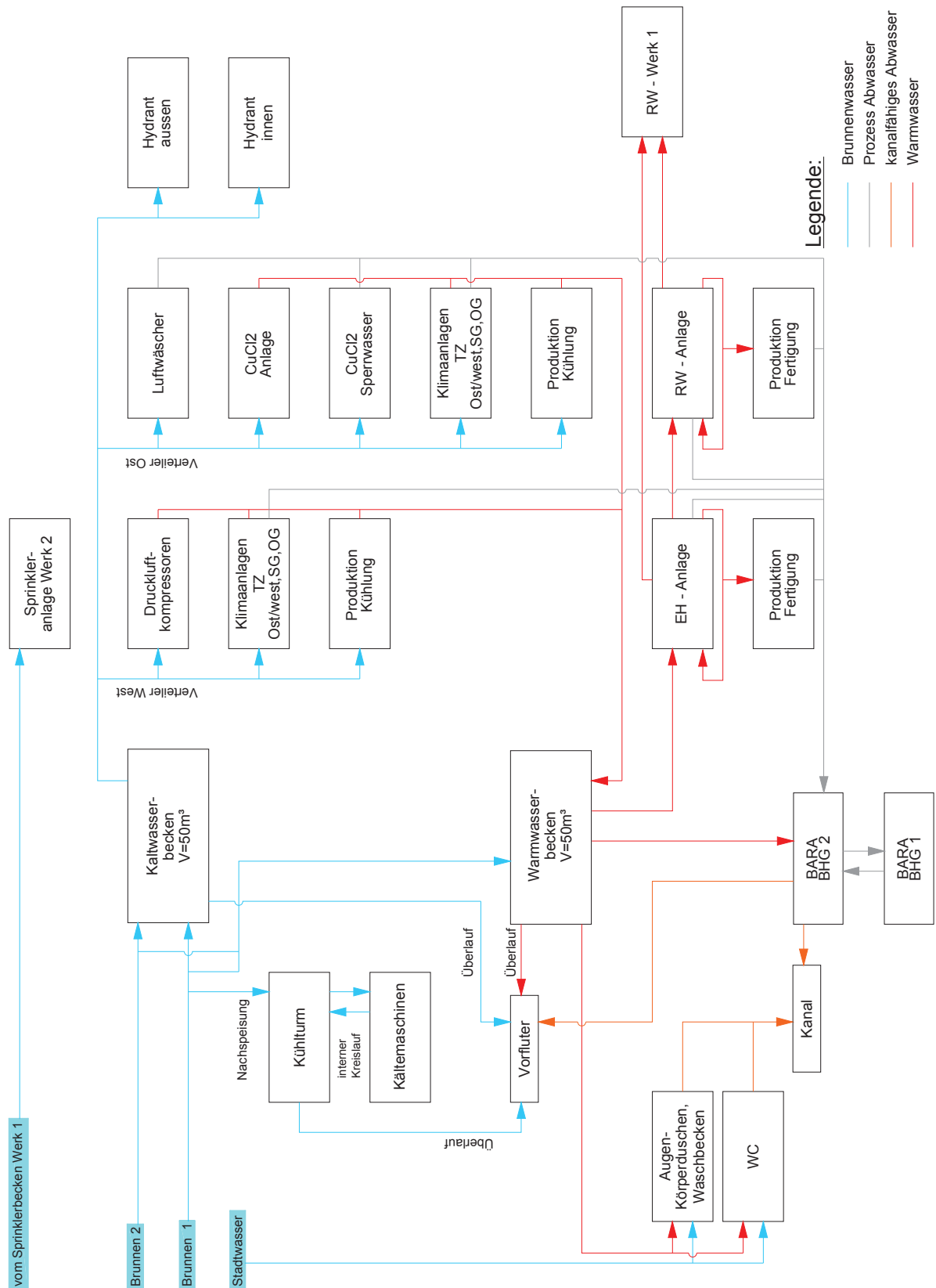


Abbildung 5.6: Wasserverlaufschema Werk 2

### 5.2.1 Allgemein

Generell ist zu bemerken, dass dieses Werk 2 als Erweiterung der bestehenden Fertigung geplant wurde. So entsprechen zwar alle Einrichtungen dem Stand der Technik oder sogar weitergehenden, innovativen Überlegungen, diese unterscheiden sich aber grundsätzlich nicht wesentlich von den schon länger bestehenden Anlagenteilen des Werkes 1. Grund dafür ist, dass, um im Wettbewerb mit der Konkurrenz bestehen und diese sogar übertreffen zu können, alle dortigen Systeme ständig erneuert und verbessert werden, so wie es der „best in class“ Firmenphilosophie entspricht.

Daher sind im folgenden die Einrichtungen des neuen Werkes 2 nur kurz umrissen, bei allfälligen Ähnlichkeiten mit Werk 1 wird dorthin verwiesen. Andere Teile wieder, wie zum Beispiel die Brunnen, werden gemeinschaftlich genutzt.

Anhand der später angeführten Wasserverbräuche ist deutlich erkennbar, dass trotz ähnlicher Fertigungskapazitäten der beiden Werke die Absolutmenge an zuzuführendem Brunnenwasser deutlich verringert werden konnte, was auf neueste eingesetzte Technologien, aber auch auf ein gesteigertes Umweltbewusstsein zurückzuführen ist. So bringt der verantwortungsvolle und nachhaltige Umgang mit Ressourcen auch eine finanzielle Einsparung.

### 5.2.2 Gesamtkälteanlage [18], [19], [20]

Diese Gesamtkälteanlage umfasst die nachfolgend beschriebenen Kältemaschinen und die Kühltürme. Es werden zwei Kühlkreise angespeist, einer im Temperaturniveau 6 °C Vorlauf / 12 °C Rücklauf, der andere als 4 / 10 °C – System.

Am 6 / 12 °C – System hängt die gesamte Raumkühlung. Diese ist in erster Linie in der Fertigung, in den klimakontrollierten Räumen aber auch in den Büros installiert. Besonders in der Produktion sind definierte Temperaturen und Luftfechtigkeiten innerhalb enger Grenzen erforderlich, um die Qualität der Produkte gewährleisten zu können. Hier kommen drei Klötzl RCU400SY – 01D Kältemaschinen zum Einsatz.

Vom 4 / 10 °C – System werden zwei Anlagen der Luftentfeuchtung gespeist. Diese liefern einen schon oben erwähnten Massenstrom definiert entfeuchteter Luft für die Räume, in denen kritische Fertigungsprozesse ablaufen. Hier kommt eine Kältemaschine vom Typ Klötzl RCU200SY – 01D zum Einsatz.

Die Zuschaltung der Kompressoren erfolgt lastabhängig über das Honeywell – Hausleitsystem in zehn Stufen, in Abhängigkeit der gemeinsamen Wassereintrittstemperatur. Aufgrund der jeweiligen Betriebszeiten der einzelnen Kompressoren wird die Einschaltreihenfolge angepasst.

### 5.2.3 Kältemaschinen [19], [20]

Zum Einsatz kommen drei wassergekühlte Kältemaschinen mit Schraubenverdichter vom Typ Klötzl RCU400SY – 01D, die jeweils auf eine Nennkälteleistung von 1434 kW ausgelegt sind. Wasser dient als Übertragungsmedium. Die elektrische Anschlussleistung beträgt 303 kW. Als Kreislaufmedium kommt das Freon R407C zum Einsatz. Die Kondensationstemperatur beträgt + 40 °C, die Verdampfungstemperatur + 1°C. Gekühlt werden die Maschinen mit + 27 °C warmem Wasser. Dieses wird dabei auf + 34 °C erhitzt und in weiterer Folge mittels Ventilatorkühltürmen wieder auf 27 °C rückgekühlt. Hauptkomponenten sind wie bei jeder herkömmlichen Kältemaschine ein Verdampfer, ein Kondensator, der Verdichter und ein thermostatisches Expansionsventil.

Zusätzlich kommt eine vierte kleinere Maschine vom Typ Klötzl RCU200SY – 01D zum Einsatz. Der grundsätzliche Aufbau ist annähernd gleich. Die Nennkälteleistung beträgt 404 kW, derzeit sind aus regeltechnischen Gründen davon aber nur 75 % ausnutzbar. Die elektrische Anschlussleistung beträgt 91 kW, als Kältemedium findet wieder R407C Verwendung. Die Temperaturen sind analog den oben genannten, da auch diese Maschine vom selben Kühlsystem gespeist wird.

### 5.2.4 Kühltürme [21]

Hinter dem neuen Werk neben der Kältezentrale sind drei Vollkunststoff – Ventilatorkühltürme vom Typ Sulzer – Escher – Wyss EWK 1260 aufgestellt. Diese Kühltürme sind saugbelüftet, für



einen offenen Wasserkreislauf ausgelegt und arbeiten nach dem Gegenstromprinzip. Das zu kühlende Medium ist das Kühlwasser der Kältemaschinen.

Im Vorlauf hat das Medium eine Temperatur von 34 °C, im Rücklauf 27 °C, wobei eine maximale

Gesamtkühlleistung von je 1757 kW erreicht werden kann.

Der maximale Wasserdurchsatz je Turm beträgt 245,5 m<sup>3</sup>/h, die Feuchtkugeltemperatur wird mit 21 °C angegeben. Ein Motor mit einer Leistung von 14 kW ist für den Antrieb des Ventilators vorgesehen.

Unter den Kühltürmen befindet sich ein betoniertes Sammelbecken für das von den Kältemaschinen erwärmte Kühlwasser, dessen Füllgrad über eine Niveauüberwachung kontrolliert wird. Aufgrund dieser Messungen wird gegebenenfalls Wasser ergänzt. Mit Unterwasserpumpen werden die Türme angespeist.

### **5.2.5 Vorfluter [2]**

Es ist der Fluss Mur als Vorfluter mit gesetzlich ausreichend bewilligter Aufnahmekapazität vorhanden. Siehe Beschreibung Werk 1.

### **5.2.6 Kaltwasserbecken**

Im Werk 2 wurde analog dem alten Werk 1 ein Kaltwasserbecken als Puffer für die gesamten nachgeschalteten Verbraucher vorgesehen. Beim neuen Werk wurden aber Umgehungen und Direktanspeisungen, wie sie durch die „gewachsene“ und ständig veränderte Struktur des alten Werkes entstanden sind, weitgehend vermieden. Dies bedeutet, dass alle Anlagen auch bei Ausfall der Wasserversorgung eine gewisse Zeit weiter betrieben werden können.

Die Zuleitungen zur Produktion wurden hier über zwei Verteiler, Ost und West realisiert, was den generellen baulichen Gegebenheiten entspricht.

### **5.2.7 Warmwasserbecken**

Gemäß dem System des alten Werkes werden auch hier alle erwärmten Kühlwässer zentral gesammelt. Die mittlere Temperatur beträgt ebenso zwischen 20 und 25 °C. Von Beginn der Planung an wurde aber berücksichtigt, dass dieses Wasser gegenüber dem Brunnenwasser zwar etwas erwärmt ist, chemisch aber die völlig gleiche Güte hat. Daher werden die nachgeschalteten Wasserbehandlungsanlagen „Enthärtung“ und „Vollentsalzung“ und in weiterer Folge die gesamte Produktion ausschließlich mit diesem Wasser gespeist. Dies hat den enormen Vorteil, dass das Brunnenwasser zweifach (sowohl thermisch als auch chemisch) genutzt wird und sich durch diese Doppelnutzung die notwendige Absolutzufuhrmenge an Wasser verringert.

### **5.2.8 Augen- und Körperduschen, Waschbecken, WC**

Auch hier kommt wieder aufgrund der vorher genannten Gründe zum Teil Stadtwasser zum Einsatz. Es wird aber auch teilweise das erwärmte Kühlwasser eingesetzt, wobei eine Leitfähigkeitssonde in diesem Zulauf etwaige gefährliche Kontaminationen erkennt und die Zufuhr in das Pufferbecken sofort stoppt.

## 5.2.9 Kanal

Es gibt nur einen Anschluss an das öffentliche Kanalnetz, daher gilt hier dasselbe, wie für Werk 1.

## 5.2.10 Abwasseranlage neuer Behältergarten BHG 2 [17]

Im Zuge des Neubaus des Werkes 2 wurde auch eine Erweiterung der Abwasserbehandlungskapazitäten notwendig. Dem ist mit der völligen Neuplanung und dem Bau eines weiteren Behältergartens (2) Folge geleistet worden. Die Fremdfirma GOEMA übernahm die Auslegung dieser Anlagen, die in einem eigenständigen Gebäudekomplex neben dem alten Behältergarten untergebracht sind.

Die grundsätzliche Auslegung entspricht den bereits bestehenden Anlagen. Als Abweichung dazu wurden die Abwässer allerdings in zwei Gruppen aufgeteilt. Die eine Abwassergruppe enthält Komplexbildner, die andere nicht. Damit werden nachfolgende Behandlungen erleichtert. Diese setzen sich wieder aus den schon bekannten Schritten, wie zum Beispiel Goldrückgewinnung, Neutralisation, Behandlung mit Kaliumpermanganat, Flockung, Fällung, Sedimentation und Filtration, zusammen. Nach einer Endkontrolle erfolgt die Einleitung in den Vorfluter oder Kanal.

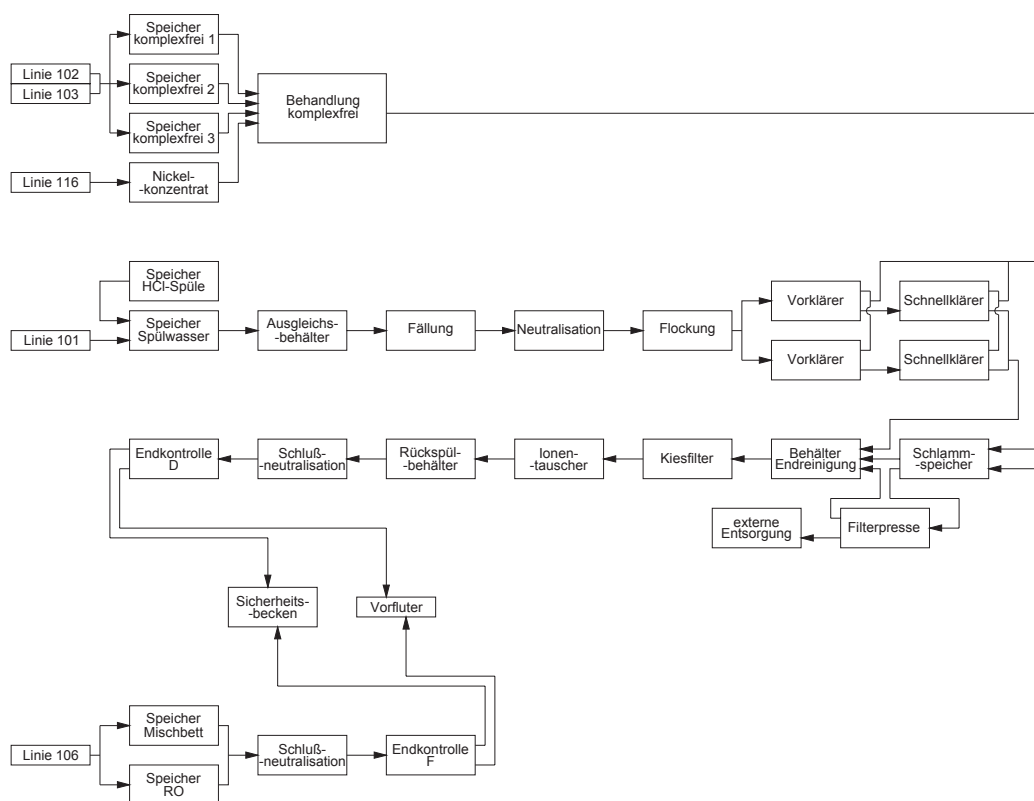


Abbildung 5.7: Abwasseranlage neuer Behältergarten BHG 2 / komplexfreie Abwässer

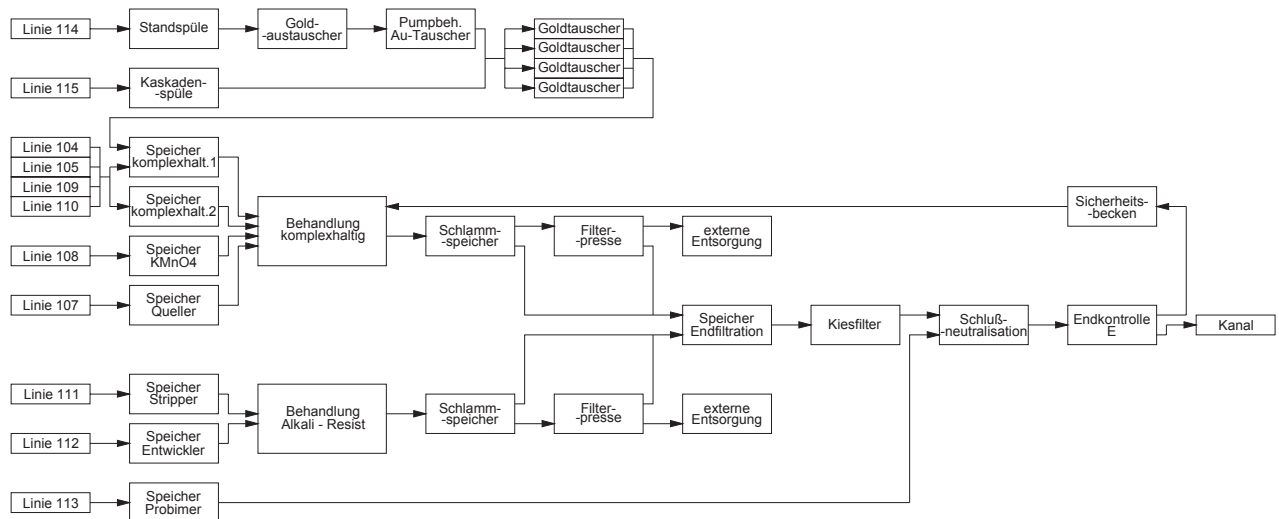


Abbildung 5.8: Abwasseranlage neuer Behältergarten BHG 2 / komplexhaltige Abwässer

### 5.2.11 Sprinkleranlage Werk 2

Aus Feuerschutzgründen ist in den gesamten Produktions- und Lagerbereichen des neuen Werkes eine Sprinkleranlage installiert. Die Anspeisung mit Löschwasser erfolgt wie schon vorher erwähnt aus dem gemeinsamen Sprinklerbecken im alten Werk.

### 5.2.12 Druckluftkompressoren [22]

Im neuen Werk kommen mittlerweile zwei Druckluftkompressoren vom Typ Atlas Copco ZR 400 – 10 – 50 / E zum Einsatz. Dies sind zweistufige, ölfrei verdichtende Schraubenkompressoren mit Elektromotorantrieb. Die Kühlung erfolgt mittels Wasser. Die Hauptkomponenten sind Luftfilter, Niederdruckkompressorelement, Zwischenkühler, Hochdruckkompressorelement und Nachkühler. Das Steuersystem stammt von der Firma Elektronikon.

Ein Druckluftvolumenstrom von nutzbaren 3360 m<sup>3</sup>/h wird mit einem Nennbetriebsdruck von 9 bar geliefert, maximal sind 10 bar möglich. Die Lufttemperatur beträgt am Austritt 24 °C. Der Motor nimmt bei Vollast eine Leistung von 360 kW auf. Bei einer Temperaturerhöhung des Kühlwassers von 15 °C ist ein Volumenstrom von 5,4 l/s erforderlich.

Nachgeschaltet sind Drucklufttrockner vom Typ Atlas Copco MD 1000, um die verdichtete Luft durch Absorptionstrocknung auf einen definierten Feuchtigkeitsgehalt zu bringen.

Da bei der Verdichtung von Luft relativ viel Verlustwärme anfällt, die bis dato verworfen werden musste, hat die Firma AGB in Zusammenarbeit mit Atlas Copco ein Wärmerückgewinnungssystem entwickelt und installiert. Die Kompressoren wurden so umgerüstet, dass das Kühlwasser mit 90 °C anfällt. Die Energie dieses Wassers wird danach über zwei für verschiedene Temperaturstufen



ausgelegte Wärmetauscher Verbrauchern im Werk 2 zugeführt. Die Restwärme wird über einen dritten mit Kühlwasser gekühlten Wärmetauscher verworfen.

### **5.2.13 Klimaanlage TZ, Ost/West, SG, OG [23]**

Diese Felder bezeichnen in erster Linie die sogenannten Kondensattöpfe, wovon sich vier Stück im östlichen und fünf Stück im westlichen Dachgeschoss befinden. In diesen Apparaten werden die heißen Kondensate der Dampfplantzen aus den Klimaanlage sowie die Kondensate aus den Dampfleitungen gesammelt und mittels Kühlwassereinspritzung auf ein Temperaturniveau von etwa 30 °C gebracht, sodass eine Ableitung zur Behandlung in den Abwasserreinigungsanlagen möglich ist.

Weiters sind hier noch einige Register der Klimaanlage enthalten, die allerdings nur als Notkühlung und zur Spitzenlastabdeckung dienen. Diese Betriebszustände kommen aber nur äußerst selten vor und werden daher vernachlässigt.

### **5.2.14 Luftwäscher**

Die Luftwäscher zur Abscheidung gefährlicher, vorwiegend anorganischer Inhaltsstoffe aus der Abluft diverser Produktionsanlagen befinden sich im Dachgeschoss. Ebenso wie im Werk 1 sind es Apparate, die nach dem Gegenstromprinzip arbeiten und mit speziellen Kunststofffüllkörpern gefüllt sind. Das Waschmedium ist hier unnötigerweise enthärtetes Wasser.

Aufgrund der neueren Anlagen erfolgt hier die Abschlammung zumeist schon automatisch, wenn ein gewisser voreingestellter Leitfähigkeitsgrenzwert überschritten wird. Die Verdunstungsverluste werden hier automatisch über eine Niveauregelung ergänzt.

### **5.2.15 CuCl<sub>2</sub> – Anlage [14]**

Diese Anlage funktioniert nach demselben Prinzip und hat einen ähnlichen Aufbau, wie dies bei Werk 1 beschrieben wurde.

### **5.2.16 CuCl<sub>2</sub> – Pumpen Sperrwasser [14]**

Hier sind im Gegensatz zum alten Werk vier Pumpen im Einsatz, es besteht aber die gleiche Problematik des notwendigen Sperrwassers in den Dichtungslabyrinthen. Für nähere Informationen siehe CuCl<sub>2</sub> – Pumpen Sperrwasser Werk 1.

## 5.2.17 Produktion



Im Fließschema für Werk 2 wurden die Produktionssymbole aufgrund der besseren Übersichtlichkeit nach ihrer örtlichen Situierung und der erforderlichen Wasserqualitäten aufgeteilt.

Die Felder in den Verteilern Ost und West symbolisieren Anlagenteile, die Kühlwasser benötigen. Die anderen Felder, die von der Enthärtungs- bzw. von der Reinstwasseranlage gespeist werden, bezeichnen die Maschinen-

teile, die für die tatsächliche Produktion entsalztes Wasser von bestimmter Qualität benötigen.

Im Bezug auf die Auflösung des Wasserbedarfs je Maschine ergeben sich dieselben Probleme, wie sie schon bei Werk 1 zur Sprache gekommen sind. Auch hier wäre der Einbau von zusätzlichen Wasserzählern für eine genauere Bestimmung der jeweiligen Verbräuche erforderlich.

Analog dem alten Werk sind hier Strangregulierventile in die diversen Kühlwasserzulaufe eingebaut worden. Die vorher angesprochene Problematik bei den Bohrmaschinen ist hier weniger stark ausgeprägt, da das Reduzierventil in den Hauptwasserzulauf eingebaut ist und somit schwankende Abnahmemengen der Einzelmaschinen untereinander ausgeglichen werden, da nie alle Maschinen gleichzeitig anlaufen. Die Zuleitung dient hier also als Ausgleichspuffer der Abnehmer untereinander und glättet die Bedarfskurve. Diese Installation der Ventile ist im Werk 1 aufgrund der aufgetrennten und örtlich weit auseinanderliegenden Zuleitungen nicht möglich.

Trotzdem bestehen auch im neuen Werk ähnliche, allgemeine Probleme in bezug auf Optimierungen der Kühlwasserzuflüsse durch Zufuhrrestriktion mittels Ventilen. Deren Einstellungen können nur für bestimmte Betriebspunkte und Auslastungen erarbeitet werden. Hier machen aber die großen Schwankungen der Fertigungsdurchsätze Einsparungen ohne Qualitätsverluste fast unmöglich.

Wirksame Verbesserungen sind fast nur indirekt über die Technologieplattform erreichbar.

### 5.2.18 Enthärtungsanlage [11], [24], [25], [26]

Die Enthärtungsanlage ist ein Teil der Reinstwasseraufbereitungsanlage. Hier werden wie in der Enthärtungsanlage klein des alten Werkes die temporäre Härte ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  und  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ) und die permanente Härte ( $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$  und  $\text{MgCl}_2$ ) des Speisewassers aus dem Warmwasserbecken entfernt, um Ablagerungen an Maschinenteilen zu vermeiden.

Zum Einsatz kommen zwei parallel geschaltete Schüttbettfilter, in denen über Ionentauscher die unerwünschten Salze durch Kochsalz ersetzt werden. Die Regeneration dieser Tauscher erfolgt mittels einer Rückspülung mit einer Kochsalzlösung.

Ganz allgemein ist zu bemerken, dass hier keine Ionen entfernt, sondern nur eine Art durch eine andere ersetzt werden.

### 5.2.19 Reinstwasseraufbereitungsanlage Werk 2 [11], [24]

Die Reinstwasseraufbereitungsanlage wird von der vorgeschalteten Enthärtungsanlage mit enthärtetem Wasser gespeist. Dieses Wasser wird in einer Umkehrosmose – Anlage bis zu einem gewissen Grad entsalzt, wobei ein Teilstrom als Konzentrat mit hohem Salzgehalt über die Abwasserreinigungsanlagen verloren geht. Um die geforderte Reinstwasserqualität zu erreichen, sind drei parallel geschaltete Mischbettfilter angeordnet, wo auch die letzten unerwünschten Salze abgeschieden werden. Die Endreinigung erfolgt über Vor-, UV- und Sterilfilter.

Im Gegensatz zum alten Werk gibt es nur zwei Wasserqualitäten in der Aufbereitung, nämlich enthärtetes Wasser und deionisiertes Reinstwasser. Das Umkehrosmose – Permeat dient in diesem Fall nur zur Anspeisung der Mischbettfilter und wird nicht als eigener Strom ausgeschleust. Ansonsten ähneln sich die Aufbereitungsanlagen vom grundsätzlichen Aufbau her. Auch hier erfolgt die Versorgung der Abnehmer über eine Ringleitung, von der sich die erforderlichen Abzweigungen trennen. Überflüssiges Medium wird über Speichertanks im Kreis gepumpt.

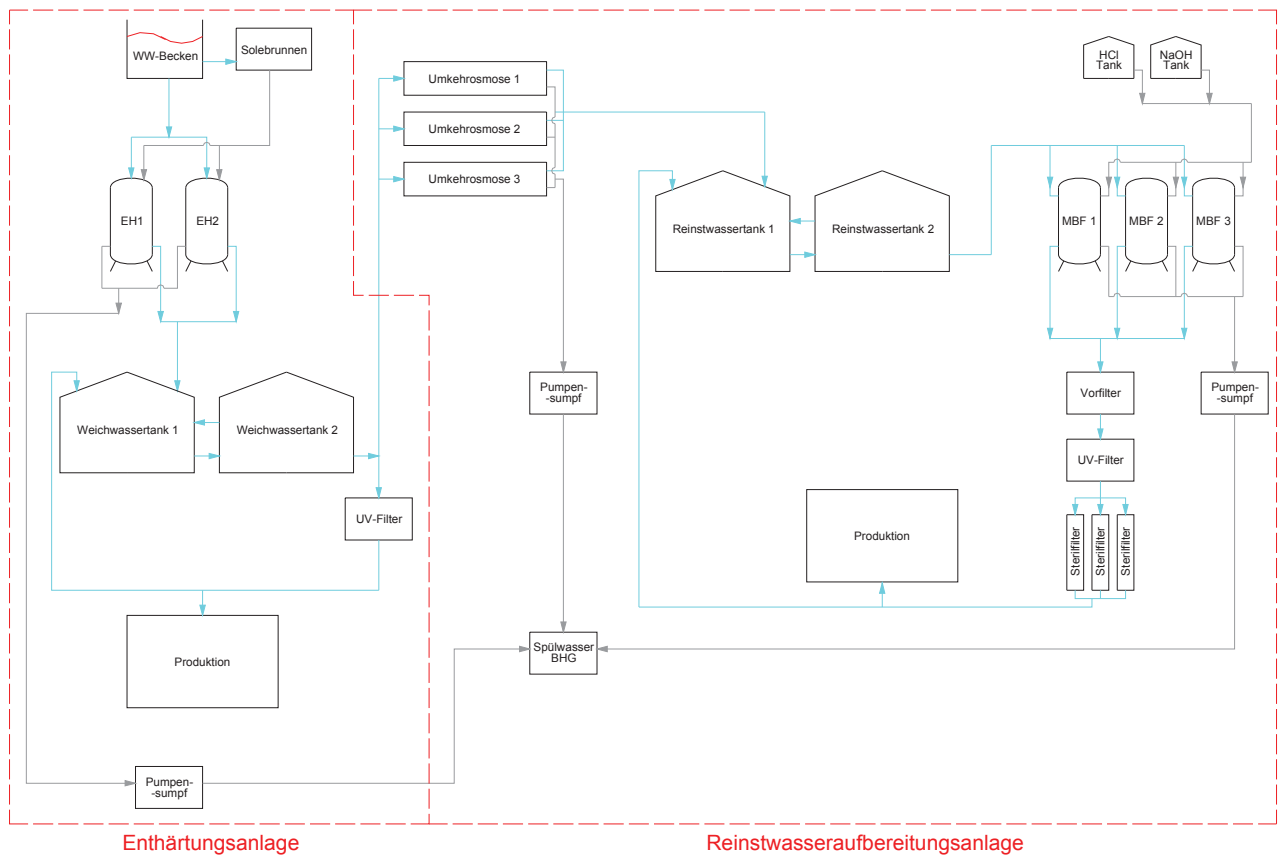


Abbildung 5.9: Reinstwasseraufbereitungsanlage Werk 2

### 5.2.20 Hydranten innen und außen

Sie werden aus dem Kaltwasserbecken gespeist, wodurch garantiert ist, dass auch bei einem Wasserversorgungsausfall zumindest für eine gewisse Zeit ausreichend Löschwasser für die Feuerwehr vorhanden ist.

### 5.3 Geplante Änderungen der beschriebenen Punkte

Bis jetzt werden für die Verpressung der Leiterplatten alte Pressen verwendet, die mit Heißwasser beheizt werden müssen. Dieses Heißwasser wird in entsprechenden Kesseln im Heizhaus erzeugt und bereitgestellt. Diese Pressen werden durch neue Geräte ersetzt, die auf dieses Heißwasser verzichten können. Diese Prozessänderung bedeutet aber für die beschriebenen Schemata und Messwerte, dass sich sowohl in der Produktion als auch im Kesselhaus die jeweiligen Massenströme ändern werden.

Eine weitere Änderung betrifft die Bereitstellung der Druckluft. Bis jetzt sind im Werk 1 drei Kompressoren im Einsatz, die den alten Teil der Produktion autark mit der erforderlichen Betriebsdruckluft versorgen können. Im Zuge des Neubaus des Werks 2 wurden aber die dortigen Versorgungseinheiten so groß dimensioniert, dass die gesamte Produktion am Standort Hinterberg mit komprimierter Luft versorgt werden kann.

Die neu installierten Kompressoren im Werk 2 haben einen wesentlich besseren Wirkungsgrad, ein angekoppeltes Wärmerückgewinnungssystem und eine deutlich höhere Betriebssicherheit. All diese Punkte ergeben verringerte spezifische Kosten für die Druckluftherzeugung.

So ist es ökonomischer und ökologischer, das moderne Druckluftsystem so weit als möglich auszunutzen, und die alten Geräte nur mehr als Notfall- und Reserveeinheiten zu verwenden.

Mit diesen Beispielen soll dokumentiert werden, dass diese Verfahrensbeschreibung nur eine Momentaufnahme sein kann, und sich die angeführten Tatsachen und Werte ständig ändern. Sehr wohl sind die Zahlen aber als Anhaltswerte verwendbar, um Größenordnungen abschätzen zu können.

## 6 Wasserverbrauch

Im folgenden ist der Gesamtwasserverbrauch und dessen Aufteilung auf die einzelnen Verbrauchergruppen des Produktionsstandortes Hinterberg dargestellt.

Hierfür wurde ein Beobachtungszeitraum von April 2000 bis einschließlich April 2001 analysiert. Problematisch ist die teilweise schwankende Auslastung der Produktionskapazitäten, wodurch auch der Wasser- und Betriebsstoffverbrauch nicht konstant bleibt. Aufgrund von Aussagen der für die Versorgung der Produktion Verantwortlichen wurden die monatlich aufgezeichneten Verbrauchswerte mit den jeweiligen produzierten Mengen an Fertigprodukten (als produzierte Leiterplattenfläche angegeben) korreliert und so ein durchschnittlicher gerundeter Wert für den Wasserverbrauch ermittelt.

Anzumerken ist, dass die nachfolgend angegebenen Werte einer annähernden Vollauslastung des alten Werkes 1 des Standortes Hinterberg entsprechen und sich diese Zahlen im Falle des Mindestproduktionsfalles bis auf etwa zehn Prozent der angegebenen reduzieren können. Das neu gebaute Werk 2 hingegen befand sich bis zum Ende der Datenaufnahmephase in einem kontinuierlichen Hochfahrprozess. Dies hatte zur Folge, dass die endgültige Nominalproduktionsleistung und damit auch der maximale Medienverbrauch (in diesem Fall Wasser) zu diesem Zeitpunkt noch nicht erreicht war. Darauf, aber auch auf älteren, weniger effizienten Systemen, im speziellen den nicht optimierten Kompressoren, gründen sich die beträchtlichen Unterschiede der jeweiligen Gesamtwasserverbräuche zwischen altem und neuem Werk.

Andererseits können die angeführten Werte auch überschritten werden, wenn zum Beispiel bei ausgezeichneter Auftragslage Sonderschichten erforderlich sind oder im Sommer in einer Hitzeperiode zusätzlich Kühlwasser benötigt wird.

Aufgrund des großen Umfangs der aufgezeichneten und ausgewerteten Verbrauchsdaten können diese hier nicht explizit angeführt werden. Nur die Endergebnisse sind aufgelistet.

Zur besseren Anschaulichkeit ist zu jeder Teilstromaufschlüsselung ein entsprechendes Sankey – Diagramm erstellt worden.

## 6.1 Fördermengen aus den Brunnen

Förderung Brunnen alt:	60.000 m <sup>3</sup> /Monat
Förderung Brunnen neu:	80.000 m <sup>3</sup> /Monat

### Aufteilung der Fördermengen

Anspeisung Brunnen alt in Werk1:	52.000 m <sup>3</sup> /Monat
Anspeisung Brunnen alt in Werk2:	8.000 m <sup>3</sup> /Monat
Anspeisung Brunnen neu in Werk1:	48.000 m <sup>3</sup> /Monat
Anspeisung Brunnen neu in Werk2:	32.000 m <sup>3</sup> /Monat

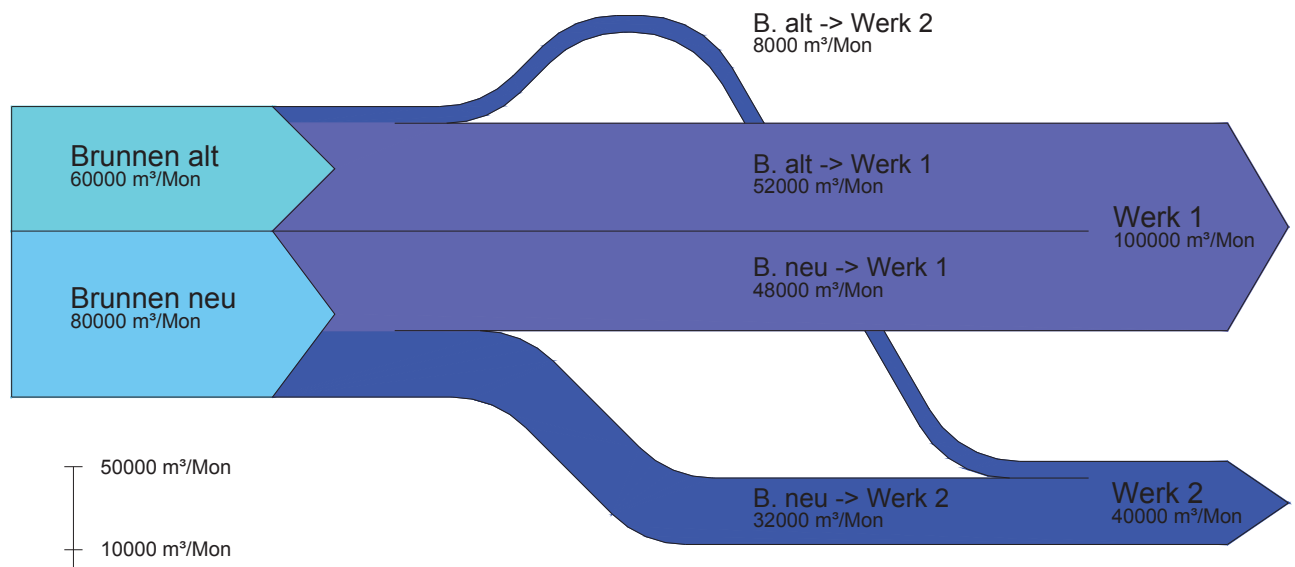


Abbildung 6.1: Sankey – Diagramm: Aufteilung des geförderten Brunnenwassers

## 6.2 Brunnenwasser - Verbraucher im alten Werk 1

Produktion	61.475 m <sup>3</sup> /Monat
Druckluftkompressoren	33.640 m <sup>3</sup> /Monat
Enthärtungsanlage klein	2.800 m <sup>3</sup> /Monat
CuCl <sub>2</sub> – Pumpensperrwasser	1.080 m <sup>3</sup> /Monat
BARA Klimaraum	500 m <sup>3</sup> /Monat
(BetriebsAbwasserReinigungsAnlage)	
BARA Behältergarten 1	500 m <sup>3</sup> /Monat
CuCl <sub>2</sub> – Anlage	5 m <sup>3</sup> /Monat

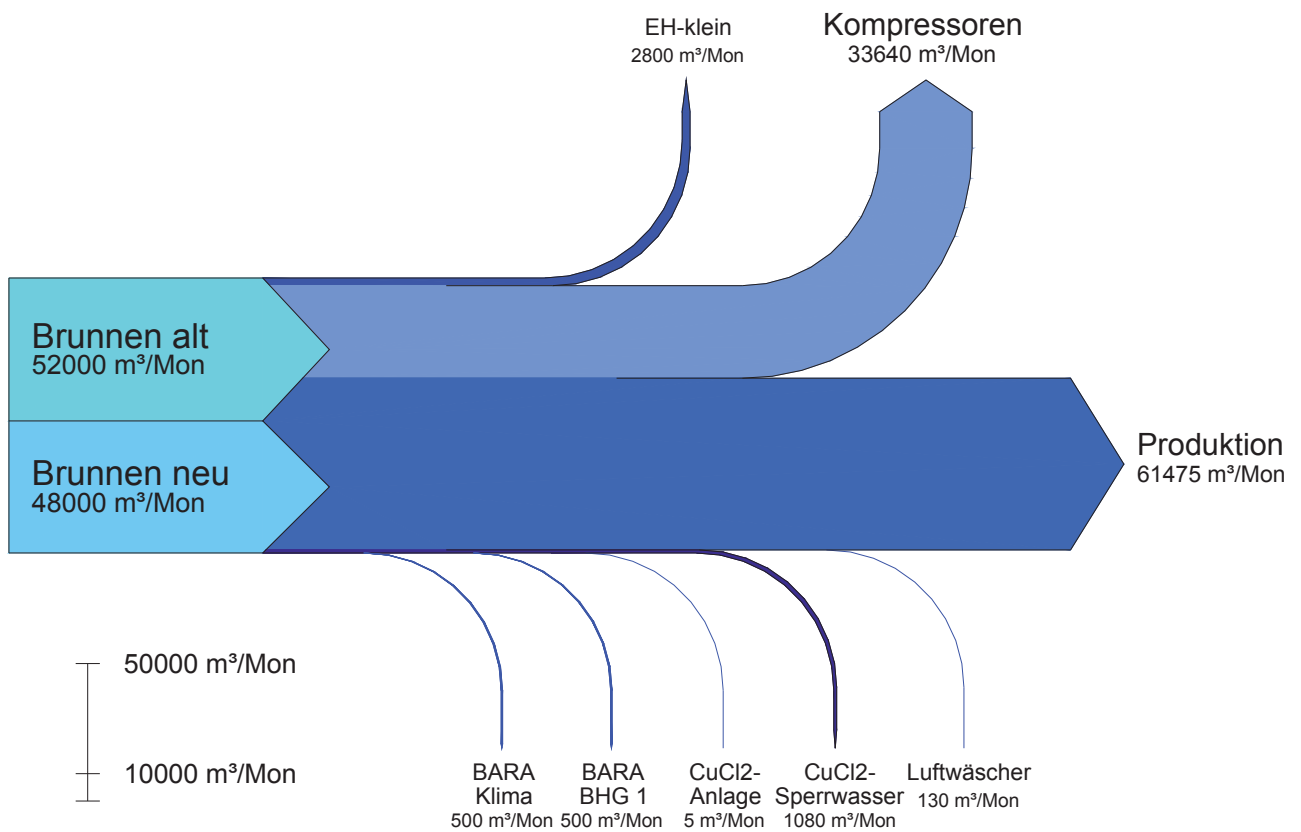


Abbildung 6.2: Sankey – Diagramm: Verbrauchsaufteilung Brunnenwasser im Werk 1



### 6.3 Brunnenwasser - Verbraucher im neuen Werk 2

Produktion	33.843 m <sup>3</sup> /Monat
<i>Verteiler West</i>	
Druckluftkompressoren	4.400 m <sup>3</sup> /Monat
Klimaanlagen	130 m <sup>3</sup> /Monat
<i>Verteiler Ost</i>	
CuCl <sub>2</sub> – Pumpensperrwasser	1.440 m <sup>3</sup> /Monat
Klimaanlagen	130 m <sup>3</sup> /Monat
Luftwäscher	50 m <sup>3</sup> /Monat
CuCl <sub>2</sub> – Anlage	7 m <sup>3</sup> /Monat

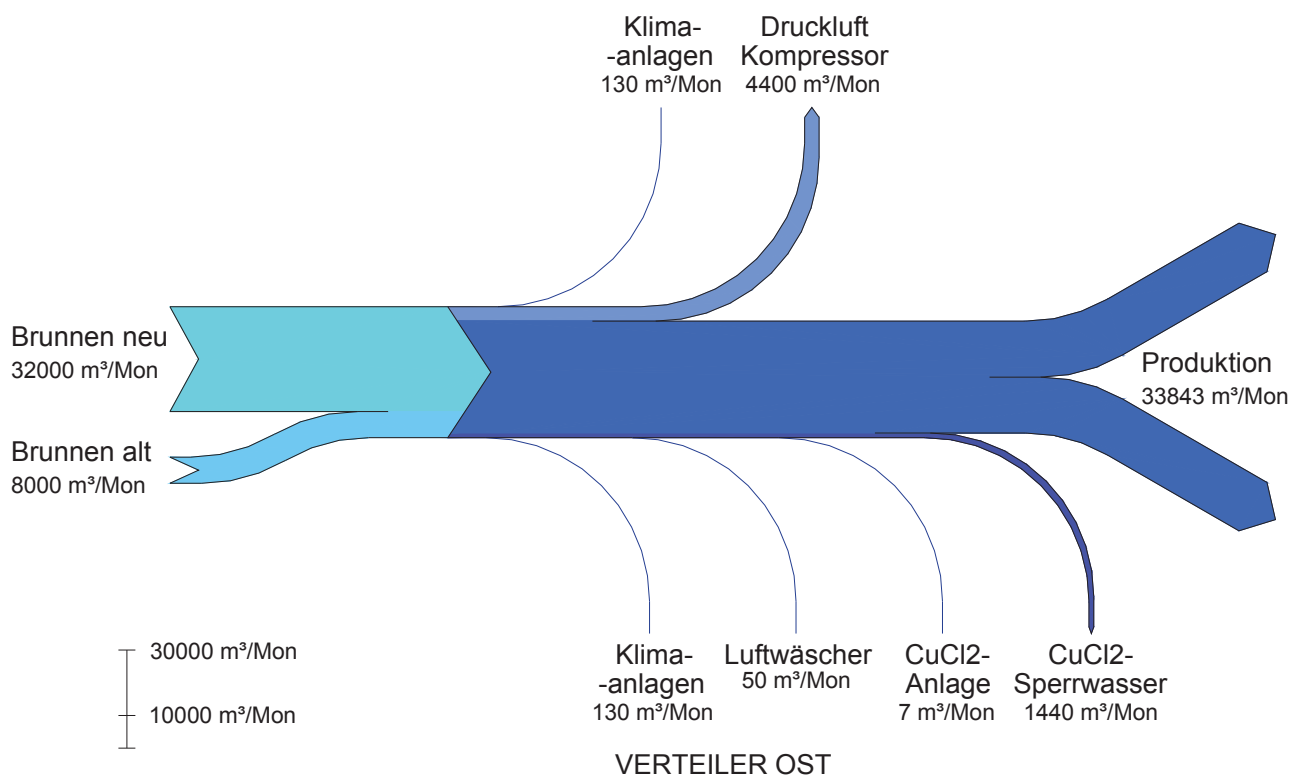


Abbildung 6.3: Sankey – Diagramm: Verbrauchsaufteilung Brunnenwasser im Werk 2

## 6.4 Fluss des erwärmten Kühlwassers im alten Werk 1

Gesamtanfall erwärmtes Kühlwasser	95.990 m <sup>3</sup> /Monat
Kühlwasser aus Brunnen alt in den Vorfluter	15.500 m <sup>3</sup> /Monat
Anspeisung Reinstwasseranlage neu	11.500 m <sup>3</sup> /Monat
Einleitung in Warmwasserbecken	80.490 m <sup>3</sup> /Monat
Summe in den Vorfluter	84.490 m <sup>3</sup> /Monat

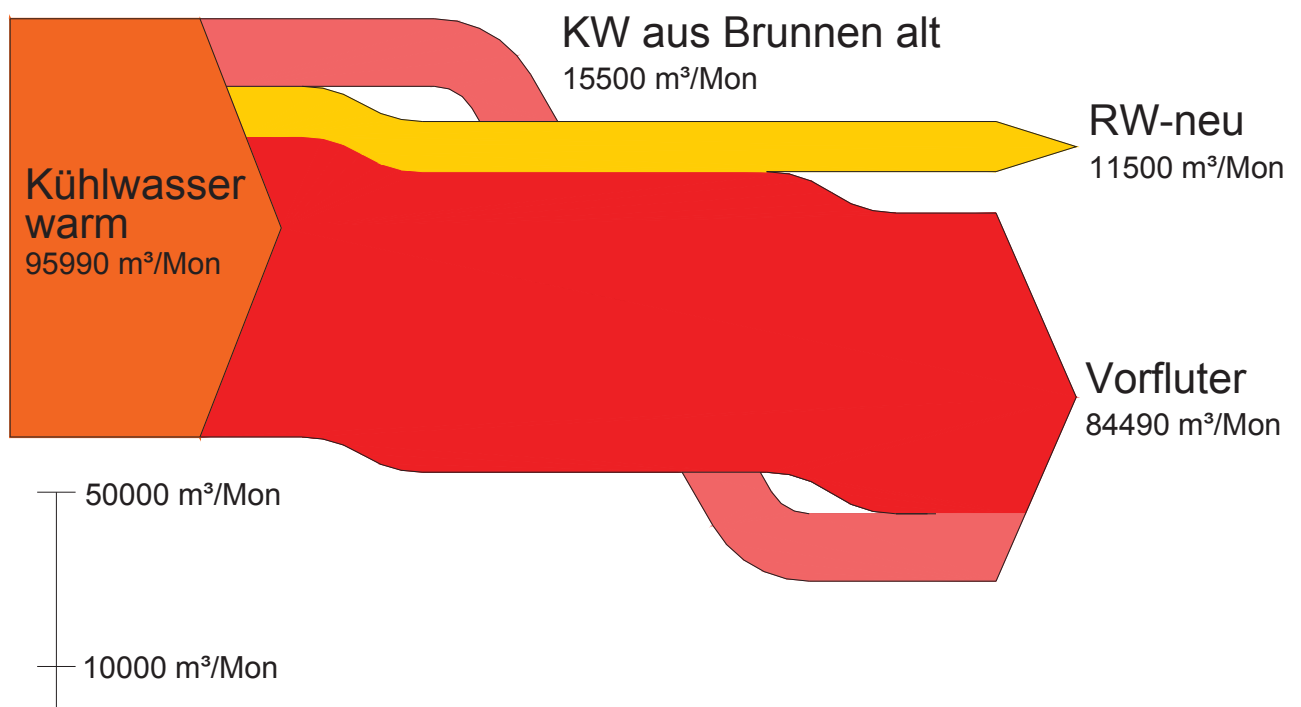


Abbildung 6.4: Sankey – Diagramm: Fluss des erwärmten Kühlwassers im Werk 1

## 6.5 Fluss des erwärmten Kühlwassers im neuen Werk 2

Gesamtanfall erwärmtes Kühlwasser	39.690 m <sup>3</sup> /Monat
In den Vorfluter	24.073 m <sup>3</sup> /Monat
Produktion enthärtetes Wasser	9.500 m <sup>3</sup> /Monat
Produktion Reinstwasser	4.500 m <sup>3</sup> /Monat
Konzentrat aus der Umkehrosmose - Anlage	1.500 m <sup>3</sup> /Monat
Anspeisung BARA BHG 1	117 m <sup>3</sup> /Monat

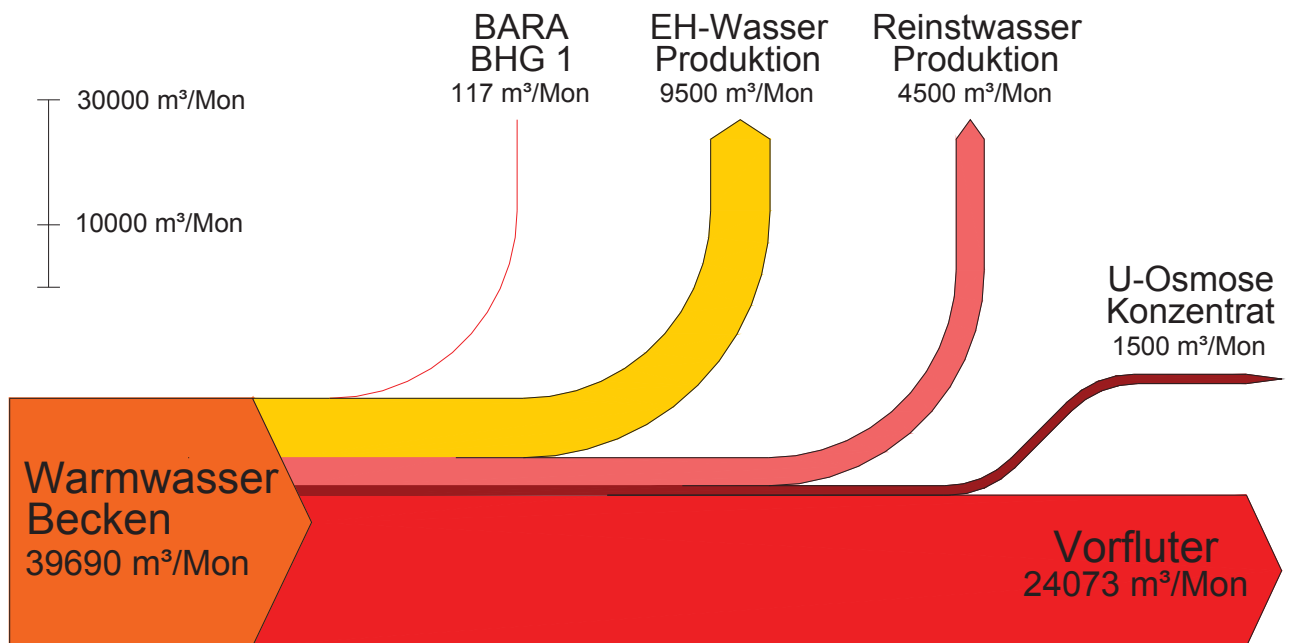


Abbildung 6.5: Sankey – Diagramm: Fluss des erwärmten Kühlwassers im Werk 2

## **7 Einsparpotentiale Brunnenwasser**

### **7.1 Kleine Enthärtungswasseranlage Werk1**

Diese wird zur Zeit mit Brunnenwasser gespeist, ausreichend wäre aber Warmwasser. Der maximale Durchsatz beträgt 60 m<sup>3</sup>/h, die tatsächlichen weit geringeren Produktionswerte werden über einen Zähler aufgezeichnet.

Daraus ergibt sich folgende Menge:

*zwischen 2500 bis zu 4000 m<sup>3</sup> enthärtetes Wasser/Monat*

Die dafür zuzuführende Wassermenge liegt geringfügig höher, da für die zyklisch durchzuführende Regeneration der Enthärtungsfilter zusätzlich etwas Wasser verbraucht wird, das in dieser Statistik aber nicht aufscheint, da es als Abwasser abgeführt wird.

Die Umrüstung sollte keine grundsätzlichen Probleme ergeben, da die Reinstwasseranlage 2 im alten Werk, deren erste Stufe „Enthärtung“ dieser Enthärtungsanlage prinzipiell entspricht, bereits ohne Probleme mit Warmwasser angespeist wird. Zu überprüfen ist nur die Wirtschaftlichkeit, wobei die Kosten für die erforderlichen Umbauarbeiten ermittelt werden müssen. Diese sind aber gering, da die unterschiedlichen Anspeisungen im allgemeinen zentral von einer Wasserversorgungsbrücke aus erfolgen.

### **7.2 CuCl<sub>2</sub> – Kreislauf**

Um die Temperatur auf 50 °C zu halten, muss die CuCl<sub>2</sub> – Lösung nach Bedarf gekühlt werden. Dies erfolgt zur Zeit mit Brunnenwasser, es wäre aber Warmwasser (20 °C) ausreichend.

Der Verbrauch ist stark abhängig von der Auslastung der CuCl<sub>2</sub> – Anlage. Wenn diese nur wenig in Betrieb ist, muss das verwendete Medium geheizt, unter Vollastbedingungen aber gekühlt werden.

Daher schwankt der Gesamtverbrauch im Bereich von

*0 bis etwa 6 m<sup>3</sup> Brunnenwasser / Monat.*

### 7.3 CuCl<sub>2</sub> – Pumpen – Sperrwasser

Im Normalbetrieb sind im Werk 1 drei Pumpen, im Werk 2 vier Pumpen im Einsatz. Diese benötigen jeweils 500 l/h Sperrwasser, wofür zur Zeit Brunnenwasser verwendet wird. Warmwasser wäre hier nicht nur ausreichend, es würde sogar den Vorteil einer geringeren Temperaturdifferenz zwischen Fördermedium und Sperrwasser bringen. (Die Pumpen laufen ca. 624 h/Monat)

Dies ergibt einen Gesamtverbrauch von:

*936 m<sup>3</sup> Brunnenwasser / Monat für Werk 1*

*1248 m<sup>3</sup> Brunnenwasser / Monat für Werk 2*

*2184 m<sup>3</sup> Brunnenwasser / Monat insgesamt.*

### 7.4 Kühltürme Werk 2

Die für die Kälteanlagen des neuen Werks 2 notwendigen drei Kühltürme verlieren bei Betrieb aufgrund von Verdunstung Wasser. Zur Zeit wird das Verlustwasser mit enthärtetem Wasser ergänzt, ausreichend ist aber Warmwasser.

Tabelle 7.1: Ergänzte Wassermenge in den Kühlwasserkreislauf der Kühltürme

<b>Periode</b>	<b>Zählerdiff.</b> [m <sup>3</sup> ]	<b>Tage</b>	<b>Verbrauch</b> [m <sup>3</sup> /Monat]
1.3.00-1.4.00	188	31	188,0
1.4.00-1.5.00	280	30	280,0
1.6.00-10.7.00	1288	40	998,2
1.9.00-2.10.00	1242	31	1242,0
1.10.00-2.11.00	692	32	692,0
1.11.00-1.12.00	507	30	507,0
<i>im Jahresmittel</i>		<i>ca.</i>	<i>850,0</i>

Für das Jahresmittel wurden die Werte erst ab 1.6.2000 herangezogen, da von diesem Zeitpunkt an von einer durchschnittlichen Auslastung ausgegangen werden kann. Davor liegt die Hochfahrphase, in der nur eine eingeschränkte Produktion erfolgte.

In der obigen Tabelle sind die jahreszeitlichen Schwankungen der Nachspeise- und somit der Verdunstungsmengen deutlich zu erkennen. Im Sommer werden aufgrund des erhöhten

Kühlleistungsbedarfs auch längere Kühlturbetriebszeiten notwendig. Dies bedingt in Folge auch größere Verdunstungsverlustwassermengen.

Zusätzlich wird das Kreislaufwasser des Kühlturmsumpfes in gewissen Zeitabständen getauscht, da dadurch Verunreinigungen und Schlamm ausgetragen werden. Diese Maßnahme erhöht den Wasserverbrauch weiter.

## 7.5 Abwasserreinigung

Zur Reinigung der nicht dem öffentlichen Kanalnetz oder dem Vorfluter direkt zuführbaren Abwässer werden in den Abwasserreinigungsanlagen die erforderlichen Behandlungsmedien selbst zubereitet. Das bedeutet, dass die meist festen Chemikalien mit Wasser (bis jetzt Brunnenwasser) angesetzt werden. Warmwasser hat aber abgesehen von dem möglichen Einsparpotential den weiteren Vorteil, dass es im allgemeinen feste Stoffe schneller und vollständiger lösen kann. Dies mindert neben dem Gesamtwasserverbrauch zusätzlich die erforderliche einzusetzende Chemikalienmenge.

Folgende durchschnittliche Wasserverbräuche wurden ermittelt:

Tabelle 7.2: Wasserverbrauch in der Abwasseranlage Behältergarten 1

Behälter	Chemikalie	Verbrauch [m <sup>3</sup> /h]	Verbrauch [m <sup>3</sup> /Monat]
B176	Kalkmilch	0,125	90,0
B177	FHM	0,035	25,2
B178	Na <sub>2</sub> S	0,217	156,0
-	Soda	0,142	102,0
-	NAPS	0,138	99,0
-	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	0,050	36,0
<i>Summe</i>			508,2

Tabelle 7.3: Wasserverbrauch in der Abwasseranlage Behältergarten 2

Behälter	Chemikalie	Verbrauch [m <sup>3</sup> /h]	Verbrauch [m <sup>3</sup> /Monat]
-	Na <sub>2</sub> S	0,063	45,0
-	FHM	0,038	27,0
-	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	0,063	45,0
<i>Summe</i>			<i>117,0</i>

### Abwasseranlage Klimaraum

In dieser Abwasseranlage werden nur Abwässer behandelt, für deren Reinigung Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> – Medium erforderlich ist. Dieses Medium wird in den Behältergärten angesetzt und dann je nach Bedarf in die Abwasseranlage Klimaraum gepumpt. Daher ergeben sich hier keine weiteren Wasserverbräuche.

Es ergibt sich ein Gesamtverbrauch von:

$$625,2 \text{ m}^3 \text{ Brunnenwasser} / \text{Monat.}$$

Bemerkung: Zusätzlich zu den Chemikalienansätzen werden in den jeweiligen Abwasserbehandlungsanlagen noch beträchtliche, aber schwer abschätzbare Mengen Wasser für Reinigungs- und Wartungszwecke verwendet. Dafür wird zur Zeit auch Brunnenwasser verwendet. Durch eine Umstellung auf Warmwasser ergäbe sich neben der Wassereinsparung wieder der weitere Vorteil der besseren Löslichkeit und Reinigungswirkung.

## 7.6 Kondensatkühler

Diese Kühler werden eingesetzt, um das nahezu 100 °C heiße Ablaufkondensat der Luftbefeuchtung in den Klimaanlageanlagen im Werk 2 und die Kondensate, die sich in den Dampfleitungen bilden, abzukühlen, sodass es dem Abwassersystem zugeführt werden kann.

Im Ostrakt sind vier, im Westrakt fünf gleichartige Einheiten eingesetzt. Diese Kühler werden zur Zeit mit Brunnenwasser betrieben, ausreichend wäre aber Warmwasser.

Zur Abschätzung des Potentials sind ein Zähler im Zulauf zu einem rein durch das Klimaanlagekondensat beaufschlagten Kühler und ein weiterer im Zulauf zu einer kombiniert (Klimaanlagen- + Dampfleitungskondensat) verwendeten Einheit installiert worden.

Es ergaben sich folgende Werte:

Kondensatkühler nur mit Klimaanlagekondensat gespeist:

*10 m<sup>3</sup>/Monat je Einheit*

*insgesamt 5 Einheiten: 50 m<sup>3</sup> Brunnenwasser / Monat*

Kondensatkühler kombiniert angespeist:

*86 m<sup>3</sup>/Monat je Einheit*

*insgesamt 4 Einheiten: 344 m<sup>3</sup> Brunnenwasser / Monat*

## 7.7 Luftwäscher

Um das Einsparpotential abschätzen und bewerten zu können, wurden bestimmte Wäscher auf manuelle Fahrweise, das heißt, Ergänzung des Verlustwassers und Abschlammung des Vorlagebehälters per Hand, umgestellt. Eine Abschlammung bedeutet, dass der Vorlagebehälter völlig entleert und mit Frischwasser wieder befüllt wird. Dies wird erforderlich, da das Kreislaufwasser in diesem Vorlagebehälter nach einer gewissen Zeit mit aus dem Gas ausgewaschenen Stoffen derart beladen ist, dass eine ausreichende Gasreinigung nicht mehr gewährleistet werden kann. Bei der täglichen Überprüfung ist der Verlust im Kreislauftank infolge Verdunstungsverlusten als Pegeldifferenz gemessen und aufgezeichnet worden. Neuere Wäscher werden durch ein automatisches System kontrolliert und gegebenenfalls manipuliert. Hier sind Aufzeichnungen über Wasserergänzungen und Abschlammungen durch das zentrale Prozessleitsystem erfolgt.

Die restlichen Luftwäscher wurden über Analogie- und Ähnlichkeitsbetrachtungen mit gemessenen Baueinheiten verglichen und so in die Erstellung des Einsparpotentials miteinbezogen.

**Bemerkung:** Da die Messperiode leider nur einen kurzen Zeitraum (im April 2001) umfasste, kann aus den Werten weder ein Langzeitverhalten noch eine jahreszeitliche Schwankung abgeleitet werden. Da im April aber moderate, durchschnittliche Klimabedingungen vorgeherrscht haben, können die Werte als ungefähre Jahresdurchschnittswerte betrachtet werden.



### 7.7.1 Werk 1

Folgende Bezeichnungen und Nummerierungen sind für die im alten Werk 1 installierten und in Betrieb befindlichen Luftwäscher gewählt:

Ost-Trakt: LW 4 / 5 / 6 / 8 / 14 / 15

West-Trakt: LW 1 / 2 / 3

Alle Luftwäscher werden bis jetzt mit Brunnenwasser betrieben. Ausreichend wäre aber für die Gasreinigung Warmwasser. Mit dieser Maßnahme kann primär zu förderndes Brunnenwasser eingespart werden und das eingesetzte Wasser wird zweifach (zur Kühlung und zur Abscheidung von Gasinhaltsstoffen) genutzt.

Tabelle 7.4: Betriebsdaten der Luftwäscher im Werk 1

LW-Nr.:	1/3 - 6 <sup>1</sup>	2/14 <sup>1</sup>	8	15	
Anzahl Abschlämmungen	4	7	4	4	[ ]
Wassermenge für Wiederbefüllung	6,44	2,20	2,29	1,38	[m <sup>3</sup> /Mon.]
Wasserverluste im Reingasstrom	11,73	6,74	8,37	5,46	[m <sup>3</sup> /Mon.]
<i>Gesamtmenge Wasser</i>	<i>18,17</i>	<i>8,94</i>	<i>10,66</i>	<i>6,84</i>	<i>[m<sup>3</sup>/Mon.]</i>

Tabelle 7.5: Wasserverbrauch je Wäschereinheit im Werk 1

LW-Nr.:	1	2	3	4	5	6	8	14	15	
Verbrauch	18,17	8,94	18,17	18,17	18,17	18,17	10,66	8,94	6,84	[m <sup>3</sup> /Monat]

Dies ergibt in Summe für die Luftwäscher im alten Werk 1:

$$126,23 \text{ m}^3 \text{ Brunnenwasser/Monat.}$$

### 7.7.2 Werk 2

Insgesamt sind bis jetzt vier Luftwäscher in Betrieb, allerdings werden sukzessive mit steigender Produktionsauslastung neue Wäscher installiert. Im Endausbau sind 12 Einheiten vorgesehen.

Alle Apparate werden bis jetzt mit enthärtetem Wasser betrieben. Die notwendige Behandlung zur Erreichung dieser Wasserqualität ist aber relativ aufwendig und kostenintensiv. Für den betrachteten Einsatzfall ist analog dem Werk 1 Warmwasser völlig ausreichend. Das erreichbare Einsparpotential für das neue Werk wird noch größer, da abgesehen von den höheren finanziellen

<sup>1</sup> baugleiche Einheiten

Ersparnissen bei der Enthärtung von Wasser bei dieser Behandlung zusätzlich Spül- und Regenerationswasser erforderlich ist. Wenn weniger enthärtetes Wasser verbraucht wird, geht dieser Aufwand und somit der Gesamtwasserbedarf weiter zurück.

Tabelle 7.6: Betriebsdaten der Luftwäscher im Werk 2

LW-Nr.:	Ch. V.	1	2	3	4	
Anzahl Abschlämmungen	4	2	13	9	12	[ ]
Wassermenge für Wiederbefüllung	0,77	0,63	4,08	3,05	5,43	[m <sup>3</sup> /Mon.]
Wasserverluste im Reingasstrom	1,43	2,49	10,34	7,62	14,31	[m <sup>3</sup> /Mon.]
<i>Gesamtmenge Wasser</i>	<i>2,20</i>	<i>3,12</i>	<i>14,42</i>	<i>10,67</i>	<i>19,74</i>	<i>[m<sup>3</sup>/Mon.]</i>

(Ch. V. : Chemische Vorreinigung)

Tabelle 7.7: Wasserverbrauch je Wäschereinheit im Werk 2

LW-Nr.:	1	2	3	4	C.V.	
Verbrauch	3,12	14,42	10,67	19,74	2,20	[m <sup>3</sup> /Monat]

Dies ergibt in Summe für die Luftwäscher im neuen Werk 2:

$$50,15 \text{ m}^3 \text{ enthärtetes Wasser/Monat.}$$

Hier sei noch einmal angemerkt, dass sich diese Zahl stark erhöhen wird, da in der Endausbaustufe 12 Luftwäscher geplant sind, die in nächster Zeit installiert werden. Unter diesem Gesichtspunkt erhöht sich das Einsparpotential weiter.

### 7.7.3 Gesamtverbrauch

Es ergibt für alle Luftwäscher in beiden Werken ein Wasssergesamtverbrauch von:

$$176,38 \text{ m}^3 \text{ Brunnen- bzw. EH-Wasser/Monat}$$

## 7.8 IO – Kreislaufwasser

Im IO (IONisiert) - Kreislauf werden Verluste mit Brunnenwasser ergänzt, ausreichend ist aber Warmwasser. Es gibt aufgrund von Geringfügigkeit keine Aufzeichnungen über Absolutwerte. Sie liegen aber nach Aussagen von mit dem Betrieb Vertrauten bei wenigen hundert Liter pro Monat.

Deshalb sollte eine Umrüstung der Wasserzufuhr nur erfolgen, wenn dies mit wenig Aufwand und geringen Kosten verbunden ist.

## 7.9 Kühlwasser Werk 1

Zur Zeit fließt Kühlwasser aus dem Werk 1 ungenutzt in die Mur, da eine Einleitung in das Warmwasserbecken einen unzulässigen Druckaufbau im Produktionswasserkreislauf bedeuten würde. Eine Leitung in das Warmwasserbecken ist allerdings vorhanden.

Weil aber bis jetzt nicht einmal der bereits gefasste Zufluss in das Warmwasserbecken Verwendung findet, ist es unnötig, diese Wassermenge zusätzlich einzubinden zu versuchen.

Weiters wäre zur Anbindung dieser Wassermenge hoher Aufwand im Bezug auf Um- und Neubau von Anlagenteilen erforderlich, was aufgrund des derzeitigen, niedrigen Wasserpreises wirtschaftlich nicht vertretbar ist.

## 7.10 Kaltwasserbecken Werk 1

Zur Zeit fließt dem Kaltwasserbecken im Werk 1 nur Brunnenwasser zu, wodurch die Wassertemperatur unter den maximal möglichen 12 °C liegt.

Eine Versuchsanlage, die Wasser aus dem Warmwasser- ins Kaltwasserbecken zurückführt, um so das Temperaturniveau auf 12 °C zu heben und dadurch die erforderliche Brunnenwasserzufuhr zu minimieren, ist installiert worden. Dabei kommt eine mobile Tauchpumpe zum Einsatz. Allerdings gelingt es aufgrund der geringen Förderkapazität dieser Pumpe nur zeitweise, die angestrebten 12 °C zu erreichen.

Trotzdem zeigt sich, dass die grundsätzliche Überlegung der Kreislaufführung richtig ist. Weitere Versuche müssen das maximal mögliche Einsparungspotential eruieren. Zu beachten ist nur, dass sich jahreszeitliche Schwankungen aufgrund des sich ändernden Kühlbedarfs ergeben werden.

## 7.11 Biofilter

Im Zuge der Erweiterung der Biofilteranlage sollte eine Warmwasserleitung mitgeplant werden, um die notwendige Befeuchtung des Biomaterials mit Warmwasser zu ermöglichen.

Verbrauchswerte für den bereits bestehenden Filter können aufgrund fehlender Aufzeichnungen nicht angeführt werden, aber da für die Erweiterung ohnedies eine völlig neu zu verlegende Leitung vorgesehen ist, ist es unerheblich, an welche Wasserversorgung diese angeschlossen wird.

## 7.12 Stadtwasser Werk 1

Stadtwasser wird im gesamten Werk nur für Sanitäranlagen gebraucht. Auffällig ist, dass der Stadtwasserverbrauch im Werk 1 den des Werkes 2 um das circa Zehnfache übersteigt. Das ist erklärbar, da im Werk 2 für die sanitären Anlagen bereits teilweise Warmwasser verwendet wird. Da Stadtwasser sehr viel teurer (ca. 12,5 ATS/m<sup>3</sup>) ist, sollten im Werk 1 Umstellungen analog dem Werk 2 vorgenommen werden.

Der Stadtwasserverbrauch für:

*Werk 1 beträgt durchschnittlich zwischen 850 und 1200 m<sup>3</sup>/Monat*

*Werk 2 beträgt durchschnittlich zwischen 80 und 110 m<sup>3</sup>/Monat.*

Bei der Umstellung von Stadtwasser auf Warmwasser sind allerdings die Personenschutzmaßnahmen und die rechtliche Zulässigkeit zu beachten. Da im sanitären Bereich Menschen mit dem Wasser in Berührung kommen, muss absolut sichergestellt sein, dass sich bei Anwendung dieser Variante keine wie auch immer gearteten bedenklichen Stoffe im Warmwasser befinden dürfen.

## 7.13 Allgemein zu beachten

Die zusätzlichen Warmwassermengen müssen über Pumpen gefördert werden. Zur Zeit sind zwei Pumpen mit einer maximalen Kapazität von insgesamt 90 m<sup>3</sup>/h im Einsatz. Zu überlegen ist, ob für weitere Entnahmen eine eigene Pumpstation erforderlich ist.

## 7.14 Zusammenfassung der Einsparungspotentiale:

Tabelle 7.8: Zusammengefasste Werte der möglichen Einsparpotentiale

Potential	Werk	Menge	Einheit	Wasserqualität
Kleine Enthärtungsanlage	1	2500 – 4000	m <sup>3</sup> /Monat	Brunnenwasser
CuCl <sub>2</sub> -Pumpen Sperrwasser	1	936,0	m <sup>3</sup> /Monat	Brunnenwasser
	2	1248,0	m <sup>3</sup> /Monat	Brunnenwasser
	Σ	2148,0	m <sup>3</sup> /Monat	Brunnenwasser
Kühltürme	2	850,0	m <sup>3</sup> /Monat	Brunnenwasser
Abwasseranlage	BHG 1	508,2	m <sup>3</sup> /Monat	Brunnenwasser
	BHG 2	117,0	m <sup>3</sup> /Monat	Brunnenwasser
	Σ	625,2	m <sup>3</sup> /Monat	Brunnenwasser
Kondensatkühler	2	394,0	m <sup>3</sup> /Monat	Brunnenwasser
Luftwäscher	1	126,2	m <sup>3</sup> /Monat	Brunnenwasser
	2	50,2	m <sup>3</sup> /Monat	Enthärtetes Wasser
	Σ	176,4	m <sup>3</sup> /Monat	
CuCl <sub>2</sub> -Anlage	1	0 bis 6	m <sup>3</sup> /Monat	Brunnenwasser
	2	0 bis 6	m <sup>3</sup> /Monat	Brunnenwasser
	Σ	0 bis 12	m <sup>3</sup> /Monat	Brunnenwasser
Stadtwasser	1	850 – 1200	m <sup>3</sup> /Monat	Stadtwasser
	2	80 – 110	m <sup>3</sup> /Monat	Stadtwasser
	Σ	930 – 1310	m <sup>3</sup> /Monat	Stadtwasser

**Dies ergibt insgesamt durchschnittliche Einsparpotentiale von:****Brunnenwasser**

**9680 bis 11190 m<sup>3</sup> / Monat Brunnenwasser**

*bei einem Preis von 1,5 ATS/m<sup>3</sup> Brunnenwasser resultiert dies in:*

**14500 bis 16800 ATS / Monat**

**Enthärtetes Wasser**

**derzeit 50,2 m<sup>3</sup> / Monat an enthärtetem Wasser**

*(nach Endausbau etwa die dreifache Menge erwartet)*

*bei einem Preis von ca. 5 ATS/m<sup>3</sup> EH - Wasser resultiert dies in:*

**200 ATS / Monat**

**Stadtwasser**

**800 bis 1100 m<sup>3</sup> / Monat an Stadtwasser**

*bei einem Preis von ca. 12,5 ATS/m<sup>3</sup> Stadtwasser resultiert dies in:*

**10000 bis 13750 ATS / Monat**

**Mögliche jährliche Kosteneinsparungen:**

**294.000 bis 370.000 ATS / Jahr**

Zusammengefasste Anmerkungen zu den verschiedenen Positionen

- Kleine Enthärtungs-anlage      Dieser Wert bezieht sich auf die Produktionsmenge. Die Zuflussmenge ist höher, da Wasser zusätzlich für die Regeneration der Mischbettfilter verbraucht wird.
- Kühltürme      Der angegebene Wert ist ein Jahresdurchschnittswert. Zusätzlich wird Wasser zur Wiederbefüllung des Vorlagebeckens nach einer Abschlammung verbraucht.
- Abwasseranlage      Zusätzliches Wasser wird für Reinigungszwecke verbraucht.
- Luftwäscher      Der Wasserverbrauch im Werk 2 erhöht sich in Hinkunft weiter, da hier nur 4 Einheiten betrachtet, im Endausbau aber 12 vorgesehen sind. Wäscher im Werk 2 werden mit enthärtetem Wasser (aufwendige Vorbehandlung erforderlich) betrieben. Dies bedingt zusätzliche Kosten.
- $\text{CuCl}_2$ -Anlage      Je größer die Auslastung dieser Anlage ist, desto höher wird der Kühlwasserbedarf.
- Bypassleitung WW-KW-Becken Werk 1      Da hier aufgrund des Provisoriums keine genauen Aufzeichnungen der im Kreis geführten Wassermenge erfolgt, bleibt dieses Einsparpotential in der Aufstellung unberücksichtigt.
- Biofilter      Es fehlt ein Zähler und somit ein repräsentativer Wert. Daher bleibt auch dieses Potential in der Aufstellung unberücksichtigt.
- Stadtwasser      Einsparungen sind hier nur nach Überprüfung rechtlicher und hygienischer Bedenken möglich.

Für die Erstellung der Grafiken wurden durchschnittliche Werte herangezogen.

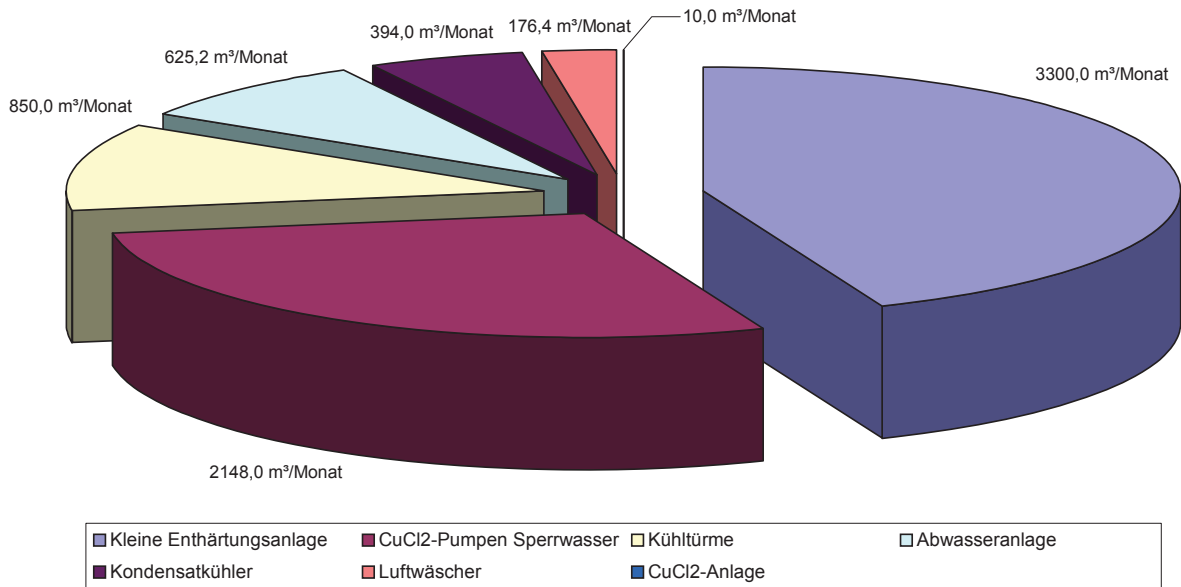


Abbildung 7.1: Gesicherte einsparbare Wassermengen - Absolutwerte

Dies ergibt folgende Prozentsätze für die einzelnen Punkte:

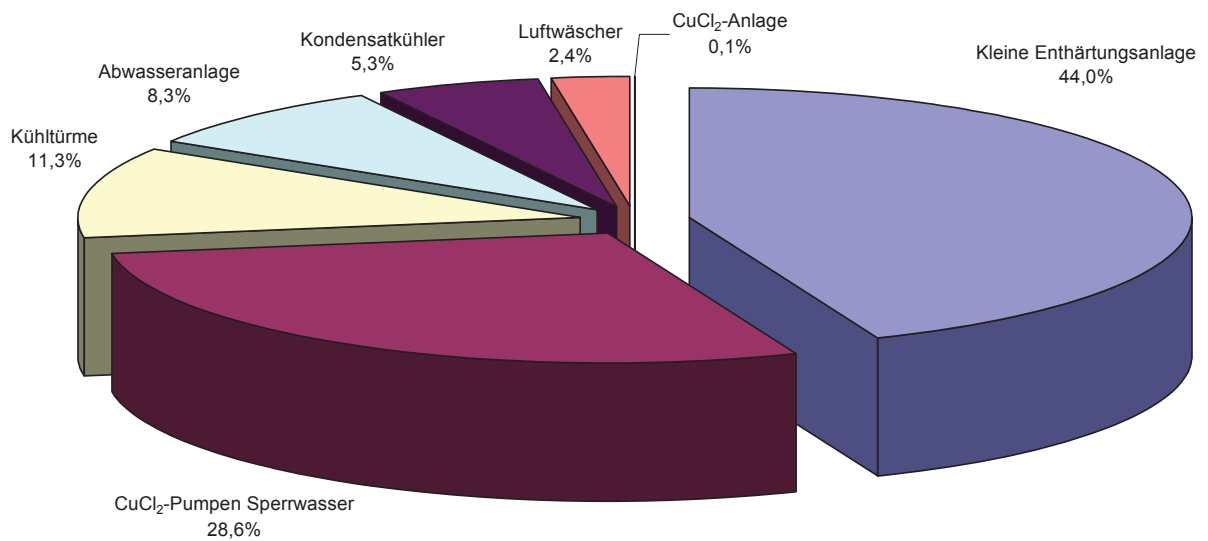


Abbildung 7.2: Gesicherte einsparbare Wassermengen - Prozentsätze



## 8 Die Wasseraufbereitungsanlage neu im alten Werk 1

Im Vorfeld wurden von einer Studentengruppe der Montanuniversität Leoben im Rahmen einer Projektarbeit bereits Berechnungen über die Behandlungskosten für die unterschiedlichen Wasserqualitäten der Wasseraufbereitungsanlage im neuen Werk 2 angestellt.

Im folgenden sollen die Erzeugungskosten für die Produkte der Wasseraufbereitungsanlage im alten Werk ermittelt und mit den erarbeiteten Werten aus Werk 2 verglichen werden.

Um größtmögliche Transparenz und Vergleichbarkeit zu gewährleisten, sind die notwendigen Kalkulationen in Anlehnung an die Projektarbeit erfolgt.

### 8.1 Beschreibung der Anlage [10], [11]

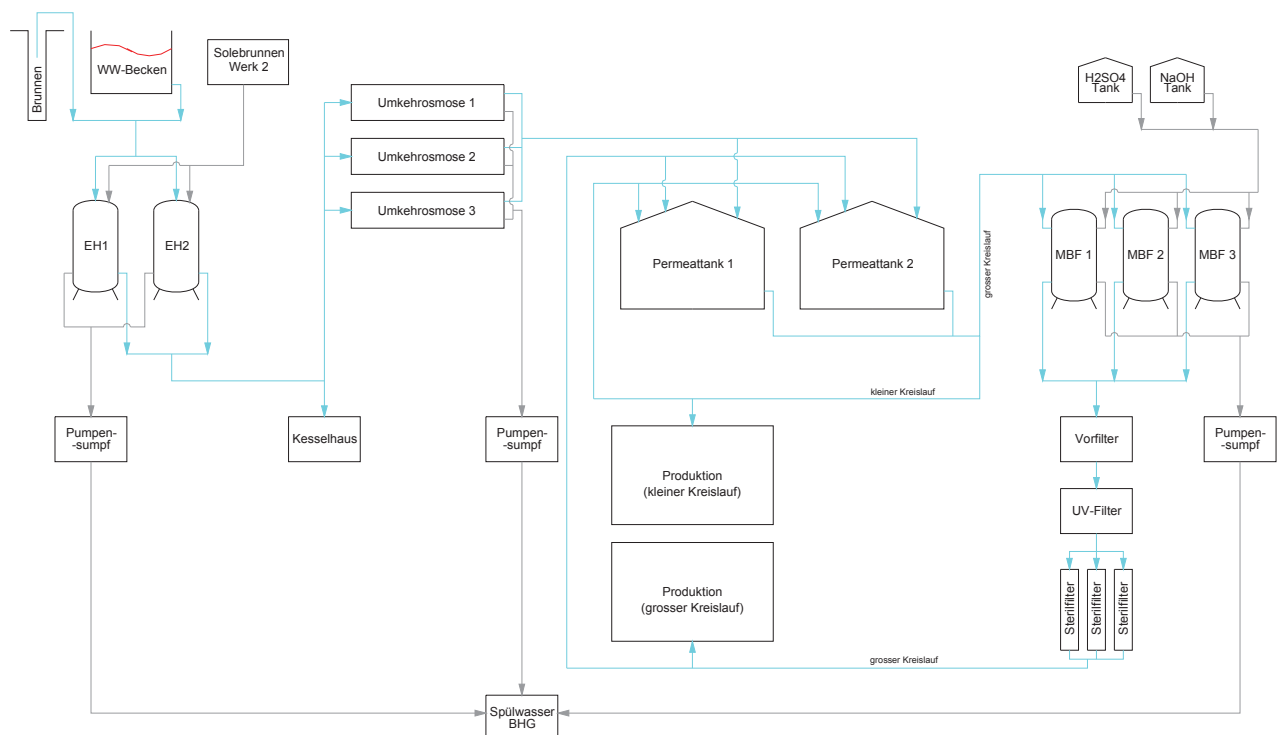


Abbildung 8.1: Fließschema der Wasseraufbereitungsanlage neu im alten Werk 1

### 8.1.1 Allgemeines

Die Anlage dient zur Aufbereitung von Brunnenwasser zu Produktionswasser für die Leiterplattenfertigung und als Nachspeisewasser für die Dampferzeugung. Die Wasserversorgung erfolgt aus eigenen Brunnen.

### 8.1.2 Rohwasseranalyse / Reinstwasserqualität

Tabelle 8.1: Rohwasseranalyse Brunnenwasser am Standort Hinterberg

Feststoffe	0,2 mg/l
pH-Wert	7,3
Elektrische Leitfähigkeit. bei 20 °C	35,0 mS/m
Säurekapazität bis pH 8,2	0 mol/m <sup>3</sup>
Säurekapazität bis pH 4,3	3,0 mol/m <sup>3</sup>
Gesamthärte	10,5 ° dH
Karbonathärte	8,4 ° dH
Abdampfrückstand bei 105 °C	242 mg/l
Glührückstand bei 685 °C	221 mg/l
Oxidierbarkeit, Permanganatzahl als KMnO <sub>4</sub>	4,1 mg/l
Calcium (Ca <sup>2+</sup> )	60,8 mg/l
Magnesium (Mg <sup>2+</sup> )	8,5 mg/l
Natrium (Na <sup>+</sup> )	5,3 mg/l
Kalium (K <sup>+</sup> )	2,2 mg/l
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	0 mg/l
Nitrit (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	0 mg/l
Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	5,5 mg/l
Chlorid (Cl <sup>-</sup> )	10 mg/l
Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	33 mg/l
Silikat (SiO <sub>2</sub> )	10,0 mg/l
Phosphat (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	0,18 mg/l

Tabelle 8.2: Gewährleistete Reinstwasserqualität nach der Behandlung

Messgröße	Wert	Einheit	Bemerkung
Elektrische Leitfähigkeit Durchschnitt	0,05	µS/cm	gemessen mit Durchflusszelle bei 20 ° Celsius
Minimalwert	0,06	µS/cm	
Partikelgröße	<0,2	Mikron	gemessen bei 100-facher Vergrößerung
Bakterienanzahl	<10	Kolonien in 100ml	gemessen mit Millipore „Total-Count Sampler“ (Dip Stick Test Method)
Gesamtfeststoffgehalt (Glührückstand)	<1	mg/l	gemessen nach dem 0,2 Mikron Feinfilter
Kieselsäure	<0,01	mg/l	
Sonstige Inhaltsstoffe	<0,01	mg/l	Schwermetall je Ion

### 8.1.3 Technische Beschreibung der Aufbereitungsanlagen [10], [11]

#### 8.1.3.1 Enthärtungsanlage [10]

Das bereits vorgewärmte und vorgereinigte Wasser wird vor Einspeisung in die Umkehr-Osmose-Anlage zur Vermeidung von Ausfällungen in einer Doppel-Enthärtungsanlage enthärtet.

Es ist jeweils ein Filter in Betrieb und einer in Reserve bzw. Regeneration. Bei Erschöpfung wird auf den Reservefilter umgeschaltet. Die Regeneration sowie die Umschaltung erfolgt automatisch. Zur Regeneration wird Kochsalz (NaCl) verwendet, das in einem Behälter aufgelöst wird.

#### Verfahrensprinzip

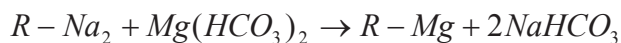
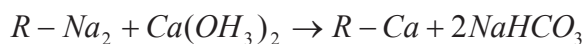
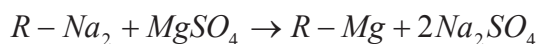
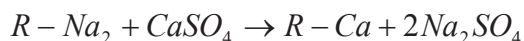
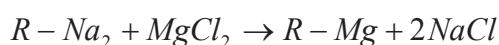
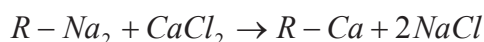
Die Wasserenthärtung erfolgt mit einem Ionenaustauscherharz, das die Härtebildner Calcium- und Magnesiumionen aufnimmt und in äquivalenter Menge Natriumionen abgibt. Ionenaustauscherharze sind körnige Kunststoffkugeln aus Polystyrol mit austauscheraktiven Gruppen.

Für ein Äquivalent an aufgenommenen Härtebildnern wird ein Äquivalent an Natriumionen abgegeben. Das enthärtete Wasser enthält somit keine Magnesium- und Calciumsalze mehr. Der Salzgehalt des Wassers wird bei diesem Verfahren nicht vermindert.

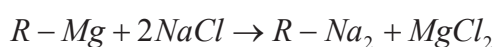
Das Ionenaustauscherharz hat nur eine begrenzte Kapazität zur Aufnahme von Härtebildnern und muss nach Erschöpfung mit einer gesättigten Kochsalzlösung (NaCl) wieder in die Natriumform übergeführt werden.

#### Reaktionsgleichungen

für Beladung



für Regeneration



### 8.1.3.2 Umkehrosmose-Anlage [11]

Die Umkehr-Osmose-Anlage, bestehend aus mehreren unabhängigen Umkehrosmose-Einheiten, hat eine Reinwasserleistung 22,5 m<sup>3</sup>/h. Jede Umkehrosmose-Einheit besteht aus einem 5-Mikron Kerzenfilter, Polyamid-Hohlfaser-Permeatoren und diversen Mess- und Regelgeräten.

Die Hochdruckpumpen erzeugen den erforderlichen Betriebsdruck von 15,3 bar an den Permeatoren.

Das Wasser wird mit diesem Druck in die Druckrohre mit den Umkehrosmose-Elementen eingespeist. Die Membranen halten 90 – 95 % der gelösten Salze und fast 100 % der Bakterien und organischen Stoffe zurück. Von der angespeisten Rohwassermenge werden 75 % entsalztes Wasser gewonnen und 25 % als Konzentrat abgeleitet.

Eine Art der zum Einsatz kommenden Permeatoren besteht aus einem zylindrischen Druckrohren aus glasfaserverstärktem Kunststoff mit ca. 24 cm Durchmesser und 122 cm Länge und enthält etwa eine Million halbdurchlässige Hohlfaser - Membranen. Diese Hohlfasern mit einem Außendurchmesser von 85 Mikron und einem Innendurchmesser von 42 Mikron sind aus einem aromatischen Polyamid (Aramid) hergestellt. Die äußere, sehr dünne 0,1 – 1 Mikron starke Schicht bildet die eigentliche Membran, während die darunterliegende Schicht als Trägersubstanz dient.

#### Verfahrensprinzip

Die Osmose ist der natürliche Fluss einer Flüssigkeit von einer verdünnten zu einer konzentrierten Lösung. (z.B. Reinwasser und Salzwasser) durch eine semipermeable Membran. Die Membran ist undurchlässig für die gelösten Substanzen (Salze), jedoch durchlässig für das Lösungsmittel. (Wasser)

Es besteht die Tendenz der bestehenden Lösungen, ihre Konzentration an gelösten Stoffen auszugleichen, indem das Lösungsmittel (Wasser) von der verdünnten Lösung in die konzentrierte Lösung fließt. Der Konzentrationsausgleich erfolgt solange, bis sich eine Druckdifferenz einstellt, die ein weiteres Fließen des Lösungsmittels (Wasser) verhindert.

Der erreichte Druck entspricht dem osmotischen Druck der konzentrierten Lösung.

Der osmotische Druck ist eine physikalische Größe einer Lösung, der von der Konzentration und dem gelösten Stoff abhängt. Eine wässrige Lösung mit 1000 mg/l Kochsalz hat einen osmotischen Druck von 0,799 bar. Zum Vergleich hat etwa Meerwasser mit 35000 mg/l gelösten Salzen einen osmotischen Druck von ca. 25 bar. Gelöste Stoffe mit höheren Molekulargewichten ergeben in Lösungen einen wesentlich geringeren osmotischen Druck als solche mit geringeren Gewichten. Die Osmose bildet die Grundlage des Stoffwechsels pflanzlicher und tierischer Zellen in der Natur.

Setzt man die konzentrierte Lösung unter einen höheren Druck als den osmotischen Druck der Lösung, so fließt im wesentlichen nur das Lösungsmittel (reines Wasser) in die umgekehrte Richtung. Dieser Vorgang wird als "Umgekehrte Osmose" bezeichnet.

### 8.1.3.3 Mischbettfilter [11]

Zur Vollentsalzung wird das Wasser über zwei in Serie geschaltete Mischbettfilter geleitet, ein drittes Filter ist in Reserve bzw. in Regeneration. Die Filter arbeiten in Vor- und Feinreinigungszyklus. Das frisch regenerierte Filter wird als Feinreinigungsfilter, das in Betrieb befindliche als Vorfilter eingesetzt. Jede Einheit durchläuft periodisch einen Kreislauf als Feinfilter, dann Vorfilter und wird danach regeneriert. Diese Aufgabenumschaltung erfolgt aufgrund des jeweiligen Beladungsgrades.

#### Verfahrensprinzip

Die Mischbettfilter sind mit einem stark sauren Kationenaustauscher, einem stark basischen Anionenaustauscher und einem Inertharz gefüllt. Das Inertharz dient als Trennharz bei der Regeneration, wodurch eine Vermischung des Kationen- und des Anionenharzes in der Trennzone vermieden wird.

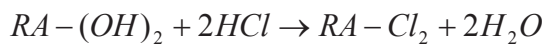
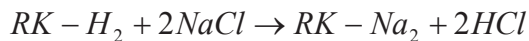
Die im Betrieb miteinander vermischte vorliegenden Kationen- und Anionenharze stellen eine Vielzahl von Kationen- und Anionenstufen dar, woraus die hohe Reinwasserqualität resultiert. Der Anteil an Anionenharz ist, bedingt durch die geringere Austauschkapazität, meist größer als der des Kationenharzes.

Der Einsatz von Mischbettfiltern beschränkt sich auf Entsalzung von Wässern mit geringem Salzgehalt sowie auf deren Feinreinigung.

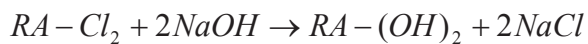
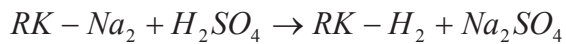
Im Betrieb fließt das Wasser von oben nach unten durch die Harzschicht. Die Kationen des Wassers werden vom Kationenharz aufgenommen und gegen Hydroniumionen ausgetauscht. Die Anionen hingegen werden am Anionenharz gebunden und durch Hydroxidionen ersetzt. Nach vollständiger Beladung der Harze müssen diese mit verdünnter Schwefelsäure bzw. Natronlauge regeneriert werden. Vor der Regeneration der Harze werden diese getrennt.

### Reaktionsgleichungen

für Beladung (hier für NaCl - Salz dargestellt)



für Regeneration



#### 8.1.3.4 Vorfilter [11]

Ein 1 Mikron Feinfilter als Vorfilter dient zur Rückhaltung feinsten Teilchen. Durch diesen Feinfilter werden die nachgeschalteten 0,2 Mikron Sterilfilter entlastet.

#### 8.1.3.5 UV-Entkeimung [11]

Durch die UV-Bestrahlung werden im Wasser vorhandene Bakterien, Viren, Sporen, Algen etc. abgetötet bzw. deaktiviert.

Die UV-Strahlung mit einer Wellenlänge von 254 nm wird durch Quecksilberdampf - Niederdrucklampen erzeugt. Um eine sichere Entkeimung zu gewährleisten, wird mit einer UV-Bestrahlungsdosis von größer 30 Milliwattsekunden/cm<sup>2</sup> gearbeitet.

#### 8.1.3.6 Sterilfilter [11]

Als letzte Reinigungsstufe wird das Wasser über eine Batterie von 0,2 Mikron Sterilfilter geleitet, welche Bakterien, Pyrogene, Partikel, etc. entfernt.

### 8.1.4 Technische Daten der Anlage[10], [11]

Eingesetzter Wasservolumenstrom: *11500 m<sup>3</sup> Warmwasser pro Monat*

#### 8.1.4.1 Enthärtungsanlage

Tabelle 8.3: Technische Daten der Enthärtungsanlage

<b>Allgemein</b>		
Abwassermenge pro Tag (= 16 h)	28	m <sup>3</sup> /d
Maximaler Anfall Abwasser	16	m <sup>3</sup> /h
pH-Wert	7-7,5	
Salzgehalt	ca. 12000	mg/l
suspendierte Stoffe	< 20	mg/l
Inhaltsstoffe	Salze	
<b>Durchflussmenge</b>		
normal	60	m <sup>3</sup> /h
maximal	70	m <sup>3</sup> /h
<b>Regeneration</b>		
Regeneration nach	500	m <sup>3</sup>
Volumenstrom je Monat	11500	m <sup>3</sup>
Anzahl Regenerationen	23	pro Monat
<b>Regeneriermittelbedarf je Regeneration</b>		
NaCl 100%	372	kg
Saugstrom	2630	l/h
Wasserverbrauch bei Regeneration	13,91	m <sup>3</sup>

#### 8.1.4.2 Umkehrosmose

Tabelle 8.4: Technische Daten der Umkehrosmoseanlage

<b>Durchflussmengen</b>		
Rohwasser	30	m <sup>3</sup> /h
Permeat	22,5	m <sup>3</sup> /h
Konzentrat	7,5	m <sup>3</sup> /h

### 8.1.4.3 Mischbettfilter

Tabelle 8.5: Technische Daten der Mischbettfilter

<b>Durchflussmengen</b>		
normal	35	m <sup>3</sup> /h
maximal	45	m <sup>3</sup> /h
maximal	6	bar
Anzahl Regenerationen	4	pro Monat
<b>Regeneriermittelbedarf je Regeneration</b>		
Schwefelsäure 100%	82	kg
Natronlauge 100%	82	kg
<b>Säureverdünnung</b>		
Verdünnungswasser	2735	l/h
Säurestrom 38%	435	l/h
Masse Säure je Regeneration 38%	274	kg
Volumen Säure je Regeneration 38%	217	l
<b>Laugeverdünnung</b>		
Verdünnungswasser	2950	l/h
Laugestrom 48%	236	l/h
Masse Lauge je Regeneration 48%	171	kg
Volumen Lauge je Regeneration 48%	117	l
Wasserverbrauch bei Regeneration	27,87	m <sup>3</sup>

### 8.1.4.4 UV-Entkeimungsanlage

Tabelle 8.6: Technische Daten der UV - Entkeimungsanlage

<b>Durchflussmengen</b>		
maximal	45	m <sup>3</sup> /h
Anzahl UV-Strahler	8	



8.1.4.5 Elektrische Verbraucher

Tabelle 8.7: Elektrische Verbraucher in der Enthärtungsanlage

Interne Nummer	Benennung	Leistung	Betriebsdauer	Energieverbrauch
		[kW]	[h/Monat]	[kWh/Mon.]
D250	Hochdruckpumpe 1	55,0	0	0
D251	Hochdruckpumpe 2	18,5	720,0	13320,0
D252	Hochdruckpumpe 3	18,5	360,0	6660,0
D253	Solepumpe	1,1	11,5	12,7

Tabelle 8.8: Elektrische Verbraucher in der Umkehrosmoseanlage

Interne Nummer	Benennung	Leistung	Betriebsdauer	Energieverbrauch
		[kW]	[h/Monat]	[kWh/Mon.]
D257	Zitronensäurepumpe	7,5	~0	0
D258	Regenerationspumpe A	4,0	~0	0
D259	Regenerationspumpe B	4,0	~0	0

Tabelle 8.9: Elektrische Verbraucher in der Mischbettfilteranlage

Interne Nummer	Benennung	Leistung	Betriebsdauer	Energieverbrauch
		[kW]	[h/Monat]	[kWh/Mon.]
D258	Regenerationspumpe A	4,0	13,5	54,0
D259	Regenerationspumpe B	4,0	Reserve	
D262	Vordruckpumpe A DI-Wasser	11,0	720,0	7920,0
D263	Vordruckpumpe B DI-Wasser	11,0	Reserve	
D264	Zirkulationspumpe A DI-Wasser	11,0	720,0	7920,0
D265	Zirkulationspumpe B DI-Wasser	11,0	Reserve	
D266	Dosierpumpe H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> A	0,75	2,0	1,5
D267	Dosierpumpe H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> B	0,75	Reserve	
D268	Dosierpumpe NaOH A	0,37	2,0	0,8
D269	Dosierpumpe NaOH B	0,37	Reserve	
D270	Spülluftgebläse	4,0	1,4	5,6

Tabelle 8.10: Nicht eindeutig zuordenbare elektrische Verbraucher

<b>Interne Nummer</b>	<b>Benennung</b>	<b>Leistung</b> [kW]	<b>Betriebsdauer</b> [h/Monat]	<b>Energieverbrauch</b> [kWh/Mon.]
D260	Vordruckpumpe A Permeat	5,5	720,0	3960,0
D261	Vordruckpumpe B Permeat	5,5	Reserve	
D500	Abwasserpumpe A	3,0	720,0	2160,0
D501	Abwasserpumpe B	3,0	Reserve	
CSL 8	UV-Lampen (8 Stück a 60 W)	0,48	720,0	345,6

*Bemerkung:* Die Aufteilung der nicht eindeutig zuordenbaren elektrischen Verbraucher auf die jeweiligen Anlagenteile erfolgt gemäß den jeweiligen behandelten Wassermengen.

## 8.2 Kostenermittlung der unterschiedlichen Produkte [30]

Die Gesamtkosten für die unterschiedlichen Wasserqualitäten setzen sich aus folgenden Teilen zusammen:

### 8.2.1 Arbeitskosten

Die Arbeitskosten werden über eine Sammelkostenstelle abgerechnet, die den Enthärtungsanlageanteil, den Reinstwasserteil der RW – Neu Werk 1 sowie die Enthärtungsanlage klein Werk 1 umfasst.

Es wurde folgender Aufteilungsschlüssel vereinbart:

Enthärtungsanlageanteil RW – Neu Werk 1: 50%  
 Reinstwasserteil RW – Neu Werk 1: 30%  
 Enthärtungsanlage klein Werk 1: 20%

Insgesamt sind folgende Werte verbucht:

Gesamtarbeitszeit laut Kostenstelle: 93 h  
 Kosten je Arbeitsstunde: 373,7 ATS/h  
 ergibt Gesamtkosten von: 34754, 1 ATS/Monat

Gemäß obigen Schlüssels ergibt dies für die jeweilige(n) Anlage(nteile):

Anlage(nteil)	EH-Teil RW-Neu	RW-Teil RW-Neu	kleine EH	Einheit
Anteil der Gesamtarbeitszeit	50	30	20	%
Anteilige Kosten	17377,05	10426,23	6950,82	ATS/Monat

### 8.2.2 Abschreibung

Bis auf die Umkehrosroseanlage sind die Anlageanteile 16 Jahre alt. Da der interne Abschreibungszeitraum aber nur 15 Jahre beträgt, entstehen hier keine zusätzlichen Kosten.

Die neue Umkehrosrose ist aber erst am 5.5.1999 in Betrieb gegangen und ist daher abzuschreiben.

Als Abschreibungsart wird die lineare Form gewählt. Die Kosten werden daher nach folgender Formel berechnet:

$$AfA = (\text{Anschaffungswert} - \text{Restwert}) / \text{Abschreibungszeitraum}$$

Anschaffungswert: 2,05 Mio ATS

Restwert: 0 ATS

Zeitraum: 15 Jahre

Daraus ergibt sich:

AfA jährlich: 136667 ATS/Jahr

AfA monatlich: 11390 ATS/Monat

für die neue Umkehrosrose – Anlage.

## 8.2.3 Kosten je Aufbereitungsanlage

### 8.2.3.1 Enthärtungsanlage:

	Verbrauch pro Monat		Kosten je Einheit		Kosten pro Monat	
Brunnenwasser	11500,0	m <sup>3</sup>	1,50	ATS/m <sup>3</sup>	17250,0	ATS
Strom	22975,7	kWh	0,50	ATS/kWh	11487,9	ATS
NaCl	8556,0	kg	1,07	ATS/kg	9154,9	ATS
Arbeitskosten	46,5	h	373,70	ATS/h	17377,1	ATS
AfA					0	ATS
<i>Summe</i>					55269,9	ATS

### 8.2.3.2 Umkehrosrose – Anlage:

	Verbrauch pro Monat		Kosten je Einheit		Kosten pro Monat	
enthärtetes Wasser	9560,0	m <sup>3</sup>	5,18	ATS/m <sup>3</sup>	49566,6	ATS
Strom	2480,0	kWh	0,50	ATS/kWh	1240,0	ATS
Arbeitskosten	14,0	h	373,70	ATS/h	5213,1	ATS
AfA					11390,0	ATS
<i>Summe</i>					67409,7	ATS

8.2.3.3 Mischbettfilter:

	Verbrauch		Kosten		Kosten	
	pro Monat		je Einheit		pro Monat	
Permeatwasser	3870,0	m <sup>3</sup>	9,40	ATS/m <sup>3</sup>	36384,3	ATS
Strom	16904,5	kWh	0,50	ATS/kWh	8452,3	ATS
HCl (38 %)	868,0	l	1,60	ATS/l	1388,8	ATS
NaOH (48 %)	468,0	l	4,70	ATS/l	2199,6	ATS
Arbeitskosten	14,0	h	373,70	ATS/h	5231,8	ATS
AfA	0				0	ATS
<i>Summe</i>					<i>53656,7</i>	<i>ATS</i>

8.2.4 **Kosten für die Gesamtanlage**

<i>Summe der Gesamtkosten für die Wasseraufbereitung altes Werk 1</i>	<i>176336,2</i>	<i>ATS</i>
---	-----------------	------------

8.2.5 **Zusammenfassung der Kosten pro Monat bzw. Kosten pro Einheit Produkt**8.2.5.1 Enthärtungsanlage

Produktoutput: 10660 m<sup>3</sup> enthärtetes Wasser pro Monat

davon Anspeisung Kesselhaus: 1100 m<sup>3</sup>/Monat (jährlicher Durchschnitt)

Rest speist die Umkehrosmose an: 9560 m<sup>3</sup>/Monat

	Kosten		Kosten	
	pro Monat		pro m <sup>3</sup> Produkt	
Brunnenwasser	17250,0	ATS	1,62	ATS
Strom	11487,9	ATS	1,08	ATS
NaCl	9154,9	ATS	0,86	ATS
Arbeitskosten	17377,1	ATS	1,63	ATS
AfA	0,0	ATS	0,00	ATS
<i>Summe</i>	<i>55269,8</i>	<i>ATS</i>	<i>5,18</i>	<i>ATS</i>

**8.2.5.2 Umkehrosmose – Anlage**

Produktoutput: 7170 m<sup>3</sup> Permeatwasser pro Monat

davon Anspeisung kleiner Kreislauf: 3300 m<sup>3</sup>/Monat (Schätzwert)

Rest speist die Mischbettfilter an: 3870 m<sup>3</sup>/Monat

	<b>Kosten pro Monat</b>		<b>Kosten pro m<sup>3</sup> Produkt</b>	
enthärtetes Wasser	49566,6	ATS	6,91	ATS
Strom	1240,0	ATS	0,17	ATS
Arbeitskosten	5213,1	ATS	0,73	ATS
AfA	11390,0	ATS	1,59	ATS
<i>Summe</i>	<i>67409,7</i>	<i>ATS</i>	<i>9,40</i>	<i>ATS</i>

**8.2.5.3 Mischbettfilter**

Produktoutput: 3870 m<sup>3</sup> Reinstwasser pro Monat

	<b>Kosten pro Monat</b>		<b>Kosten pro m<sup>3</sup> Produkt</b>	
Permeatwasser	36384,3	ATS	9,40	ATS
Strom	8452,3	ATS	2,18	ATS
HCl (30 %)	1388,8	ATS	0,36	ATS
NaOH (48 %)	2199,6	ATS	0,57	ATS
Arbeitskosten	5231,8	ATS	1,35	ATS
AfA	0,0	ATS	0,00	ATS
<i>Summe</i>	<i>53656,7</i>	<i>ATS</i>	<i>13,86</i>	<i>ATS</i>

**8.2.5.4 Erklärung der Ermittlung der Schätzwerte**

Aufgrund fehlender Messgeräte bzw. Probleme bei deren Installierung müssen die Werte für die Aufteilung des Permeatwassers in Anspeisung des kleinen bzw. des großen Produktionswasserkreislauf geschätzt werden.

Folgende Überlegungen und Analogieschlüsse liegen den Schätzungen zugrunde.

Die Abnehmergruppe „EH – Wasser – Werk 2“ entspricht ungefähr der Abnehmergruppe im Werk 1, die durch die „Enthärtungsanlage klein“ und den „Permeatwasserkreislauf der Reinstwasseranlage neu Werk 1“ gespeist wird.

Im Werk 2 ergibt sich folgende Aufteilung [30]:

EH- Wasser – Verbraucher: 60 % der Gesamtwassermenge

RW- Wasser – Verbraucher: 40 % der Gesamtwassermenge

Folgender Analogieschluss kann nun angewendet werden:

Die Gesamtmenge des behandelten Wassers im Werk 1 teilt sich im gleichen Verhältnis auf die jeweiligen Verbrauchergruppen auf. Dies bedeutet:

Mit EH – Wasser und Permeatwasser gespeiste Verbraucher: 60 % der Gesamtwassermenge

Mit RW – Wasser gespeiste Verbraucher 40 % der Gesamtwassermenge

Da aber die von der EH – klein – Anlage produzierte Wassermenge bekannt ist, kann auf die verbrauchte Permeatwassermenge und in weiterer Folge auf die verbrauchte Reinstwassermenge rückgeschlossen werden.

#### **8.2.5.5 Allgemeine Anmerkungen:**

Die Kosten für die verbrauchte Pressluft, z.B. für die Durchmischung der Mischbettfilter, Ventilsteuerungen etc., sind vernachlässigbar gering.

Die Kosten der UV – Bestrahlung werden anteilmäßig jeder Wasserqualität zugerechnet.

Das in der Enthärtungsanlage behandelte Wasser teilt sich in einen Verbrauchsstrom und einen die nachgeschalteten Behandlungsanlagen (Umkehrosmose und Mischbettfilter) anspeisenden Strom auf. Die Kosten der letzteren Teilmenge werden auf diese nachfolgenden Anlagenteile als Speisewasserkosten übergewälzt.

Analog wird das Permeatwasser aus der Umkehrosmose einerseits direkt genützt, andererseits als Zufuhr für die Mischbettfilter verwendet. Auch hier erfolgt die Überwälzung der bisherig angefallenen Kosten für die Produktion dieser Teilmenge auf das produzierte Reinstwasser.

### 8.2.6 Gegenüberstellung der Kosten [30]

Hier werden die anfallenden Kosten für die Wasseraufbereitungen in Werk 1 den entsprechenden Kosten in Werk 2 gegenübergestellt.

#### Werk 1

<b>Anlage + Produkt</b>	<b>Menge pro Monat [m<sup>3</sup>]</b>	<b>Kosten pro Monat [ATS]</b>	<b>Kosten pro m<sup>3</sup> Produkt [ATS/m<sup>3</sup>]</b>
Enthärtungsanlage (enthärtetes Wasser)	10660	55269,8	5,18
Umkehrosrose – Anlage (Permeatwasser)	7170	67409,7	9,40
Mischbettfilter (vollentsalztes Wasser)	3870	53656,7	13,86
<i>Gesamtaufbereitung (div. Qualitäten)</i>	-	176336,2	-

Die Anlagenteile, die im neuen Werk 2 von dem dortigen Wasseraufbereitungsanlagenteil „Enthärtung“ gespeist werden, sind vergleichbar mit den Anlagenteilen im alten Werk 1, deren Speisung einerseits durch die „Enthärtungsanlage klein“ und andererseits durch das „Permeatwasser“ nach der Umkehrosrose erfolgt.

Daher werden diese beiden Ströme „Enthärtungsanlage“ und „Umkehrosrose – Anlage“ zum Gesamtstrom „Weichwasser“ zusammengefasst, um eine Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen der Wasserkostenstudie Werk 2 zu gewährleisten.

<b>Anlage + Produkt</b>	<b>Menge pro Monat [m<sup>3</sup>]</b>	<b>Kosten pro Monat [ATS]</b>	<b>Kosten pro m<sup>3</sup> Produkt [ATS/m<sup>3</sup>]</b>
EH + UO - Anlage (Weichwasser)	17830	122679,5	6,88
Mischbettfilter (Reinstwasser)	3870	53656,7	13,86
<i>Gesamtaufbereitung (div. Qualitäten)</i>	-	176336,2	-



Werk 2

Diese hier angeführten Werte sind direkt der Projektarbeit „Darstellung des Wasserkreislaufes bei der Leiterplattenproduktion, kostenmäßige Erfassung und Optimierung“ (Bärnthaler et.al.) entnommen.

<b>Anlage + Produkt</b>	<b>Menge pro Monat [m<sup>3</sup>]</b>	<b>Kosten pro Monat [ATS]</b>	<b>Kosten pro m<sup>3</sup> Produkt [ATS/m<sup>3</sup>]</b>
Enthärtungsanlage (enthärtetes Wasser)	15896	71142	4,45
Reinstwasser – Verbund (Reinstwasser)	4314	100278	20,22
<i>Gesamtaufbereitung (div. Qualitäten)</i>	<i>13896</i>	<i>171420</i>	-

Schlussfolgerungen

Ein Vergleich der beiden Werte ist nur eingeschränkt möglich, da in den beiden Anlagen jeweils unterschiedliche Weichwasserqualitäten ausgeschleust werden.

Dem teuren Weichwasser im Werk 1 steht ein billigeres Reinstwasser gegenüber. Dies ist erklärbar, da in der alten „Reinstwasser neu!“ Anlage die Kosten für die Umkehrosmose – Behandlung der Wasserqualität „enthärtet“ zugeteilt werden, wohingegen im neuen Werk 2 diese Kosten im Reinstwasser enthalten sind.

Allgemein ist festzustellen, dass der tendenziellen Verringerung der Behandlungskosten der behandelten Wassermengen durch bereits abgeschriebene Anlagenteile das höhere Alter der Anlagen entgegenwirkt. Dieses verursacht höhere Aufwendungen bei Wartung und Instandhaltung, durch Abnutzung kann nicht mehr der optimale Wirkungsgrad erreicht werden und neue effizientere Techniken / Verfahren sind noch nicht implementiert.

## **9 Untersuchungen zum Thema Energie**

### **9.1 Allgemeine energetische Einsparmöglichkeiten** **[27], [28], [29]**

In großen Fertigungsbetrieben, wie es die AT&S Hinterberg ist, müssen beträchtliche Mengen an Energien für:

- Erwärmung der Raumluft,
- Wärmebedarf der Produktionseinheiten,
- Erwärmung von Brauchwasser,
- Klimatisierung der Räume,
- exakt zu kontrollierende Klimatisierung einiger Prozesse,
- Maschinenkühlung etc.

aufgewandt werden. Diese Energien werden für Wärmeerzeugung durch primäre fossile Energieträger (Erdgas, Öl) und elektrischen Strom bereitgestellt. Die Kältebedarfsdeckung erfolgt im Werk durch Grundwasser und elektrischen Strom. (für Kältemaschinen)

Aufgrund des hohen Energieabsolutbedarfs ergeben bereits relativ kleine Einspar- und Optimierungsanstrengungen einen erheblichen energetischen und somit finanziellen Minderbedarf. Im folgenden sind einige allgemeine Ansatzpunkte zur Energieverbrauchsoptimierung und –reduzierung angeführt. Diese Aufstellung soll die große Bandbreite der möglichen Einsparungslösungen im Bereich der Energiewirtschaft eines Betriebes demonstrieren.

#### **9.1.1 Wärmepumpe**

Eine Wärmepumpe ist eine Einrichtung, die einen Wärmestrom bei niedriger Energie aufnimmt (kalte Seite) und ihn mittels Energiezufuhr bei höherer Temperatur wieder abgibt. Grundsätzlich kann die Wärmepumpe als Kältemaschine, deren Prozessablauf „umgedreht“ wurde, angesehen werden.

Eine einfache Kompressionswärmepumpe besteht aus einem Verdampfer, einem Verdichter (Kompressor), einem Kondensator und einem Expansionsventil bzw. einer Drossel.

Im Verdampfer wird das flüssige Arbeitsmedium unter Aufnahme von Niedertemperaturwärme verdampft. Der Kompressor saugt den Kältemitteldampf an und verdichtet ihn, wodurch dieser ein höheres Temperaturniveau erreicht. Im Kondensator wird nun die zuvor aufgenommene Energie bei

einem höheren Temperaturniveau wieder abgeben, wobei sich das Medium wieder verflüssigt. Im nachgeschalteten Expansionsventil erfolgt die Entspannung, der entstandene Nassdampf strömt dem Verdampfer erneut zu.

Obwohl hier Wärme vom kälteren zum heißeren Temperaturniveau fließt, widerspricht dieser Vorgang nicht dem Zweiten Hauptsatz der Wärmelehre, da zur Verdichtung Exergie zugeführt werden muss.

Bei der sogenannten Absorptionswärmepumpe tritt anstelle des Kompressors ein Austreiber (auch Kocher genannt), also ein thermischer Verdichter. Hier spart man sich die relativ hohe Exergiemenge zur Kompression des Dampfes, da er in diesem Fall in einem Lösungsmittel gelöst wird. Ganz allgemein erfordert die Kompression einer Flüssigkeit in einer Flüssigkeitspumpe nur einen Bruchteil der Exergie, die für die Kompression von Dampf in einem Verdichter aufgewendet werden muss. Allerdings muss zusätzliche Hochtemperaturwärme für das Austreiben des gelösten Dampfes vor dem Kondensator aufgebracht werden.

Im Fall der AT&S Hinterberg wurde die Möglichkeit der Installation von Wärmepumpen ernsthaft in Betracht gezogen. Bei dem im Betrieb nötigen Temperaturniveau von ca. 100 °C für Raum- und Prozessheizungen arbeiten Wärmepumpen aber laut Auskunft des renommierten Wärmepumpenhersteller Ochsner nicht mehr wirtschaftlich. Daher können diese generell lohnenden Einrichtungen im Werk ohne Umbau aller Verbraucher auf Niedertemperaturstandard nicht zur Anwendung kommen. Der Umbau wäre aber mit beträchtlichen finanziellen Aufwendungen verbunden.

### **9.1.2 Sonnenkollektoren mit Speicher**

Diese sehr einfachen Systeme können verwendet werden, um Brauchwasser für sanitäre Anlagen und Niedertemperaturprozesse zu erwärmen. Der generelle Aufbau eines handelsüblichen Solarkollektors besteht aus einem isolierten Kasten mit einer Glasabdeckplatte. In diesem Kasten ist ein Rohr- bzw. ein Kanalsystem aus Kupfer oder Aluminium so verlegt, dass das Wärmeüberträgermedium einen möglichst langen Weg im Innenraum zurücklegt und damit die maximale eingestrahlte solare Energie aufnehmen kann.

Es besteht wiederum das Problem des erzielbaren, relativ niedrigen Heiztemperaturniveaus, allerdings ist die sanitäre Brauchwassererwärmung durchaus möglich. Auch die zur Verfügung stehenden großen Dachflächen sind ideal für dieses Vorhaben. Die Installation und die damit verbundenen Kosten sind also nur eine Frage der zu bestimmenden Wirtschaftlichkeit.

### 9.1.3 Photovoltaik

Im Gegensatz zu den relativ einfachen und billigen Sonnenkollektoren zur Warmwasserbereitung stellen photovoltaische Zellen ein weit aufwendigeres und auch ungleich teureres System dar. Der Vorteil besteht allerdings in der Erzeugung von elektrischer Energie, also reiner Exergie. Auch für diesen Anwendungszweck sind die zur Verfügung stehenden großen Dachflächen gut geeignet.

Allerdings überwiegen zur Zeit noch die Nachteile. Größtes und augenscheinlichstes Manko ist die Anwendbarkeit nur bei direkter Sonneneinstrahlung, dieser Zustand ist aber sehr selten gegeben. Weiters können die sehr hohen Investitionskosten im allgemeinen nicht innerhalb der durchschnittlichen Lebensdauer der Zellen, die zur Zeit noch gering ist, durch Stromkosteneinsparungen erbracht werden. Sie erfordern auch hohen Reinigungs- und Wartungsaufwand, um eine maximale elektrische Stromausbeute zu gewährleisten. Überdies hat der Standort Hinterberg eine elektrische Anschlussleistung, die durch reine Solarzellenspeisung nicht erbracht werden kann.

So bleibt die Photovoltaik vorerst eher dem reinen Inselbetrieb an abgelegenen Plätzen vorbehalten.

### 9.1.4 Biomasse

Bei Neuinstallationen von Wärmeerzeugern sollten biomassebefeuerte Kessel durchaus in Betracht gezogen werden. Die generelle Machbarkeit beweisen zahlreiche Umrüstungen sowohl von Fernwärmeheizkraftwerken als auch des Dampfkraftwerks ÖDK Zeltweg (teilweiser Betrieb mit Holzabfällen). Aufgrund der ausgedehnten Waldflächen um den Standort fällt naturgemäß viel Biomasse in Form von Holzabfällen verschiedenster Art an. Die Versorgungssicherheit ist dadurch sichergestellt. Weiters gibt es in der Gegend bereits ein funktionierendes Versorgungsnetz.

Die Vorteile sind mögliche Kosteneinsparungen bei gegenüber der Gasfeuerung gleichbleibender Betriebssicherheit. Außerdem würde eine solche innovative Anlage der praktizierten Umweltpolitik der AT&S AG entsprechen.

Die reale Umsetzbarkeit und wirtschaftliche Überlegungen sind aber im Bedarfsfall noch eingehend zu prüfen.

### 9.1.5 Wärmerückgewinnung

Ein großes und bedeutendes Kapitel der Energieeinsparungen sind Wärmerückgewinnungen aller Art. Sowohl Abluft- als auch Abwasserströme enthalten noch Energiepotentiale, die in bestimmten Bereichen des Betriebes, besonders in Niedertemperaturabnehmern, sinnvoll verwertet werden können.

Ein bereits realisiertes System besteht bei den Raumklimaanlagen, wo die Energieinhalte der teils beträchtlichen Abluftströme verwendet werden, um die Zuluftströme auf den angestrebten Zustand vorzukonditionieren. Dazu gibt es mehrere nachfolgend angeführte Möglichkeiten.

### **9.1.6 Regenerativwärmetauscher**

Dieser Wärmetauscher verfügt über eine umlaufende Speichermasse (daher oft auch Rotationswärmetauscher genannt), die zur Hälfte von Abluft durchströmt wird und dabei auf die Temperatur dieser Luft und somit des klimakontrollierten Raumes gebracht wird. Da dieser Speicher langsam rotiert (5 bis 15 U/min), gelangt er nach einiger Zeit in den Luftschacht, der von der Zuluft durchströmt wird. Dabei wird diese Luft durch die vorkonditionierte Speichermasse in Richtung des im Klimaraum angestrebten Zustandes verändert. Diese Veränderung muss durch die nachfolgende Klimatisierungseinheit nicht mehr erbracht werden, was eine Energieeinsparung ergibt.

Ein weiterer Vorteil ist, dass das System unabhängig vom jeweiligen Temperaturniveau funktioniert. Im Winter wird die angesaugte Luft durch die Abluft vorgewärmt, im Sommer hingegen vorgekühlt.

Es gibt hygroskopische Speichermassen, die sowohl Wärme als auch Feuchtigkeit übertragen können und nicht hygroskopische Speicher, die nur Wärmeenergie übertragen.

Speichermassen können Keramiken, Kunststoff- oder Aluminiumfolien oder auch rostfreier Stahl sein. Je nach Bedarf werden wasserspeichernde Beläge als Überzug aufgebracht. Im Winter kann mit diesem System 60 % bis 70 % der Wärmemenge zurückgewonnen werden.

### **9.1.7 Kreislaufverbundsystem**

Dieses System besteht aus jeweils einem Wärmetauscher auf der Abluft- und auf der Zuluftseite (Rippenrohrwärmetauscher). Innerhalb des geschlossenen Systems zirkuliert ein durch eine Pumpe gefördertes Wärmeüberträgermedium (i.a. Wasser mit zugesetztem Glykol als Frostschutz).

Besonders geeignet ist dieses System für Nachrüstung, da Zu- und Abluftstrang räumlich getrennt sein können.

### **9.1.8 Kapillarventilatoren**

Ein Kapillarventilator kann als Wärmewechsler verwendet werden. Die poröse Masse des aus Polyurethan bestehenden Rotors dient gleichzeitig als Ventilator und Speicher. Damit kann die Abwärme von Klimaanlagen genützt werden. Auch ein begrenzter Feuchtigkeitsaustausch ist möglich. Mit diesen Einheiten ist ein Enthalpieaustauschgrad von etwa 40 % bis 50 % möglich.

### 9.1.9 Plattenwärmetauscher

Hierbei handelt es sich um einen sogenannten rekuperativen Wärmetauscher, bei dem die Luftströme durch dünne Platten, z.B. aus Aluminium, Kunststoff u.a. stofflich voneinander getrennt sind. Die beiden Luftströme werden zwischen den Platten jeweils abwechselnd im Kreuzstrom geführt. Aufgrund dieses Prinzips erfolgt keine Luftmischung und auch keine Feuchtigkeitsübertragung.

Enthält die Abluft mehr Wasserdampf als die Außenluft, setzt bei genügend kalten Temperaturen Kondensation ein. Dabei vergrößert sich die Wärmerückzahl, weil die latente Kondensationswärme der Außenluft zusätzlich übergeführt werden kann.

Es sind Wärmerückzahlen von bis zu 60 % erreichbar.

### 9.1.10 Wärmerohre (heat pipes)

Bei diesem System werden senkrecht eingebaute, evakuierte Rippenrohre verwendet, in denen eine Flüssigkeit (meist ein Kältemittel) bei konstanter Temperatur verdampft und wieder verflüssigt wird. Die warme Abluft lässt das Kältemittel in der unteren in den Abluftstrom ragenden Rohrhälfte verdampfen, während es in der oberen in den Zuluftstrom ragenden Hälfte durch die kalte Außenluft wieder kondensiert wird. Infolge der Schwerkraft sinkt das Überträgermedium dann wieder nach unten, der Zyklus kann von neuem beginnen.

Vorteile sind geringes Gewicht, keine bewegten Teile, Wartungsarmut und platzsparende Installation. Es ist ein Wärmeaustauschgrad von 50 bis zu 70 % erreichbar.

### 9.1.11 Wärmedämmung

Eine sehr einfache aber wichtige passive Maßnahme zur Einsparung von Heiz- und Kühlenergien stellt die Wärmedämmung dar.

Als Dämmstoffe gelten allgemein Stoffe, deren Wärmeleitfähigkeiten unter  $0,1 \text{ W/mK}$  liegen. Die wichtigsten einsetzbaren Varianten sind:

- Plastische Dämmstoffe (Wärmeschutzmassen)
- Formstücke
- Mineralische Wärmedämmmatten und -platten
- Stopfisolierungen
- Schaumstoffe
- Luftschichtdämmung
- Schüttstoffe
- Sperrschichten (Dampfsperren)

### **9.1.12 Niedertemperaturwärme Nutzung**

Besonders im Zuge der generellen Energieeinsparungsbestrebungen wird auf die Nutzung von Energien im Niedertemperaturbereich besonderes Augenmerk gelegt. In der AT&S Hinterberg fallen große Mengen derartiger Niedertemperaturenergien (zwischen 40 und 90 °C) an. Diese wären von der Quantität her ausreichend, große Teile des Betriebes mit Wärme zu versorgen.

Für die Nutzung sind allerdings spezielle Installationen, wie etwa großflächige Heizkörper, Boden- und Wandflächenheizungssysteme, erforderlich. Diese Infrastruktur ist im vorliegenden Fall aber nicht vorhanden und die nachträgliche Umrüstung auf solche Standards wäre nur unter hohem finanziellen und damit nicht rechtfertigbarem Aufwand möglich.

Bei einem Umbau bzw. Neubau von Gebäuden und/oder Anlagen ist die Nutzung dieser Energiepotentiale aber auch im Hinblick auf wirtschaftliche Einsparungen zu beachten.

### **9.1.13 Dezentrale Energieerzeugung**

Wenn verschiedene Wärme- aber auch „Kälte“-verbraucher räumlich weit verteilt liegen und nur relativ selten in Betrieb sind, ist zu überprüfen, ob nicht ein dezentraler Energiewandler vor Ort effizienter arbeitet, als wenn alle Abnehmer von einem zentralen System aus mit langen verlustbehafteten Verbindungsleitungen versorgt werden müssen.

Wenn zum Beispiel ein Waschbecken weit vom Warmwasserkessel entfernt liegt, hat man hohe Wärmeverluste in der langen Speiseleitung. Wird es überdies nur selten benutzt, muss diese lange dann ausgekühlte Leitung erst mit Warmwasser gefüllt werden, bis am Auslass warmes Wasser fließt. Dies bedeutet einen unverhältnismäßig hohen Wasser- und Energieverbrauch. Nach Benutzung kühlt das Wasser rasch wieder ab, da die Leitung die im Medium enthaltene Wärme aufnimmt. Hier ist sicher ein elektrisch beheizter Durchlauferhitzer vor Ort günstiger.

Dieses Beispiel kann auf andere analoge Verbrauchsfälle umgelegt werden.

### **9.1.14 Nutzung der Abwärme von Kälteanlagen**

Kälteanlagen kommen für Kühlaufgaben im Rahmen von raumluftechnischen Anlagen zum Einsatz. Dem abzukühlenden Medium wird Wärme entzogen, die zur Deckung von gleichzeitig anfallenden Wärmebedarf verwendet werden kann. (z.B. zur Wiedererwärmung von zum Zweck der Entfeuchtung abgekühlter Luft) Diese Betriebsweise wird Wärmeverchiebung genannt.

### **9.1.15 Nutzung von Maschinenabwärme**

Da alle Arten von Exergie verbrauchenden Maschinen zumindest einen Teil dieser Exergiezufuhr in sensible (aber auch latente) Wärme umwandeln, entsteht dadurch ein beträchtliches, selten aktiv genutztes Energiepotential. Unbeachtet erwärmt natürlich bei notwendiger Raumheizung ein Teil der Abwärme die Raumluft, allerdings würde ein gezielterer Einsatz dieser Energien einen höheren Nutzungsgrad erlauben.

Im gegenständlichen Fall der AT&S Hinterberg geben besonders die großen Druckluftherzeugungsanlagen viel Abwärme ab.





## 9.2.2 Brennstoffversorgung

Als Hauptbrennstoff wird handelsübliches Erdgas der Steirischen Ferngas verbrannt.

Die Heißwasserkessel 1 bis 3 sind mit Zweistoffbrennern ausgerüstet. Damit ist ein Notbetrieb mit Öl bei Störung der Gashauptversorgung vorgesehen.

## 9.2.3 Die Heizschiene 110 °C / 70°C [15]

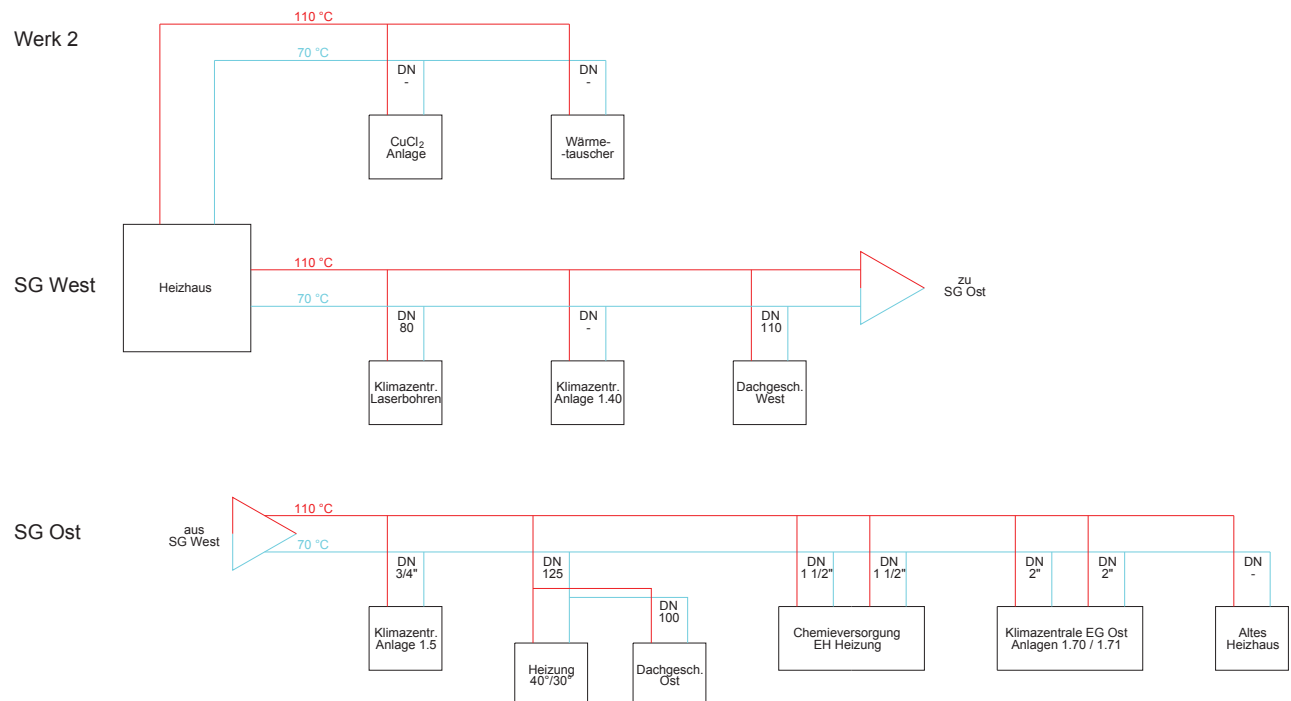


Abbildung 9.1: Die Heizschiene 110°C/70°C

Die Heizschiene liefert Energie für:

- die Raumheizungen,
- die Wiedererwärmung der Luft, die zur Entfeuchtung abgekühlt wurde,
- zur Heizung der CuCl<sub>2</sub> – Anlage bei Teillastbetrieb

## 9.2.4 Zukünftige Änderungen des Systems

In nächster Zukunft sind einschneidende Änderungen geplant. So werden die Pressen, die für das Verpressen der einzelnen Leiterplatten notwendig sind, ausgetauscht. Die jetzt noch eingesetzten Geräte benötigen Heißwasser, um die Betriebstemperaturen zu erreichen. Zu ihrer Versorgung sind im Heizhaus die Heißwasserkessel installiert.

Die neuen Pressen arbeiten aber nach einem anderen Versorgungsprinzip, das auf Heißwasser völlig verzichten kann. Daher werden sowohl die Verbraucher, als auch die Versorgungseinheiten überflüssig, was sich auch auf die hier dokumentierten Werte auswirkt.

Dieses System unterstützt auch die Warmwasserkessel, indem der Vorlauf dieser Kessel mit dem Rücklauf der Heißwasserkessel über Economiser erwärmt wird. Nach dem Wegfall des Heißwassersystems müssen daher die Warmwasserkessel die fehlende Energiemenge abdecken. Aus diesem Grund ist die Installation eines weiteren Warmwasserbereiters vorgesehen.

### **9.2.5 Optimierungspotential [22]**

Anschließend an die nunmehr zwei Druckluftkompressoren Atlas Copco ZR 400 – 10 ist von der Firma AGB (Anlagen – Geräte – Betriebstechnik GmbH) ein Wärmerückgewinnungssystem zur Rückgewinnung der in der Druckluft durch die Kompression erzeugten und gebundenen Energie installiert.

Folgende Daten können laut Abnahmeprotokoll realisiert werden:

Schraubenkompressoren Atlas Copco ca. 400 kW

Typ ZR 400 – 10 E EL

*Förderleistung:*

bei 10,0bar: 56,22 m<sup>3</sup>/min

bei 9,0bar: 56,34 m<sup>3</sup>/min

*Gesamtleistungsbedarf:*

bei 10,0bar: 378 kW

bei 9,0bar: 360 kW

## 9.2.6 Beschreibung des Wärmerückgewinnungssystems

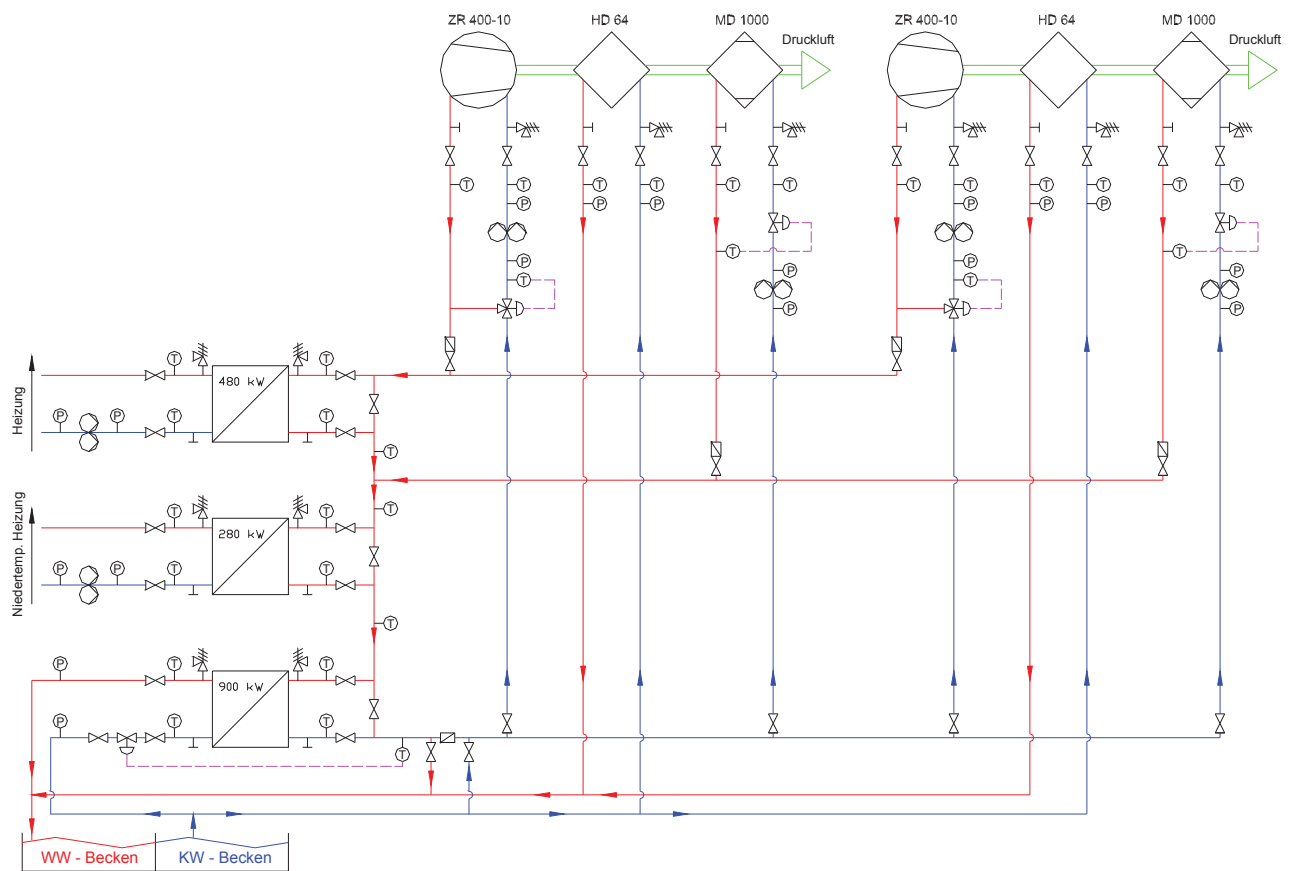


Abbildung 9.2: Das Kompressorabwärmerückgewinnungssystem

Zur Zeit sind für die Versorgung sowohl des alten Werkes 1 als auch des neuen Werkes 2 zwei Drucklufterzeugungssysteme im Keller des Werkes 2 installiert.

Diese Systeme bestehen jeweils aus:

- Trockenlauf – Schraubenverdichter Atlas Copco ZR 400 - 10
- Nachkühler Atlas Copco HD 64
- Adsorptionstrockner Atlas Copco MD 1000 W

Der Schraubenverdichter saugt Umgebungsluft über ein Filtersystem an, verdichtet diese im Niederdruck - Kompressorelement und führt sie einem Zwischenkühler zu. Die abgekühlte Luft wird im Hochdruck – Kompressorelement weiter verdichtet und strömt durch einen Schalldämpfer in den Nachkühler.

Im Nachkühler wird die komprimierte Luft auf die durch die nachfolgenden Anwendungszwecke geforderte Temperatur gekühlt.

Die Luft, die den Nachkühler verlässt, ist zu feucht für die späteren Anwendungen. Daher ist ein Adsorptionstrockner installiert. Der Luftweg führt durch ein Eintrittsrohr, ein Ventil über die Düse

des Ejektors in den Wasserabscheider. Am Eintritt ist die Luft normal zu 100 % gesättigt und hat eine Temperatur, die ca. 10 °C über der des einströmenden Kühlwassers liegt. Die Adsorptionseinheit wird mit heißer Zapfluft aus dem Kompressor, entnommen vor dem Nachkühler, regeneriert.

Die alten Kompressoren im Werk 1 werden nur mehr im Notfall, bei Revision der neuen Anlagen oder zur Spitzenabdeckung verwendet. Daher sind sie nur einen geringen Bruchteil der Gesamtproduktionszeit im Einsatz.

#### 9.2.6.1 Die Wärmerückgewinnung allgemein

Bei jeder Art der Komprimierung der Luft wird diese aufgrund thermodynamischer Zusammenhänge wärmer. Allgemein steigt die erforderliche Komprimierungsenergie mit steigender Zulufttemperatur, spätere Anwendungen erfordern aber Temperaturen innerhalb bestimmter Grenzen. Daher sind mehrere Aggregate für die stufenweise Kühlung des Luftstroms installiert. Diese werden ausschließlich mit Kühlwasser betrieben.

Im Wasser wird durch diese Verwendung eine große Menge Energie gespeichert. Ziel ist es, die in der Produktion erforderliche, sowie die für Raumheizung notwendige Wärme durch diese zu erbringen.

Die Kompressoren wurden von Atlas Copco derart modifiziert, dass eine maximale Kühlwasseraustrittstemperatur von 90 °C anstatt der üblichen 50 °C ermöglicht wird. Dies bedingt aber eine höhere thermische Belastung der Kompressoren und somit eine kurze Lebensdauer und eine höhere Störanfälligkeit.

Aufgrund des höheren Temperaturniveaus kann die Energie in einem breiten Anwendungsband verwendet werden. Dafür wurde im Werk 2 das umfassende Energierückgewinnungssystem geplant und installiert. Die Auslegung erfolgte im Hinblick auf Erweiterungen für drei baugleiche Komprimierungssysteme mit ZR 400 – 10 Kompressoren. Aus diesem Grund erscheinen die installierten Wärmetauscherleistungen auf den ersten Blick zu hoch.

In einem ersten Schritt wird Wärme in der obersten Temperaturspanne 90 °C Vorlauf, 50 °C Rücklauf über den 480 kW Wärmetauscher für die Temperaturhebung des Rücklaufes der isolierten Heizbrücke 110 / 70 °C des Werks 2 verwendet.

Die Temperatur des Rücklaufs hängt von der abgenommenen Wärmemenge im ersten Wärmetauscher ab. Der rücklaufende Strom wird danach mit dem auf 50 °C erwärmten Kühlwasser aus dem Drucklufttrockner vermischt. Daraus ergibt sich üblicherweise eine Mischtemperatur von über 50 °C.

In einer zweiten Stufe erfolgt die Restenergienutzung des Kühlwassers. Im Vorlauf herrscht die Mischtemperatur von mindestens 50 °C und im Rücklauf ergeben sich bei voller Auslastung minimal 40 °C. Gespeist werden damit die Wiedererwärmungsanlagen für Raumluft, die in den Klimaanlage zum Zweck der Entfeuchtung unter den Taupunkt abgekühlt wurde.

Der restliche Wärmeinhalt des Kühlwassers, der je nach Abnahmemengen in den vorgeschalteten Wärmetauschern schwankt, wird über den dritten 900 kW Wärmetauscher abgebaut und auf die für die diversen Kühler notwendige Vorlauftemperatur von 35 °C wieder eingestellt. Hier wird mit Wasser aus dem Kaltwasserbecken gekühlt.

### 9.2.6.2 Technische Daten der Rückgewinnungsstufen

#### Trockenlauf – Schraubenverdichter Atlas Copco ZR 400 - 10

Rückgewinnbare Energiemenge: 315 kW bei 88 % der Volllast

Kühlwasserbedarf: 2,6 l/s

Kühlwassereintrittstemperatur: 40 °C

Kühlwasseraustrittstemperatur theoretisch: 70 °C

Kühlwasseraustrittstemperatur tatsächlich: 90 °C

(nach Umrüstung)

#### Nachkühler Atlas Copco HD 64

Kühlwasservolumenstrom für Auslegung: 0,61 l/s

Kühlwassereintrittstemperatur Auslegung: 20 °C

Kühlwassereintrittstemperatur minimal: 12 °C

Kühlwassereintrittstemperatur maximal: 30 °C

Kühlwassererwärmung: 15 °C

Kühlwasseraustrittstemperatur maximal: 95 °C

#### Adsorptionstrockner Atlas Copco MD 1000 W

Kühlwasservolumenstrom für Auslegung: 1,00 l/s

Kühlwassereintrittstemperatur Auslegung: 20 °C

Kühlwassereintrittstemperatur minimal: 12 °C

Kühlwassereintrittstemperatur maximal: 35 °C

Kühlwassererwärmung: 15 °C

Kühlwasseraustrittstemperatur maximal: 95 °C

### 9.2.6.3 Ansatz für Optimierungen

Ein entscheidendes Problem ergibt sich aus der Tatsache, dass im Sommer sehr wenig Heizenergie benötigt wird und somit die Abwärme des Kühlwassers fast vollständig über den dritten Wärmetauscher ins Warmwasserbecken verworfen werden muss.

Hier werden im Rahmen dieser Diplomarbeit Varianten betrachtet, die eine ganzjährige Abnahme der Abwärmeenergie ermöglichen sollen. Dass ein über dieser Menge liegender Gesamtwärmebedarf besteht, wird im folgenden gezeigt.

### 9.2.6.4 Der Energiebedarf für die Warmwasserschiene 110 °C / 70 °C

Es erfolgt eine kontinuierliche Aufzeichnung des monatlichen Gasverbrauches der installierten Warmwasserkessel. Daraus kann direkt auf die monatliche Wärmeabgabe über die 110 °C / 70 °C Heizschiene und somit den Heizenergiebedarf rückgeschlossen werden.

Eine zahlenmäßig schwer erfassbare zusätzliche Heizenergiequelle stellen die Heißwasserkessel in zweifacher Weise dar. Erstens wird der Rücklauf des Heißwasserkreislaufes über einen Warmwasserumformer zur teilweisen Erwärmung der Warmwasserschiene verwendet. Zweitens wird auch in einem Economiser die verwertbare Restenergie des Rauchgases zur Temperatursteigerung des Warmwassers genutzt.

Beide Heizströme hängen direkt vom Heißwasserbedarf der Produktion ab. Je geringer dieser ist, desto geringer ist auch die auskoppelbare Wärme sowohl über den Heißwasserrücklauf als auch über den Rauchgaseconomiser.

Aufgrund der Schaltung des Warmwassersystems ist die benötigte Energiemenge nicht genau bestimmbar. Dies ist hier aber auch nicht notwendig, gezeigt soll nur werden, dass die auskoppelbare Kompressorabwärme zu jeder Zeit in vollem Umfang auf der 110 °C / 70 °C Ebene abgenommen wird.

In Zukunft findet aufgrund der schon erwähnten Installation neuer Pressen Heißwasser im Werk keine Anwendung mehr. Daher ist der Abbau der Heißwasserkessel und mit ihnen der Warmwasserumformer und die Rauchgaseconomiser geplant. Somit fällt diese Heizquelle für die Warmwasserschiene zur Gänze weg und die gesamte erforderliche Energie muss von den Warmwasserkesseln erbracht werden. Aus diesem Grund wird die Installation zusätzlicher Kessel notwendig.

In den Diagrammen ist der Leistungsbedarf immer als Kubikmeter Gas je Monat dargestellt. Die Angabe der auskoppelbaren Leistungsmenge der Kompressoren erfolgt jedoch in der Einheit Kilowatt.

Zum Vergleichen wird die Gasmenge je Monat ermittelt, die erforderlich ist, wenn die verwertbare Abwärmekoppleistung durch die Warmwasserkessel erbracht werden muss.

### 9.2.6.5 Auskoppelbare Abwärmeenergiemenge im Bereich 90 °C / 70 °C [22], [29]

Angaben für zwei Kompressoren laut Herstellerdokumentation AGB:

anfallender erwärmter Kühlwasserstrom: 7,00 [m<sup>3</sup>/h]  
1,94 [dm<sup>3</sup>/s]

Temperatur dieses Stromes: 90 [°C]

#### Rückgewinnbare Leistung P im Temperaturbereich 90 °C / 70 °C

(70 °C ist die Temperatur des zu erwärmenden Heizschienenrücklaufes)

$$P = \dot{m} \cdot c_{Wasser} \cdot \Delta T = \dot{V} \cdot \rho_{Wasser} \cdot c_{Wasser} \cdot \Delta T$$

$$P = 1,94 \cdot 0,982 \cdot 4,168 \cdot 20$$

$$P = 158,8 \cong 160 [kW]$$

$c_{Wasser} = 4,168$  [kJ/(kg K)] ..... spezifische Wärmekapazität von Wasser (Mittelwert für 70°C bis 90°C)

$\rho_{Wasser} = 0,982$  [kg/dm<sup>3</sup>] ..... Dichte von Wasser (Mittelwert für 70°C bis 90°C)

$\Delta T = 20$  [K] ..... ausnutzbarer Temperaturbereich

### 9.2.6.6 Berechnung des äquivalenten Gasverbrauches: [29]

Hier werden folgende Werte zugrunde gelegt:

Brennertyp: Dreizler M 5001 ARZ – super / Oxygen

Kesselfabrikat: Hoval

Kesselwirkungsgrad: 90 % (laut Hersteller)

Brennstoff: Erdgas

Unterer Heizwert: 35750 [kJ/m<sup>3</sup>] (laut Ferngas)

#### Eingespartes Gasvolumen

$$P = Q \cdot H_u \cdot \eta_K$$

$$\Rightarrow Q = \frac{P}{H_u \cdot \eta_K}$$

$$Q = \frac{160}{35750 \cdot 0,9} = 0,005 \left[ \frac{m^3}{s} \right] \cong 12900 \left[ \frac{m^3}{Monat} \right]$$

P [kW] ..... auskoppelbare Kompressorabwärme

Q [m<sup>3</sup>/s] ..... erforderliche Gasmenge

H<sub>u</sub> [kJ/m<sup>3</sup>] ..... unterer Heizwert Erdgas

$\eta_K$  [ ] ..... Kesselwirkungsgrad



9.2.6.7 Tatsächliche Gasverbräuche (April 2000 bis April 2001)

Tabelle 9.1: Gasverbrauch im Jahr 2000

	2000						
	April [m³/Mon]	Mai [m³/Mon]	Juni [m³/Mon]	Juli [m³/Mon]	August [m³/Mon]	Sept. [m³/Mon]	Okt. [m³/Mon]
WW-Kessel 1	26096	526	7763	25331	12563	27013	1236
WW-Kessel 2	0	0	29858	8863	11052	476	246
WW-Kessel 3	60897	47200	14143	25	105	10898	72484
<b>Summe WWK</b>	<b>86993</b>	<b>47726</b>	<b>51764</b>	<b>34219</b>	<b>23720</b>	<b>38387</b>	<b>73966</b>
<b>Gesamt</b>	<b>170957</b>	<b>161968</b>	<b>117886</b>	<b>131551</b>	<b>113899</b>	<b>138728</b>	<b>169609</b>

Tabelle 9.2: Gasverbrauch im Jahr 2000/01

	2000		2001			
	Nov. [m³/Mon]	Dez. [m³/Mon]	Jänner [m³/Mon]	Februar [m³/Mon]	März [m³/Mon]	April [m³/Mon]
WW-Kessel 1	77994	87698	72166	42364	6912	6768
WW-Kessel 2	9562	37191	131587	44070	60729	59745
WW-Kessel 3	54112	132129	68798	118414	87341	86965
<b>Summe WWK</b>	<b>141668</b>	<b>257018</b>	<b>272551</b>	<b>204848</b>	<b>154982</b>	<b>148663</b>
<b>Gesamt</b>	<b>260002</b>	<b>382389</b>	<b>354192</b>	<b>353886</b>	<b>261631</b>	<b>244268</b>

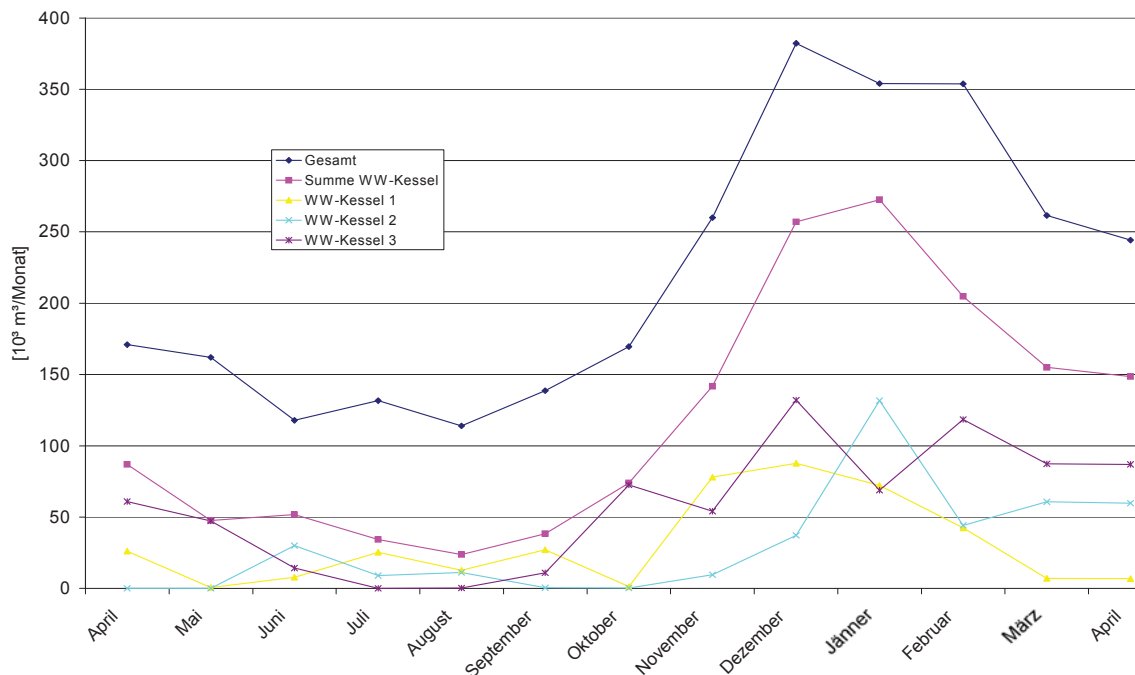


Abbildung 9.3: Gasverbräuche im Abrechnungszeitraum vom April 2000 bis April 2001

Die Linie „Gesamt“ setzt sich aus Verbräuchen für

- Warmwasserbereitung 110 °C – 70 °C
- Heißwasserbereitung und
- Dampfbereitung

für beide Werke zusammen.

Seit Oktober 2000 werden die Gasverbräuche differenzierter aufgezeichnet:

- Warmwasserbedarf Werk 1
- Warmwasserbedarf Werk 2
- Heißwasserbedarf Werk 1 Pressen
- Dampfverbrauch Werk 1 und
- Dampfverbrauch Werk 2

Tabelle 9.3: Gasverbrauch genauer aufgeschlüsselt (Jahr 2000/01)

	2000			2001			
	Okt. [m <sup>3</sup> /Mon]	Nov. [m <sup>3</sup> /Mon]	Dez. [m <sup>3</sup> /Mon]	Jänner [m <sup>3</sup> /Mon]	Februar [m <sup>3</sup> /Mon]	März [m <sup>3</sup> /Mon]	April [m <sup>3</sup> /Mon]
Dampf W1	23655	32535	47615	41836	47409	41076	36038
WW-Bedarf W1	37529	92521	161170	147431	150494	102141	107718
HW-Bedarf W1	83284	66778	62200	53216	59171	55969	40794
Dampf W2	8166	23886	29826	25980	29498	20794	18773
WW-Bedarf W2	16975	44282	81579	85729	67315	41651	40945

Daraus ergibt sich folgendes Bild:

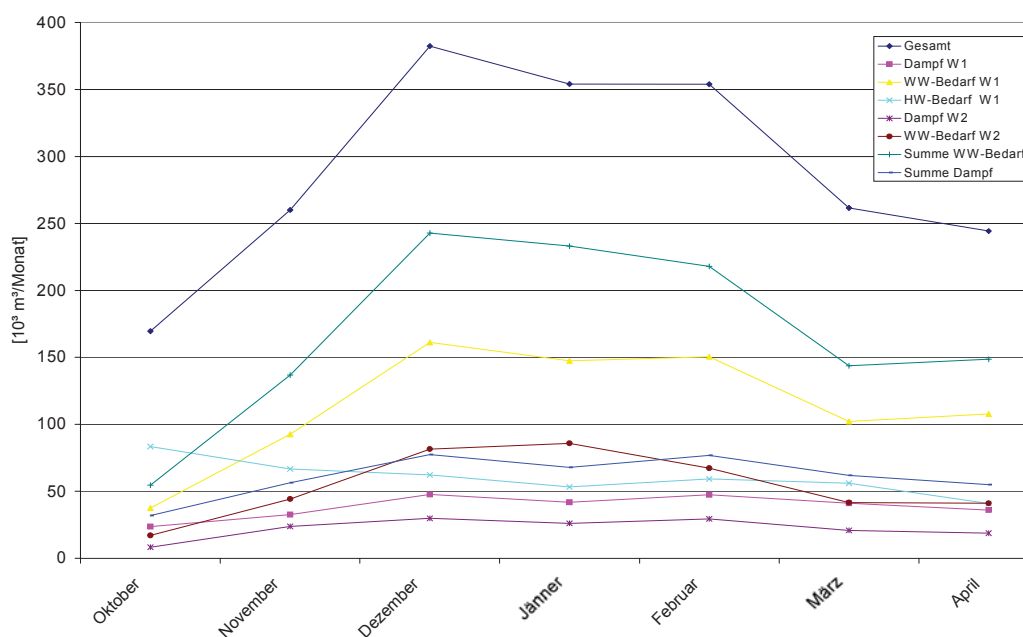


Abbildung 9.4: Gasverbrauch aufgeschlüsselt

Aus diesen Abbildungen wird deutlich, dass sowohl der Dampfverbrauch als auch der bald wegfallende Heißwasserbedarf von der Jahreszeit und somit von der Außentemperatur unabhängig ist.

Sehr wohl wird der Warmwasserbedarf von den äußeren Klimabedingungen beeinflusst, da hier unter anderem alle Raumheizungen angespeist werden. So ist in der Grafik deutlich der erhöhte Warmwasserbedarf in den Wintermonaten zu sehen.

Da diese genaueren Aufzeichnungen erst mit Oktober begonnen wurden, sind über den tatsächlichen Jahresverlauf keine genauen Aussagen zu machen. Bestätigt wird allerdings der grundsätzliche in der Jahresabrechnung ersichtliche Verlauf. Festzustellen ist, dass sich die jeweiligen aufgeschlüsselten Werte aufgrund unterschiedlicher, teilweise nicht geeichter Zähler bzw. durch Rückrechnungen ergeben. Damit werden Abweichungen dieser Werte von denen der Jahresabrechnung begründbar. Es soll aber nur das ganzjährige Einbindungspotential der Kompressorabwärme bestätigt werden, was exakte Werte nicht unbedingt erfordert.

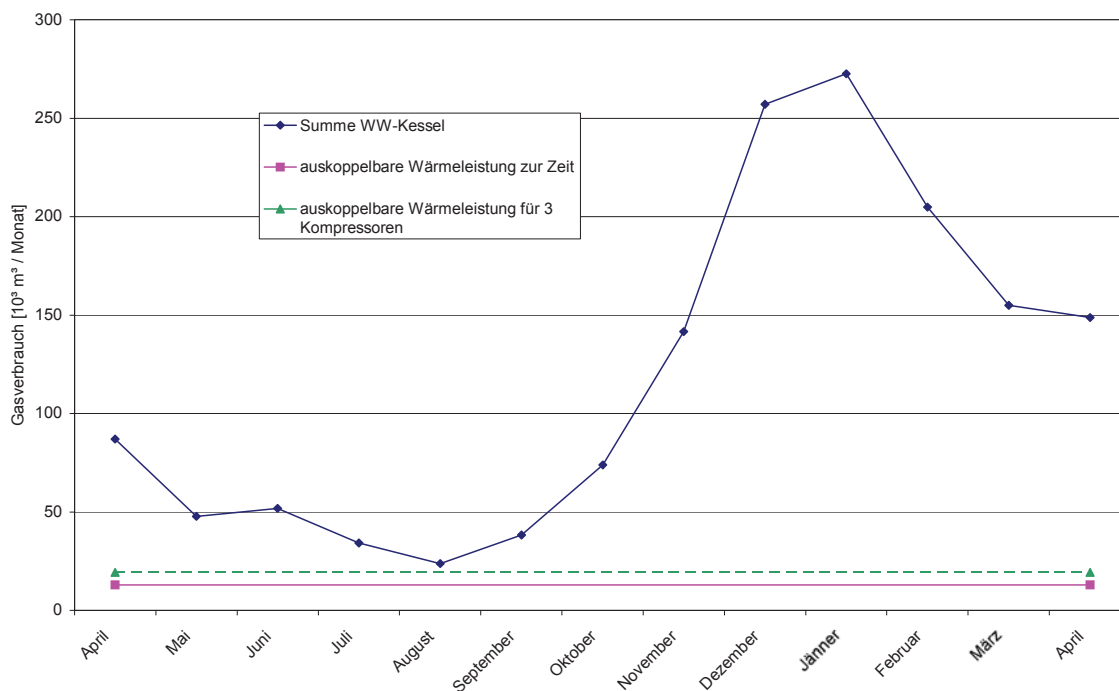


Abbildung 9.5: Gegenüberstellung: Wärmebedarf – auskoppelbare Wärmemenge

### Bemerkung

Es ist die grundsätzliche Installation eines dritten, baugleichen Kompressors vorgesehen. Sollte dies realisiert werden, steigt die auskoppelbare und somit einsparbare Wärmeleistung um weitere 50 %, was wiederum eine Gasverbrauchseinsparung um 50 % nach sich zieht.

Dass dieses zusätzliche Wärmeangebot ohne weiteres das gesamte Jahr über Abnehmer findet, beweist das obige Diagramm.

*Ergebnis*

In der Gegenüberstellung des Gesamtgasverbrauches für Warmwasserbereitung und der auskoppelbaren Wärmeleistung der zwei Atlas Copco ZR 400 – 10 Kompressoren ist deutlich zu sehen, dass die ausgekoppelte Wärme schon jetzt auch zur heißesten Jahreszeit sicher abgenommen wird. Zusätzlich wird dieser Gasverbrauch aufgrund des schon erwähnten Wegfalles der Heißwasserkessel weiter steigen.

Da aber die auskoppelbare Wärmemenge im Werk 2 im Sommer über die gegenwärtige Einbindung der Wärmetauscher nur zu einem geringen Teil genutzt wird, werden im folgenden andere Varianten der Einbindung der Energie zuerst technisch und in weiterer Folge auch wirtschaftlich betrachtet.

### 9.2.7 Das derzeitige Heizsystem Werk 2 [15]

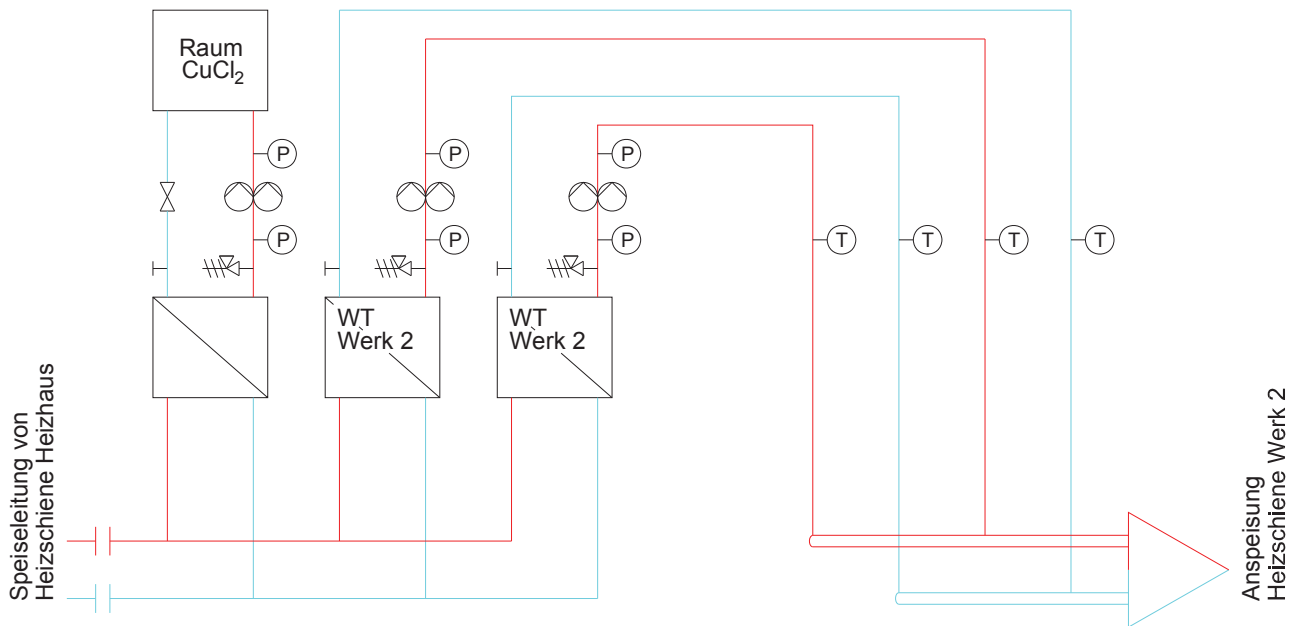


Abbildung 9.6: Anbindung des Heizsystems im Werk 2 an das Heizhaus

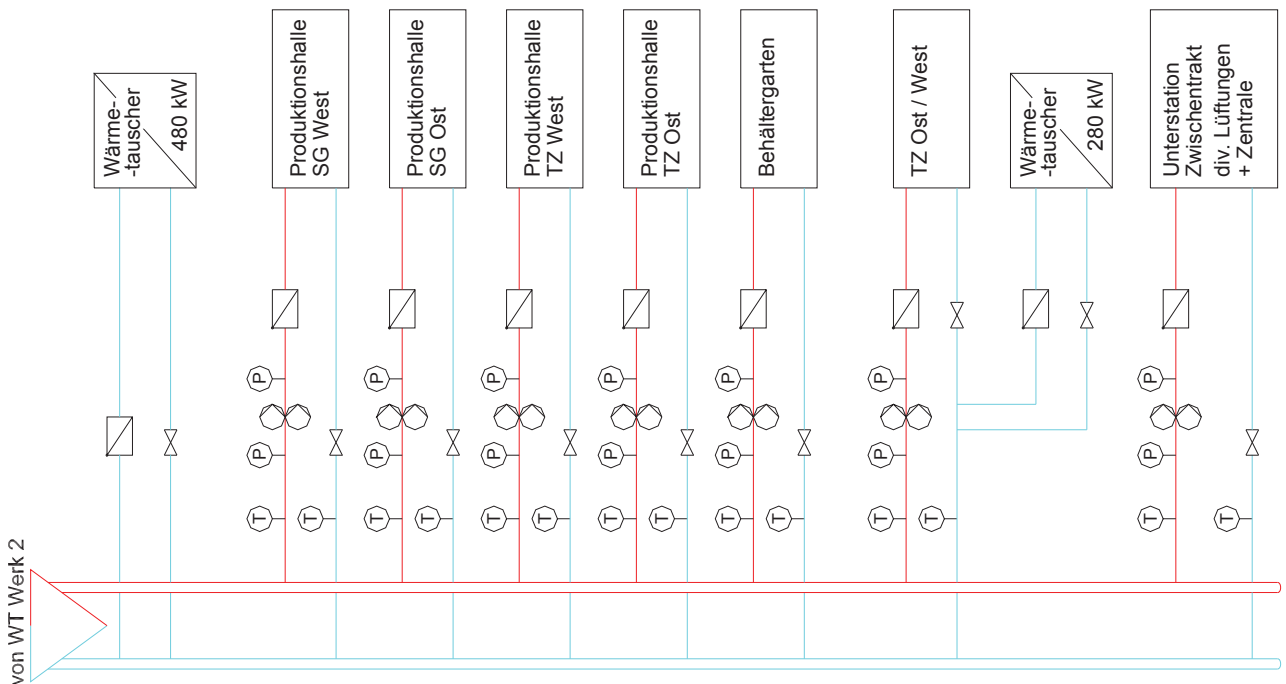


Abbildung 9.7: Wärmeabnehmer im Werk 2

## 9.2.8 Varianten der Optimierung

### 9.2.8.1 Variante 1: Nutzung der bereits bestehenden Wärmeversorgungsleitung

Im Winter besteht im Werk 2 ein Wärmebedarf, der über der maximal auskoppelbaren Wärmemenge der Kompressoren liegt. Daher wurde im Zuge des Neubaus des Werkes 2 die Heizschiene  $110\text{ °C} / 70\text{ °C}$  in das Sockelgeschoss dieses Baues verlängert.

Wie in der folgenden Abbildung ersichtlich, sind dort zwei Wärmetauscher installiert, die ihrerseits eine mediumgetrennte Werk 2 - eigene  $110\text{ °C} / 70\text{ °C}$  Schiene versorgen. Zusätzlich wird die  $\text{CuCl}_2$  - Anlage des neuen Werkes direkt aus der von Werk 1 kommenden Versorgungsleitung angespeist.

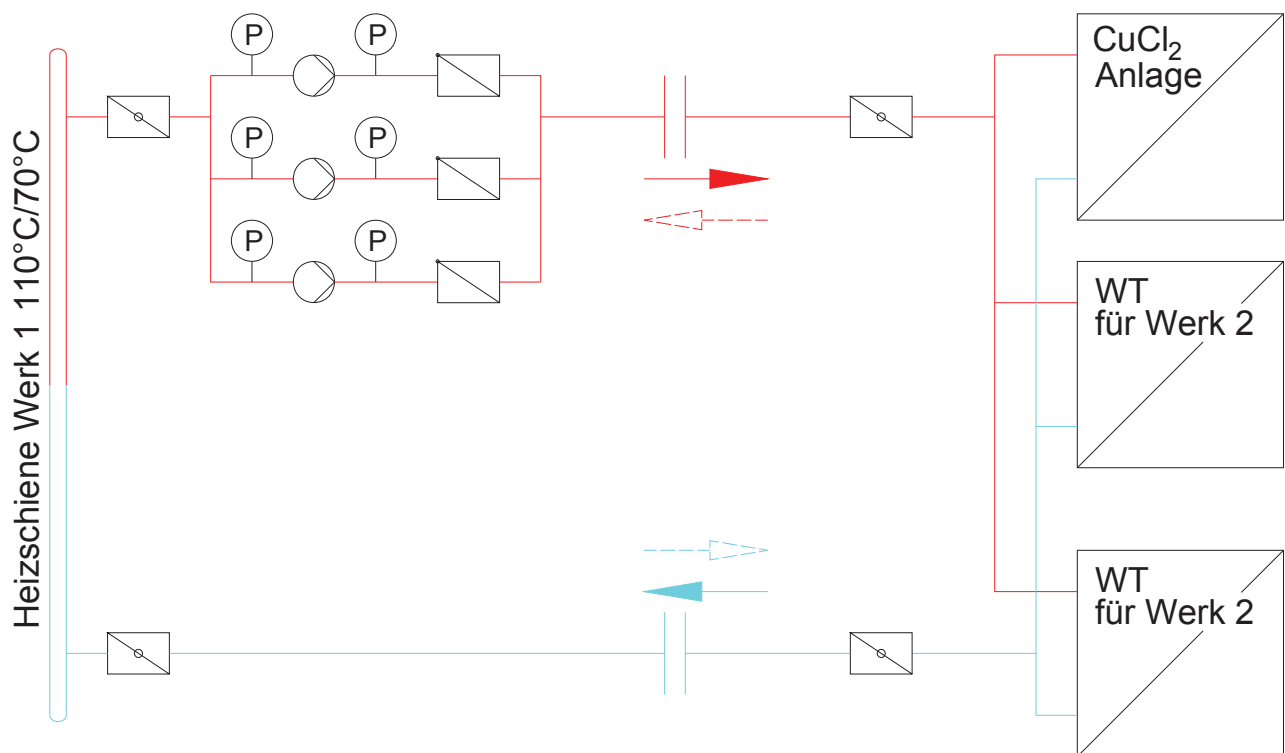


Abbildung 9.8: Nutzung der bereits bestehenden Wärmeversorgungsleitung

Grundsätzlich kann nun der Wärmebedarf im Werk 2 über oder unter der aus den Kompressoren ausgekoppelten Wärmemenge liegen. Aufgrund dieses Bedarfs wird der Massenstrom des Heizmediums in der Versorgungsleitung aus Werk 1 geregelt. Besteht ein Wärmeüberangebot im neuen Werk, so stoppen die Heizmediumförderpumpen im alten Werk und somit der Mediumfluss in der Versorgungsleitung.

Da bei Wärmeüberangebot die Versorgungsleitung nicht genutzt wird, kann prinzipiell die dann im Werk 2 vorhandene überschüssige Entkopplungswärme über dieselbe Leitung in die Hauptheizbrücke im entgegengesetzten Sinn zurückgespeist werden.

Allerdings ist dies mit regeltechnischen Problemen verbunden. Bis jetzt wird der Verlauf der Hauptheizbrücke auf 85 °C gehalten. Diese Temperatur würde dann aber im Falle einer Rückspeisung aus Werk 2 dort am Wärmetauscher auch als Vorlauf anliegen. Da die Kompressorabwärme aber maximal mit einer Temperatur von 90 °C ausgekoppelt werden kann, ist die sich dann ergebende Temperaturdifferenz von 5 °C bei weitem zu gering. Innerhalb dieser Spanne von 90°C auf 85 °C könnten nur 20 kW je Kompressor übernommen werden.

Daher ist für eine erfolgreiche Realisierung dieser Variante eine dem Abwärmeangebot im Werk 2 angepasste Steuerung der Warmwasserheizung durch die Kessel erforderlich. Die untere Temperaturgrenze von 85 °C ist nicht mehr einhaltbar, bei einer angestrebten Rückspeisung muss der Rücklauf des Warmwasserkreises möglichst tief abgesenkt werden. Da aber die von der Warmwasserbrücke gespeisten Heizungselemente ihrerseits eine gewisse erhöhte Temperatur im Vorlauf benötigen, um die erforderliche Wärmemenge zu übertragen, ist die Temperaturabsenkmöglichkeit von tiefer Seite her ebenfalls begrenzt.

Aufgrund der verschiedenen geheizten Systeme stellt diese Variante eine beträchtliche Anforderung an die Systemsteuerung dar.

#### 9.2.8.2 Variante 2: Anbindung an den örtlich nächstliegenden Punkt der Warmwasserleitung 110 °C / 70 °C im Werk 1

Zur Umgehung der systemtechnischen Schwierigkeiten, die sich bei Variante 1 ergeben würden, wird die Möglichkeit der Verlegung einer eigenen Leitung vom Wärmerückgewinnungssystem im Werk 2 zur Hauptheizbrücke im Werk 1 betrachtet.

Diese Rohrführung erfolgt innerhalb des Werkes 2 über Kopf, dann in einem Verbindungsrohrkanal zwischen dem alten und dem neuen Werk und weiter im Werk 1 wieder über Kopf. Diese Rohrführung ist relativ aufwendig und nicht direkt, aber der einzig gangbare Weg. Die bestehende, Werk 2 versorgende Heizleitung ist zwar auf direktem Wege unter der Erde verlegt worden, der Rohrkanal wurde aber mit Erdreich verfüllt, somit ist es nicht möglich, dort eine weitere Leitung zu installieren.

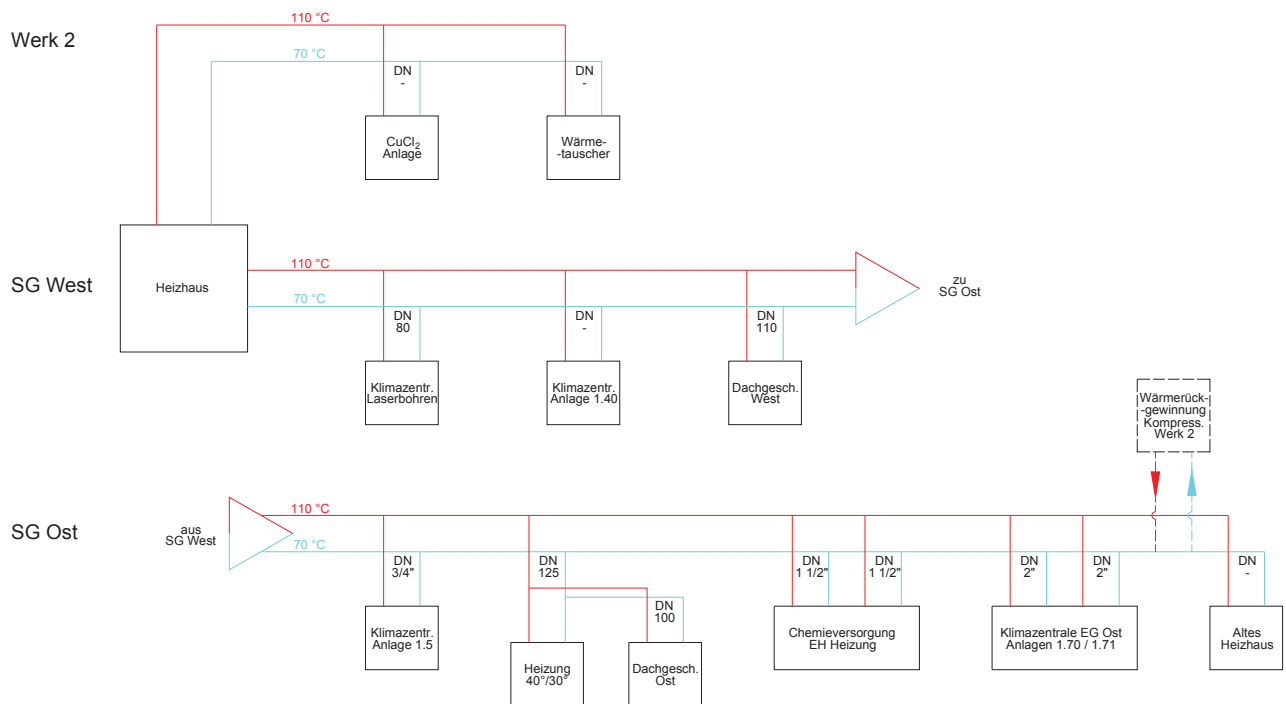


Abbildung 9.9: Anbindung an den örtlich nächstliegenden Punkt der Warmwasserleitung

Das Hauptproblem bei dieser Variante besteht in dem nicht gesicherten Massenstrom in der Heizschiene im Ankopplungspunkt. Je nach Abnahmebedarf ergibt sich automatisch der erforderliche Mediumfluss in der Versorgungswarmwasserleitung. Wenn daher kein Bedarf bei den Abnehmern, die unter „Altes Heizhaus“ zusammengefasst sind, besteht, fließt in der Wärmeschiene auch kein Heizmedium. Bei einem möglichen, reduzierten Bedarf ist ein für den Abtransport der bereitgestellten Abwärme mindestens notwendiger Massenstrom nicht gewährleistet.

In beiden Fällen wird nicht die maximal mögliche Energiemenge aus dem ersten Hochtemperaturwärmetauscher entnommen. Somit muss in weiterer Folge die Restenergie über den dritten Wärmetauscher mittels Brunnenwasser verworfen werden. Dieser Zustand besteht aber bereits auf Grund der derzeitigen Situation. Daher ist diese Variante technisch ungenügend und wirtschaftlich nicht vertretbar.



### 9.2.8.3 Variante 3: Anbindung an den den Warmwasserkesseln nächstliegenden Punkt der Warmwasserleitung 110 °C / 70 °C im Werk 1

Die Grundüberlegung dieser Variante entspricht der der Variante 2. Wieder wird die Verlegung einer eigenen Leitung vom Wärmerückgewinnungssystem im Werk 2 zur Hauptheizschiene im Werk 1 betrachtet.

Um aber das oben beschriebene Problem (ungenügender Massenstrom Wärmetransportmedium) zu umgehen, wird bei dieser Variante die Leitung bis unmittelbar vor Anbindung des Rücklaufs an die Warmwasserkessel gelegt und dort angeschlossen.

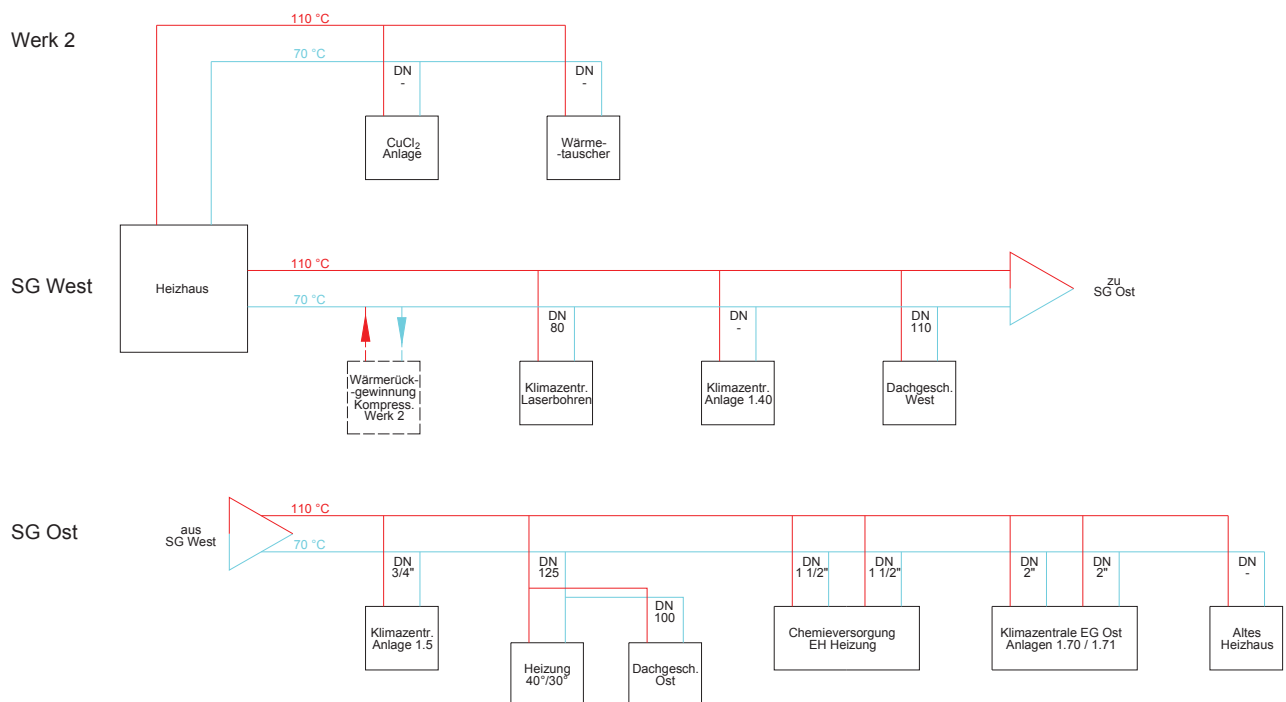


Abbildung 9.10: Anbindung an den den Warmwasserkesseln nächstliegenden Punkt

Hiermit gewährleistet man, dass der maximale Volumenstrom an Wasser im Rücklauf erfasst wird und somit der vollständige Abtransport der im Werk 2 bereitgestellten Abwärmeenergie sichergestellt ist. Sollte der Massenstrom unter das notwendige Niveau sinken, bedeutet dies, dass in beiden Werken insgesamt weniger Energie gebraucht wird, als die installierte Wärmerückgewinnung erzielt.

In diesem Fall wird die Energie über den dritten Wärmetauscher mittels Brunnenwasser verworfen, was auch gerechtfertigt ist, da innerhalb der Werksgrenzen dann kein geeigneter Abnehmer existiert. Dieser Fall ist aber nur theoretischer Natur, wie die Gasverbrauchsbetrachtungen zeigen.



### 9.2.8.5 Variante 5: Führung des gesamten Rücklaufstromes über das Kompressorwärmerückgewinnungssystem

Hier wird den unsicheren Strömungsverhältnissen der Variante 4 begegnet. Prinzipiell ist der Aufbau analog der vorigen Variante, es wird aber die Rücklaufleitung der Heizschiene vor dem Warmwasserkessel gekappt. So fließt das gesamte Rücklaufmedium bestimmt in die Richtung des Rückgewinnungswärmetauschers. Von dort wird es wieder entsprechend über eine zweite Leitung bis zu den Warmwasserkesseln geführt und dort an das gekappte Ende angebunden.

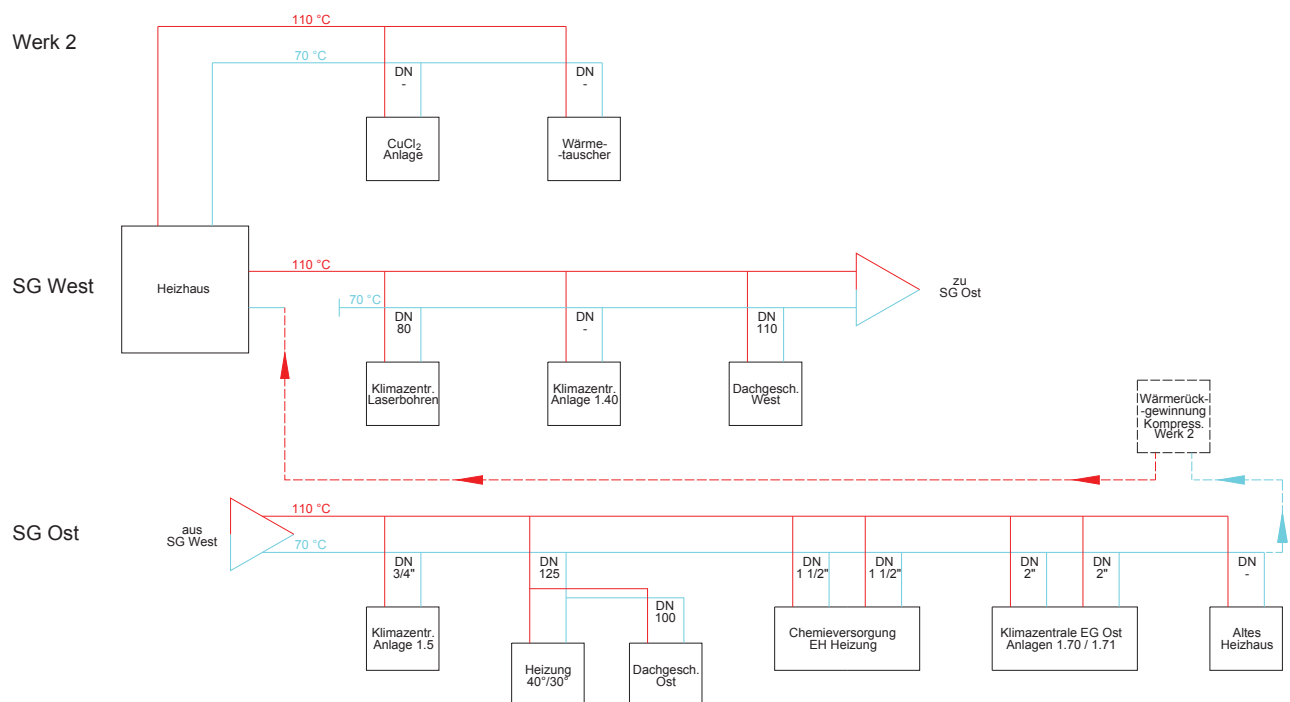


Abbildung 9.12: Führung des gesamten Rücklaufstromes über das Kompressorwärmerückgewinnungssystem

Die Strömungsverhältnisse sind mit dieser Umleitung zwar geklärt, allerdings fließt jetzt der gesamte Wasservolumenstrom des Rücklaufes über die Leitungen zu und von der Wärmerückgewinnung. Diese Leitungen müssen für den maximalen Fluss ausreichend groß dimensioniert werden, was zum einen einen höheren finanziellen Aufwand bedeutet und zum anderen ein räumliches Problem bei der Leitungsführung aufgrund des großen Durchmessers darstellt. Wenn man die Dimensionierung für einen nur durchschnittlichen Fluss vornimmt, so ergeben sich bei großen Durchflussmengen hohe Leitungswiderstände, die durch einen beträchtlichen Mehraufwand an erforderlicher Pumpleistung ausgeglichen werden müssen. Weiters werden bei dieser Ausführung alle Bauteile durch die stark erhöhten Strömungsgeschwindigkeiten

einer verstärkten mechanischen Belastung ausgesetzt, wodurch sich größerer Verschleiß ergibt, was wiederum Mehrkosten im Bereich von Wartung und Instandhaltung bedingt.

Zu beachten ist auch, dass der Wärmetauscher bereits vorhanden ist, und somit die maximale Durchflussmenge begrenzt ist. Ebenso wie alle anderen Bauteile erfährt er bei zu hoher Belastung Schädigungen, die unweigerlich zu Ausfällen und teuren Reparaturen führen.

Diese Variante ist zwar technisch machbar, allerdings aufgrund der obigen Tatsachen mit entscheidenden Problemen verbunden.

#### 9.2.8.6 Variante 6: Entnahme eines Rücklaufteilstromes vor den Warmwasserkesseln und Rückführung der erwärmten Wassermenge in den Rücklauf beim alten Heizhaus

Grundsätzlich stellt diese Variante die gleiche Rohrleitungsführung wie Variante 4 dar, nur verläuft hier die Strömungsrichtung des entnommenen Wasserrücklaufteilstroms in die andere Richtung. Die benötigte Wassermenge wird vor den Warmwasserkesseln entnommen, wo ein maximaler Mediumstrom garantiert ist. Diese Entnahmemenge wird wieder über eine zu verlegende Leitung zum 480 kW – Wärmetauscher geführt, dort erwärmt und über eine Parallelleitung zum alten Heizhaus rückgeführt, wo sie in den bestehenden Rücklauf der Heizschiene zufließt.

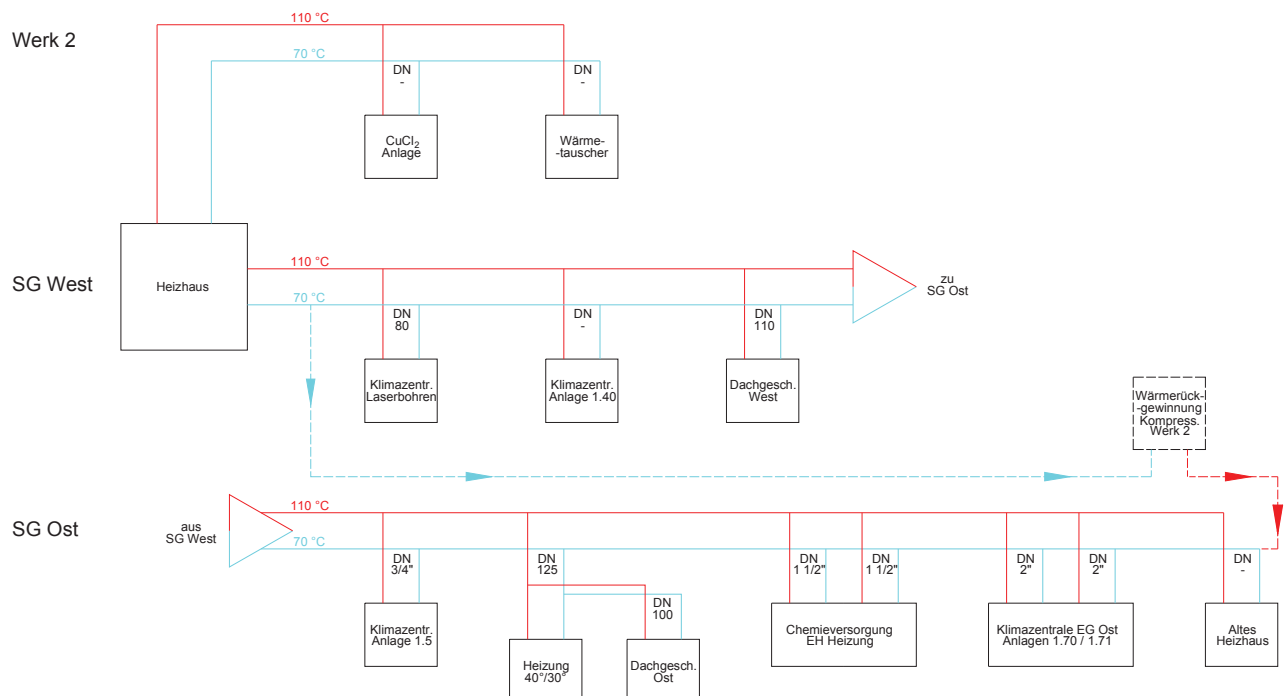


Abbildung 9.13: Entnahme eines Rücklaufteilstromes vor den Warmwasserkesseln und Rückführung der erwärmten Wassermenge in den Rücklauf beim alten Heizhaus

Hiermit werden die Probleme der Varianten 2, 4 und 5 behoben.

Da ein Teilstrom unmittelbar vor dem Heizhaus aus dem Rücklauf entnommen wird, ist in jedem Fall ein für die Funktion des Wärmerückgewinnungssystems ausreichender Mediumstrom vorhanden.

Die Laufrichtung ist eindeutig festgelegt, da sich erst kurz vor Ende des Rücklaufes der Wasserstrom aufteilt und der entnommene Teil am anderen Ende der Schiene in Fließrichtung wieder zufließt. So können keine Fließrichtungskonflikte auftreten.

Auch kann die Menge des zu entnehmenden Stromes innerhalb gewisser Grenzen frei gewählt und gedrosselt werden, ohne das Gesamtsystem erheblich zu beeinflussen. So kann die der Wärmerückgewinnungseinheit zufließende Wasserquantität den äußeren Bedingungen angepasst und konstant gehalten werden und die mechanischen Belastungen bleiben gering.

Problematisch ist nur die grundsätzliche Wasserführung. Prinzipiell ist es unlogisch, das geheizte heißere Medium vor dem Entnahmepunkt des kälteren zu heizenden Mediums zurück zu führen. Das bedingt nämlich, dass bereits geheiztes Wasser nochmals über das Wärmerückgewinnungssystem geschickt wird. Durch die Vermischung des heißeren und des kälteren Rücklaufwassers ergibt sich an der Entnahmestelle eine Mischtemperatur, die über der minimalsten Temperatur im Heizschienenrücklauf liegt. Da die Rücklauftemperatur des Kompressorkühlwassers im minimalsten Fall der Vorlauftemperatur des entnommenen Teilstroms aus dem Heizschienenrücklauf auf der anderen Seite des Tauschers entsprechen kann, ist die erzielbare logarithmische Temperaturdifferenz zwischen der Heiz- und der Kühlseite des Wärmeübertragers und somit auch die entkoppelte Wärmeleistung in diesem Mischtemperaturfall geringer, als wenn Medium mit der minimal in der Heizschiene auftretenden Temperatur als Wärmetauschervorlauf verwendet werden würde.

Technisch ist diese Variante durchaus machbar, allerdings stellt diese Schaltung aufgrund der erwähnten thermodynamischen Gegebenheiten keinen optimalen Fall dar, das heißt, es wird nicht die maximal mögliche Entnahmeenergie übertragen, was den Wirkungsgrad negativ beeinflusst.

#### 9.2.8.7 Auswahl der besten Variante

Variante 3 stellt die günstigste der technisch machbaren Einbindungsmöglichkeiten der Kompressorabwärme dar. Allerdings bedingt sie auch den größten finanziellen Aufwand, da in diesem Fall die längste Rohrleitung zu legen ist.

Daher wird auch im folgenden der Nutzen dieser Variante dem Aufwand gegenüber gestellt und eine wirtschaftliche Betrachtung erarbeitet.

### 9.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der gewählten Variante

Zuerst wurden die Möglichkeiten der Verrohrung mit einem Installateur genauer abgesprochen und grob vorgeplant. Dies erfolgte durch Verfolgung des geplanten Rohrleitungsverlaufes vor Ort mit einem Installateur der Firma, die für die meisten Stahlverrohrungen im Werk 2 verantwortlich zeichnet.

Im Zuge dieser Begehung wurden Aufzeichnungen über

- erforderliche Rohrlängen,
- Anzahl der Krümmer
- Anzahl der Auflager und
- Montagemöglichkeiten von Auflagern und Rohrbrücken

gemacht, die dann in einem Kostenvoranschlag resultierten.

Im Zuge dieser Erhebungen wurde über die Möglichkeit der Einbindung eines schon bestehenden Rohrabschnittes entschieden. Wie schon vorher erwähnt, werden die alten Pressen im Werk 1 durch neue ersetzt. Diese alten Pressen müssen mit Heißwasser aus dem Heizhaus versorgt werden. Diese Leitung ist nach dem Abbau dieser Pressen nicht mehr erforderlich, liegt aber genau entlang der geplanten Anbindungsleitung. Dem Installateurs zufolge ist es möglich, diese Rohre für die neue Leitung mitzuverwenden, da darin schon jetzt das selbe Medium gefördert wird. Auch die Isolierung kann weiter verwendet werden, denn sie wurde auf die höheren Temperaturen des Heißwassers ausgelegt.

Diese Möglichkeit verringert den Nachteil der längsten Rohrleitungslänge der Variante 3 gegenüber den anderen Varianten und verbessert die Wirtschaftlichkeit.

Nachdem die Dimensionen und Längen der Rohrteile sowie die erforderlichen Form- und Verbindungsstücke festgelegt waren, ist eine mit dem Werk vertraute Isolierungsfirma, die bereits andere Arbeiten in der AT&S durchgeführt hat, mit einem Kostenvoranschlag für die Isolierung der geplanten Leitung beauftragt worden. Nach Absprache wurden zwei Kostenvoranschläge mit unterschiedlichen Isolierschichtdicken erstellt. Die ausführbaren Dicken sind aufgrund der räumlichen Verhältnisse nach oben hin begrenzt.

### 9.3.1 Kostenvoranschlag Rohrleitung

vom 10. Juli 2001

Folgende Bauteile wurden vor Ort bestimmt und flossen in den Kostenvoranschlag mit ein:

Pos.	Menge		Bezeichnung	Preis	Betrag
				[Euro]	[Euro]
1	1000	m	Siederohr 88,9x2,9mm geschweißt		
			Material	13,08	
			Arbeit	43,02	
				56,10	56.100,00
2	120	Stk	Siederohrbogen 88,9x2,9mm		
			Material	5,16	
			Arbeit	11,63	
				16,79	2.014,80
3	50	%	Form- und Verbindungsstücke für Positionen 1-2		
			Material	13.080,00	
				13.080,00	6.540,00
4	1	mal	Befestigungen		
			Material	10.900,93	
				10.900,93	10.900,93
					<b><u>75.555,73</u></b>
					in ATS <b><u>1.039.670,00</u></b>

### 9.3.2 Kostenvoranschlag Isolierung der Rohrleitung

vom 9. Juli 2001

#### 9.3.2.1 Alternative 1: Isolierschichtdicke 60 mm

Pos.	Menge		Bezeichnung	Einheitspreis	Betrag
				[Euro]	[Euro]
1	1000	m	Isolierung Leitung s=60mm	18,2409	18.240,88
2	120	Stk	Zuschlag für Bögen s=60mm	9,1568	1.098,81
					<b><u>19.339,69</u></b>
					in ATS <b><u>266.120,00</u></b>

#### 9.3.2.2 Alternative 2: Isolierschichtdicke 80 mm

Pos.	Menge		Bezeichnung	Einheitspreis	Betrag
				[Euro]	[Euro]
1	1000	m	Isolierung Leitung s=80mm	22,5286	22.528,58
2	120	Stk	Zuschlag für Bögen s=80mm	11,2643	1.351,71
					<b><u>23.880,29</u></b>
					in ATS <b><u>328.600,00</u></b>

Allgemein ist festzustellen, dass die oben angeführten Preise einen maximalen finanziellen Aufwand darstellen. Aussagen der für die Installationsaufgaben verantwortlichen werksinternen Zuständigen zufolge sind die Angebotspreise eine Verhandlungsbasis. Als wichtiger Großkunde der anbietenden Firmen kann die AT&S AG mit Preisnachlässen für diese Aufträge rechnen.



### 9.3.2.3 Temperaturverlaufsberechnung

Weiters wurde von der Firma eine Temperaturverlaufsberechnung für ein ursprünglich vorgesehenes Rohr mit DN 100, Länge 920 m und den selben Varianten der Isolierschichtdicke durchgeführt. Es hat sich zwar der Durchmesser der Leitung geändert, die berechneten Werte können aber zur Feststellung des Zusammenhanges Wirksamkeit - Kosten als Vergleichswerte herangezogen werden.

Diese Berechnungen wurden mit dem Rockwool Programm „Technische Isolierung“ erstellt. Diese Berechnungen geben die Temperaturen nur näherungsweise wieder, da die äußeren Einflussfaktoren, wie z.B. Strahlung, Wind, Ausführung etc., in der Regel nicht genau erfasst und kategorisiert werden können.

Die unten angeführten Werte sind nur die Endergebnisse einer Wärmeberechnung. Der Rechengang und Berechnungsroutinen konnten in den übermittelten Unterlagen nicht nachvollzogen werden. Daher kann die Richtigkeit der Angaben nicht garantiert werden.

(Berechnungen nach VDI 2055/94 Konv.-Atlas)

#### **Vorgaben erste Variante:**

Rohr, horizontal

Durchmesser	114	mm
Länge	920	m
Medium- / Innentemperatur	90,0	[°C]
Außentemperatur	20,0	[°C]
Windgeschwindigkeit	0,0	[m/s]
Mantelmaterial	Kunststoff	
Wärmeübergang innen	n.b.	
Trag- und Stützkonstruktion	n.b.	

#### *Material- und Systemwerte*

Dicke	80	[mm]
spez. Wärmeleitfähigkeitsbeiwert	0,049	[W/(mK)]
Wärmeübergangswert innen	0,00	[W/(m <sup>2</sup> K)]
Wärmeübergangswert außen	7,68	[W/(m <sup>2</sup> K)]
Faktor f1	1,00	[ ]
Faktor f2	1,10	[ ]
Faktor f3	0,99	[ ]

*Berechnete Zwischentemperaturen*

Mediumtemperatur	90,00	[°C]
Wandtemperatur innen	90,00	[°C]
1. Klimarock	23,51	[°C]
Außentemperatur	20,00	[°C]

**Vorgaben zweite Variante:**

Rohr, horizontal

Durchmesser	114	mm
Länge	920	m
Medium- / Innentemperatur	90,0	[°C]
Außentemperatur	20,0	[°C]
Windgeschwindigkeit	0,0	[m/s]
Mantelmaterial	Kunststoff	
Wärmeübergang innen	n.b.	
Trag- und Stützkonstruktion	n.b.	

*Material- und Systemwerte*

Dicke	60	[mm]
spez. Wärmeleitfähigkeitsbeiwert	0,049	[W/(mK)]
Wärmeübergangswert innen	0,00	[W/(m <sup>2</sup> K)]
Wärmeübergangswert außen	7,99	[W/(m <sup>2</sup> K)]
Faktor f1	1,00	[ ]
Faktor f2	1,10	[ ]
Faktor f3	0,99	[ ]

*Berechnete Zwischentemperaturen*

Mediumtemperatur	90,00	[°C]
Wandtemperatur innen	90,00	[°C]
1. Klimarock	24,75	[°C]
Außentemperatur	20,00	[°C]

#### 9.3.2.4 Auswahl der günstigeren Variante

Da in Relation zu den Kosten der Rohrleitung der finanzielle Unterschied zwischen den zwei Isolierschichtdicken sehr gering ist, wird die Stärke 80 mm empfohlen. Dies bedeutet über ein Grad Celsius Temperaturabsenkung am ersten Klimarock. Somit kann die Verlustenergie mit vertretbarem Kostenaufwand möglichst minimiert werden.

Wünschenswert und finanziell wenig belastend wäre eine noch dickere Isolierung, dies ist aber wie schon oben erwähnt aufgrund der räumlichen Situation nicht möglich.

### 9.3.3 Erzielbare finanzielle Einsparungen

Den oben angeführten Aufwendungen sind nun die finanziellen Einsparungen gegenüberzustellen. Wie schon oben errechnet beträgt das monatliche Gaseinsparvolumen:

$$12900 \text{ m}^3 \text{ Erdgas pro Monat}$$

Da eine grundsätzliche Möglichkeit der Installation eines dritten baugleichen Kompressors besteht, lässt sich dieses Einsparpotential um weitere 50 % auf  $19350 \text{ m}^3 \text{ Erdgas pro Monat}$  erhöhen, was zusätzliche finanzielle Einsparungen von 50 % bedeutet.

Die Kosten für ein Kubikmeter Erdgas, bezogen bei der Steirischen Ferngas – Aktiengesellschaft, setzen sich aus folgenden Komponenten zusammen:

Arbeitspreis	<p>Dieser Betrag berücksichtigt das tatsächlich der Versorgungsleitung entnommene und in Wärmeenergie umgesetzte Gasvolumen.</p> <p>Wie in den obigen Diagrammen ersichtlich, ergeben sich in der AT&amp;S aufgrund des unterschiedlichen Heizbedarfes jahreszeitliche Schwankungen</p> <p>Da dies eine österreichweite Problematik ist, steigt der Gasverbrauch im Winter drastisch an. Der Arbeitspreis wird dem jeweiligen monatlichen Verbrauch angepasst, wodurch der Wert dieser Komponente abhängig von der Jahreszeit schwankt. Dies wird vom EVU mit erhöhten Kosten für die Spitzenabdeckung, für vergrößerte technische Einrichtungen, aber auch für erweiterte Lieferverträge mit den Gasproduzenten begründet.</p>
Leistungspreis	<p>Für diese Kostenkomponente werden die drei höchsten Tagesverbräuche, die sogenannten Tagesspitzen, gemittelt und daraus über einen bestimmten Faktor der Leistungspreis errechnet. Als Betrachtungszeitraum dienen die jeweils letzten zwölf Monate.</p> <p>Da die Verbrauchsprofile in der AT&amp;S aber ungefähr gleich bleiben, ändert sich dieser Anteil auch nur in geringem Maße.</p>
staatliche Energieabgabe	<p>Diese Energieabgabe gibt es für jede Energieform und muss je verbrauchter Energieeinheit als Bundesabgabe an das Finanzministerium abgeführt werden.</p>

Der Arbeitspreis

Wie schon oben erwähnt ist dieser Arbeitspreis von der Jahreszeit abhängig. Die angeführten Werte sind die Verrechnungspreise im Zeitraum 01.1999 bis 05.2000. Diese Werte wurden von der Steirischen Ferngas – AG übermittelt.

Die Werte sind nur bis Mai 2000 verfügbar, da, wie oben beschrieben, die folgenden Monate erst zur Leistungspreisermittlung ausgewertet und verrechnet werden.

Tabelle 9.4: Verrechnete Gasarbeitspreise laut Steirischer Ferngas

Monat	01.1999	02.1999	03.1999	04.1999	05.1999	06.1999	07.1999
Arbeitspr.	1,8892	1,9350	1,9931	2,0491	2,0678	2,0948	2,1773

Monat	08.1999	09.1999	10.1999	11.1999	12.1999
Arbeitspr.	2,2916	2,3645	2,5772	2,6841	2,7834

Monat	01.1999	02.1999	03.1999	04.1999	05.1999
Arbeitspr.	2,8206	2,6950	2,6042	2,3446	n.b.

Arbeitspreise in  $\text{ATS}/\text{m}^3_{\text{Norm}}$

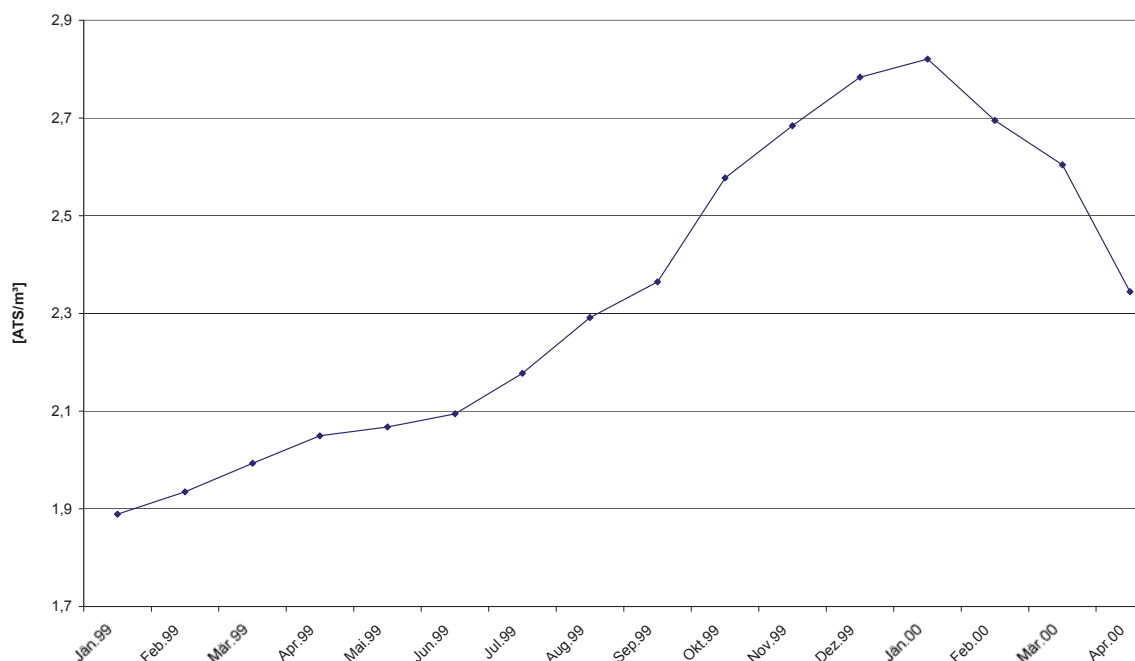


Abbildung 9.14: Arbeitspreise für Ferngas von Jänner 1999 bis April 2000 (lt. Steirischer Ferngas)

Im Diagramm ist deutlich die oben beschriebene monatliche Anpassung des Arbeitspreises an den Bedarf, der in den Wintermonaten naturgemäß höher liegt, zu sehen.

Weiters kann durch Vergleich der Zeiträume Jänner 1999 bis April 1999 mit Jänner 2000 bis April 2000 bei den Verrechnungspreisen ein allgemeiner Trend nach oben beobachtet werden, was sich durch die allgemeinen Preissteigerungen für die unterschiedlichsten Energieformen begründen lässt. Diese Tatsache sollte in die Wirtschaftlichkeitsüberlegungen miteinbezogen werden, denn je teurer in Hinkunft Erdgas aber auch ganz allgemein andere Energieträger werden, umso schneller wird das zu installierende System wirtschaftlich rentabel.

### 9.3.3.1 Berechnung

Für die Berechnung der einsparbaren Kosten werden beim Arbeitspreis drei verschiedene Fälle betrachtet.

Als unterer, für die Rentabilitätsbetrachtung ungünstigster Fall wird der Arbeitsverrechnungspreis vom Juli 1999 als Sommertiefstwert herangezogen.

Dem gegenübergestellt als Winterspitzenwert wird der Preis vom Jänner 2000, der natürlich einen weit kürzeren Amortisationszeitraum ergibt und somit der günstigere Fall ist.

Da vorher schon ein ganzjähriger Abnahmebedarf der bereitgestellten Wärmerückgewinnungsenergie nachgewiesen wurde, wird als dritter Fall ein gemittelter, durchschnittlicher Arbeitspreis im Zeitraum eines Verbrauchsjahres von Mai 1999 bis April 2000 für die Berechnung herangezogen. Dieser Amortisierungszeitraum sollte den tatsächlichen Verhältnissen am nächsten kommen.

#### Verwendete Werte:

##### **Arbeitspreis:**

Fall 1	Minimalwert Juli 1999:	2,1773 $ATS/m^3_{Norm}$ <i>Ferngas</i>
Fall 2	Maximalwert Jänner 2000:	2,8206 $ATS/m^3_{Norm}$ <i>Ferngas</i>
Fall 3	gemittelter Durchschnittswert: (Zeitraum Mai 1999 bis April 2000)	2,4588 $ATS/m^3_{Norm}$ <i>Ferngas</i>

##### **Leistungspreis**

Der Leistungspreis bleibt relativ konstant und beträgt für den letzten verrechneten Jahreszeitraum laut Steirischer Ferngas:

$$0,4019 \text{ } ATS/m^3_{Norm} \text{ } Ferngas$$

##### **Staatliche Energieabgabe**

Die Staatliche Energieabgabe beträgt zur Zeit:

$$0,6000 \text{ } ATS/m^3_{Norm} \text{ } Ferngas$$

**Gesamtkosten für einen Normkubikmeter Ferngas**

	<b>angewandter Arbeitspreis:</b>	<b>Gesamtgaskosten (Arb.pr.+Leistg.pr.+Abgabe)</b>
Fall 1	Minimalwert Juli 1999:	3,1792 ATS/m <sup>3</sup> <sub>Norm</sub> Ferngas
Fall 2	Maximalwert Jänner 2000:	3,8225 ATS/m <sup>3</sup> <sub>Norm</sub> Ferngas
Fall 3	gemittelter Durchschnittswert: (Zeitraum Mai 1999 bis April 2000)	3,4607 ATS/m <sup>3</sup> <sub>Norm</sub> Ferngas

Diesen spezifischen Werten ergeben in Verbindung mit dem ermittelten Gasvolumeneinsparpotential von 12900 m<sup>3</sup> Erdgas **pro Monat mögliche monatliche Kostenersparnisse** von:

	<b>angewandter Arbeitspreis:</b>	<b>einsparbare Gaskosten / Monat</b>
Fall 1	Minimalwert Juli 1999:	41.011,68 ATS/Monat
Fall 2	Maximalwert Jänner 2000:	49.310,25 ATS/Monat
Fall 3	gemittelter Durchschnittswert: (Zeitraum Mai 1999 bis April 2000)	44.643,03 ATS/Monat

Somit ergeben sich als ungefähre **jährlich mögliche Einsparungen**:

	<b>angewandter Arbeitspreis:</b>	<b>einsparbare Gaskosten pro Jahr</b>
Fall 1	Minimalwert Juli 1999:	492.000 ATS/Jahr
Fall 2	Maximalwert Jänner 2000:	592.000 ATS/Jahr
Fall 3	gemittelter Durchschnittswert: (Zeitraum Mai 1999 bis April 2000)	<b><u>536.000</u></b> ATS/Jahr

Bei Installation des dritten möglichen Kompressors erhöhen sich die einsparbaren Gaskosten um 50 % auf 804.000 ATS pro Jahr. (gerechnet mit dem durchschnittlichen Gaspreis von 3,46 ATS/m<sup>3</sup>)

### 9.3.4 Zusammenfassung/Ergebnis

Folgende **Kosten** ergeben sich zusammenfassend für die Einbindung der Kompressorabwärme in die Heizschiene 110 °C / 70 °C.

#### Angaben in österreichischen Schilling (ATS)

Rohrleitung DN 80 inklusive aller Formstücke und Montagearbeiten	1.039.670,00 ATS
Isolierung der Rohrleitung Dicke 80 mm inklusive Montagearbeiten	328.600,00 ATS
<b><u>Summe der Kosten</u></b>	<b><u>1.368.270,00</u> ATS</b>

#### Angaben in Euro (€)

Rohrleitung DN 80 inklusive aller Formstücke und Montagearbeiten	75.555,73 €
Isolierung der Rohrleitung Dicke 80 mm inklusive Montagearbeiten	23.880,29 €
<b><u>Summe der Kosten</u></b>	<b><u>99.436,02</u> €</b>

Dem gegenüberzustellen sind die jährlich **möglichen Kosteneinsparungen** aufgrund des Minderverbrauches an Erdgas:

#### Angaben in österreichischen Schilling (ATS)

	<b>angewandter Arbeitspreis:</b>	<b>einsparbare Gaskosten pro Jahr</b>
Fall 1	Minimalwert Juli 1999:	<b><u>492.000,00</u></b> ATS/Jahr
Fall 2	Maximalwert Jänner 2000:	<b><u>592.000,00</u></b> ATS/Jahr
Fall 3	gemittelter Durchschnittswert: (Zeitraum Mai 1999 bis April 2000)	<b><u>536.000,00</u></b> ATS/Jahr



Angaben in Euro (€)

	<b>angewandter Arbeitspreis:</b>	<b>einsparbare Gaskosten pro Jahr</b>
Fall 1	Minimalwert Juli 1999:	<b><u>35.755,03</u></b> €/Jahr
Fall 2	Maximalwert Jänner 2000:	<b><u>43.022,32</u></b> €/Jahr
Fall 3	gemittelter Durchschnittswert: (Zeitraum Mai 1999 bis April 2000)	<b><u>38.952,64</u></b> €/Jahr

Daraus ergeben sich für die verschiedenen Varianten die folgenden Amortisationszeiträume:

	<b>angewandter Arbeitspreis:</b>	<b>Amortisationszeitraum in Jahren</b>
Fall 1	Minimalwert Juli 1999:	<b><u>2,78</u></b> Jahre
Fall 2	Maximalwert Jänner 2000:	<b><u>2,31</u></b> Jahre
Fall 3	gemittelter Durchschnittswert: (Zeitraum Mai 1999 bis April 2000)	<b><u>2,55</u></b> Jahre

Sollte der dritte mögliche Kompressor installiert werden, verringert sich die Amortisationszeit auf 1,70 Jahre (gerechnet mit einem Gasgesamtpreis von 3,46 ATS/m<sup>3</sup>) bzw. sogar auf 1,18 Jahre. (gerechnet mit Maximalwert Jänner 2000) Dies ist aufgrund der größeren entkoppelbaren Leistung, die auch zu jeder Jahreszeit abgenommen werden kann, möglich.

Bei dieser Berechnung wurde ein rein statisches Amortisationsmodell zugrundegelegt, da nur die grundlegende finanzielle Situation überprüft werden sollte.

Eine Verfeinerung der Rechnung besteht in einer dynamischen Überprüfung oder in der Anwendung eines komplexeren wirtschaftlichen Modells.

Variation ergeben sich aufgrund folgender Punkte:

Tendenz der Preissteigerungen allgemein für Energieträger

In letzter Zeit zeichnet sich die Tendenz der Preissteigerungen für die verschiedensten Energieträger ab. Der Erdgaspreis ist direkt an den Weltmarkt – Erdölpreis gekoppelt. Dieser Erdölpreis bewegt sich in den letzten Jahren kontinuierlich auf hohem Niveau. Die Gründe dafür sind die Einkaufspolitik der US – Abnehmer, die am europäischen Markt Kraftstoffe einkaufen müssen, da die veralteten amerikanischen Raffinerien nicht in der Lage sind, die gesetzlichen Anforderungen der US – Legislative zu erfüllen. Wirtschaftlich ist es günstiger teurere Ölprodukte in Europa zu kaufen, als die alten Anlagen zu modernisieren. Dies hält den Energiepreis in Europa besonders im Winter und zur Hauptreisezeit im Sommer künstlich hoch.

Die OPEC zeigt kein Interesse den Markt durch Förderquotenerhöhungen zu entlasten.

Der Trend der kontinuierlichen Erhöhung und Stabilisierung der Öl- und somit auch Gaspreise auf immer höherem Niveau wird wohl auch in Zukunft anhalten, was die Rentabilität des Projektes positiv beeinflusst.

Trend der Verteuerung der staatlichen Abgaben für verbrauchte Energiemengen

Es besteht in den letzten Jahren der allgemeine Trend, verbrauchte Energien und deren Träger von staatlicher Seite her mit immer höheren steuerlichen Abgaben zu belasten. Dies soll einen Lenkungseffekt in Richtung von Umweltbewusstsein auslösen und den Wert der Energie steigern. Damit werden mögliche Investitionen in Einsparungsprojekte wie dieses rentabler und wirtschaftlich begründbar. Die Verbraucher werden zu einem bewussteren Umgang mit Energie angehalten.

Diese staatlichen Maßnahmen werden auch im Hinblick auf Erfüllung der zwischenstaatlichen, sehr ambitionierten Verpflichtung der Minderung des Kohlendioxidausstoßes im Rahmen des Kyoto – Protokolls gesetzt. Um diese Quoten zu erfüllen, sind weitreichende Einsparungen notwendig, was zusätzliche steuerliche Verteuerungen der CO<sub>2</sub> freisetzenden Energieträger erwarten lässt. In Deutschland ist eine solche „Energiesteuer“ bereits verordnet.

Verringerung des Leistungspreises durch Verringerung der auftretenden Maximalverbräuche

Wie bereits vorher festgestellt, wird der Erdgasverbrauch zu jedem Zeitpunkt um ca. 12900 m<sup>3</sup>/Monat verringert. Daher wird auch jede auftretende Spitze um diesen Betrag abgesenkt was sich positiv auf den Leistungspreis auswirkt. Die genaue Berechnung erfolgt durch das EVU, weshalb das Einsparpotential nicht abgeschätzt werden kann.

Wiederum ergibt sich aus dieser Tatsache eine Verkürzung der Amortisationszeit.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass der gemittelte Wert eher eine vorsichtige Abschätzung des Einsparpotentials darstellt und die Maximalwertberechnung ein durchaus realistisches, ernstzunehmendes Ergebnis liefert.

### 9.3.5 Sensitivitätsanalyse für Variation des Gesamtgaspreises

Eine Sensitivitätsanalyse wird im allgemeinen durchgeführt, wenn in eine Berechnung einfließende Variable nicht genau bekannt sind, oder sie in Abhängigkeit der Zeit variieren können.

Die graphische Darstellung gibt Auskunft, in welchem Rahmen ein Ergebnis in Abhängigkeit der unterschiedlichen Input – Größen schwankt und welche Werte maximal bzw. minimal, besonders im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit, erreicht werden können.

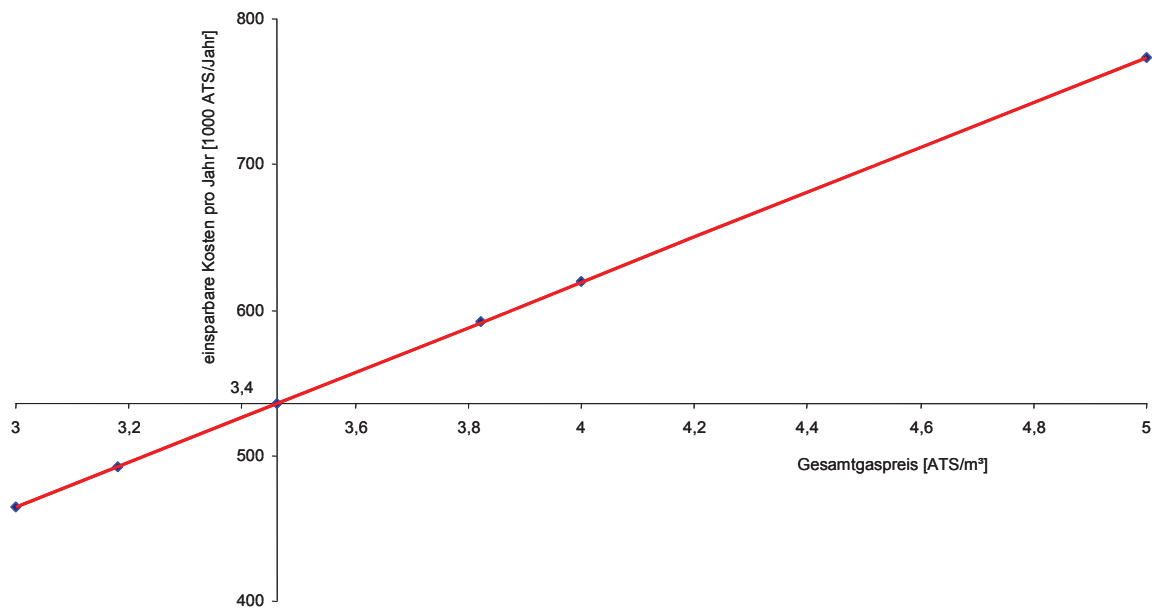


Abbildung 9.15: Abhängigkeit der einsparbaren Kosten vom Gasgesamtpreis (2 Kompressoren)

Dieses erste Diagramm der Sensitivitätsanalyse zeigt den Zusammenhang zwischen dem Gesamtgasverrechnungspreis der Steirischen Ferngas und der daraus durch die Kompressorabwärmenutzung resultierenden einsparbaren Gaskosten pro Jahr.

Aufgrund rein linearer Berechnungsroutinen ergibt sich auch ein linearer Zusammenhang der beiden Betrachtungsgrößen.

Erkennbar ist das mit steigenden Gaspreis rasch steigende finanzielle Einsparungspotential. Zur Zeit wird das Erdgas mit etwa 3,46 ATS pro Normkubikmeter verrechnet, was jährliche Kostenersparnisse von ca. 540.000 ATS pro Jahr bedeutet. Bei einem in Zukunft durchaus realistischen Gasgesamtpreis von 5 ATS pro Normkubikmeter Erdgas ergeben sich bereits rund 780.000 ATS an Minderausgaben pro Jahr.

Ein für wirtschaftliche Überlegungen noch aussagekräftigeres Diagramm ist aber das folgende:

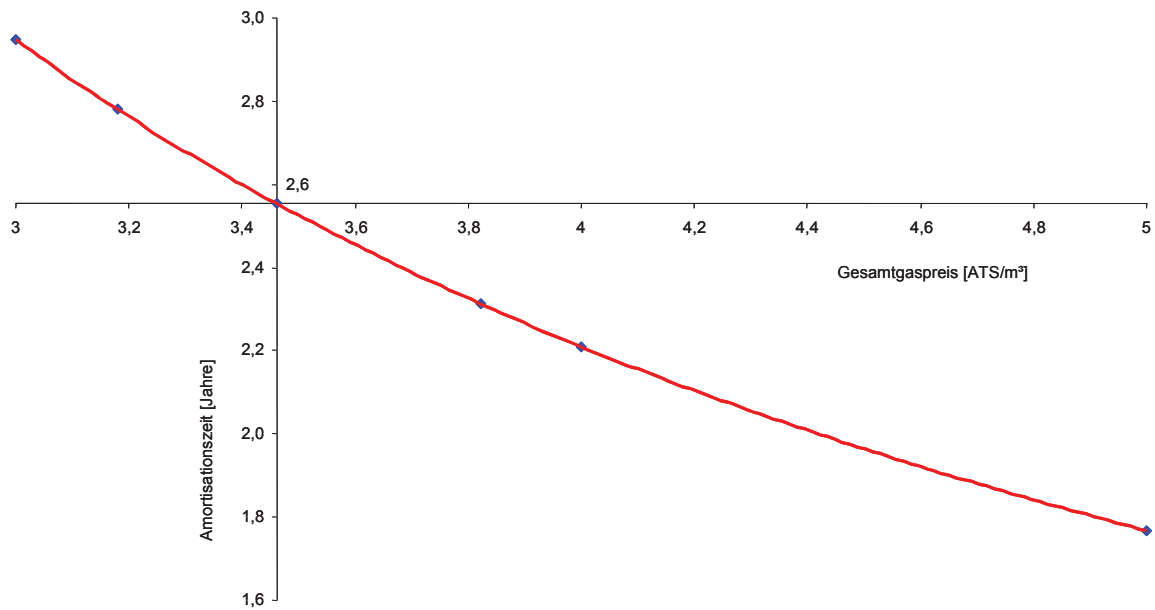


Abbildung 9.16: Abhängigkeit der Amortisationszeit vom Gasgesamtpreis (2 Kompressoren)

Dieses zweite Diagramm zeigt den Zusammenhang zwischen dem Gesamtgasverrechnungspreis der Steirischen Ferngas und der sich aus den einsparbaren Gaskosten pro Jahr ergebenden Amortisationszeiten.

Wie zu sehen ist, ergibt sich in diesem Fall kein linearer Zusammenhang, die Kurve verflacht mit zunehmendem Gaspreis und nähert sich einem Grenzwert an. Diese asymptotische Näherung ist aber nur von theoretischer Bedeutung, da dies erst bei unrealistisch hohen Gaspreisen passiert.

Für den technisch möglichen Fall der Installation von drei Kompressoren ergeben sich folgende geänderte Grafiken:

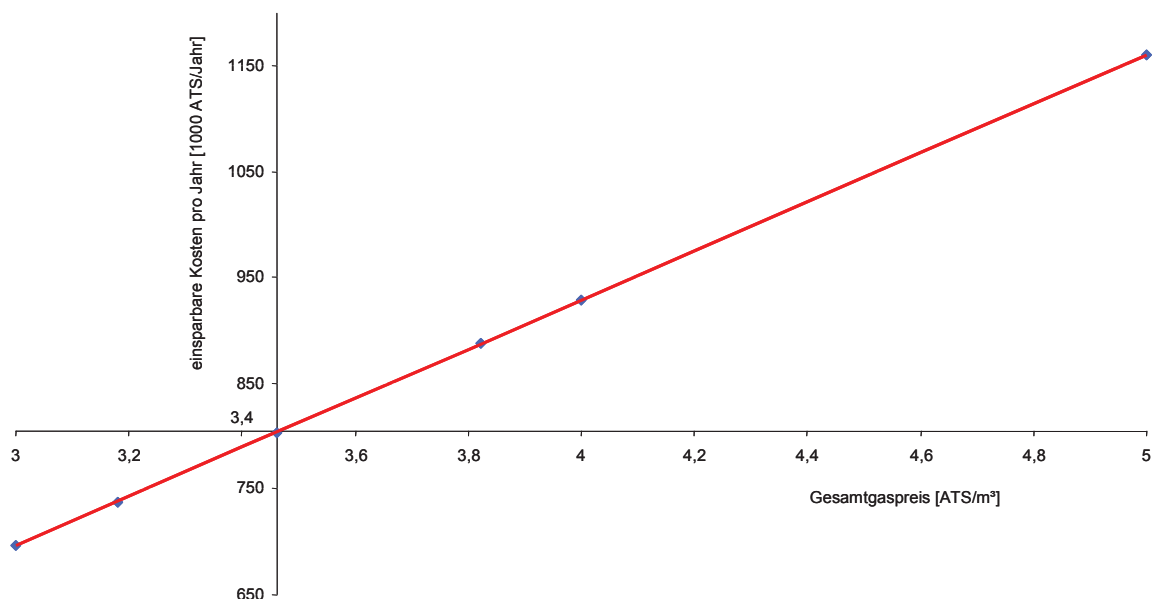


Abbildung 9.17: Abhängigkeit der einsparbaren Kosten vom Gasgesamtpreis (3 Kompressoren)

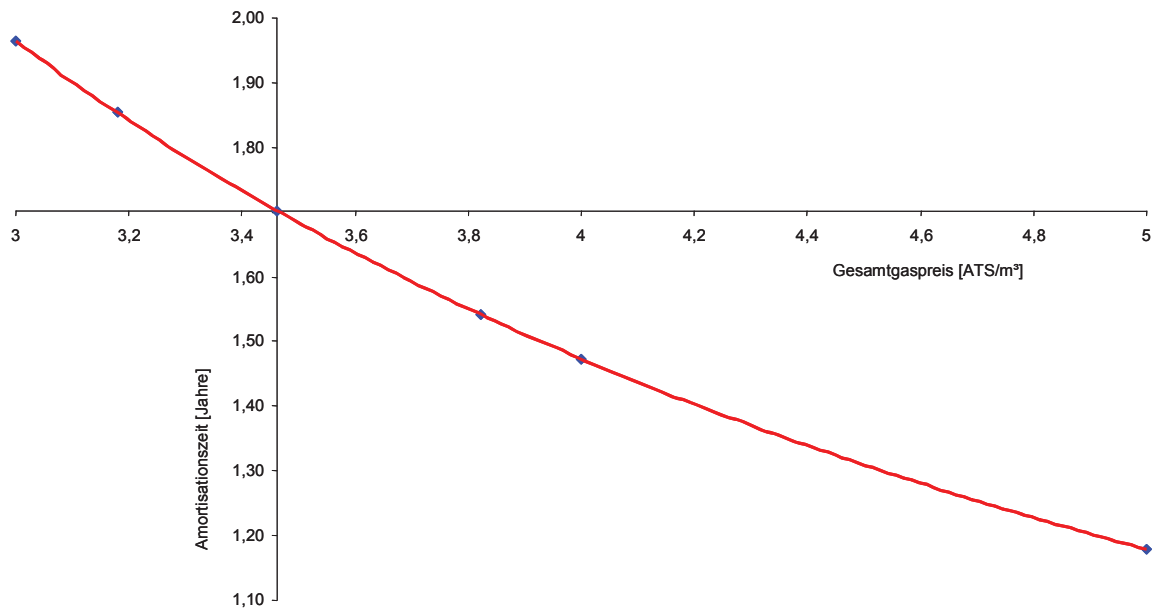


Abbildung 9.18: Abhängigkeit der Amortisationszeit vom Gasgesamtpreis (3 Kompressoren)

Die grundsätzlichen Verläufe der verschiedenen Kurven sind den sich derzeitig ergebenden Bildern ähnlich, es verbessert sich aber die Wirtschaftlichkeit, da die Investitionskosten unabhängig von der Anzahl der Kompressoren sind (das Wärmerückgewinnungssystem und die Anbindungsleitung wurden von Beginn an für 3 Kompressoren geplant und ausgelegt), die substituierbare Wärmemenge und somit die einsparbare Gasmenge aber mit der Anzahl der Kompressoren steigt.

Diese Berechnungen und Grafiken sollen dazu dienen, die nicht genau bestimmbaren zukünftigen Entwicklungen des Erdgaspreises zu berücksichtigen.

Unsicherheiten ergeben sich unter anderem aus den im letzten Abschnitt angeführten Gründen für Preissteigerungen.

## 9.4 Zusammenfassung der Berechnungen

Berechnungen mit Gasgesamtpreis von 3,46 ATS pro Normkubikmeter Ferngas

<b>Summe der Kosten für alle Installationen</b>	<b>1.368.270,00</b>	<b>ATS</b>
<b>jährlich einsparbare Kosten durch Gasminderverbrauch</b>	<b>536.000,00</b>	<b>ATS/Jahr</b>
<b>sich ergebende Amortisationszeit</b>	<b>2,55</b>	<b>Jahre</b>

Berechnungen mit Gasgesamtpreis von 5,00 ATS pro Normkubikmeter Ferngas

<b>Summe der Kosten für alle Installationen</b>	<b>1.368.270,00</b>	<b>ATS</b>
<b>einsparbare jährliche Kosten durch Gasminderverbrauch</b>	<b>774.000,00</b>	<b>ATS/Jahr</b>
<b>sich ergebende Amortisationszeit</b>	<b>1,77</b>	<b>Jahre</b>

Aus allen oben angeführten Betrachtungen, Berechnungen und Grafiken ergibt sich eine **grundsätzliche wirtschaftliche Sinnhaftigkeit** der Durchführung des Projektes:

„Einbindung der Kompressorabwärme im Temperaturbereich 90°C – 70 °C zur Anhebung der Temperatur im Rücklauf der Hauptheizschiene 110 °C / 70 °C“.

Diese Wirtschaftlichkeit steigt weiter, wenn ein möglicher dritter baugleicher Kompressor installiert und in das Wärmerückgewinnungssystem integriert wird.

Diese Investition muss aber auch unter umweltbezogenen Gesichtspunkten gesehen werden. Da sich die AT&S AG einer offensiven und weit über gesetzliche Anforderungen hinausgehenden Umweltpolitik verpflichtet fühlt, ist diese Maßnahme ein Schritt in Richtung dieser Bemühungen, die unter anderem die Minimierung des Verbrauches an fossilen, nicht erneuerbaren Primärenergieträgern beinhaltet. Aufgrund dieses Argumentes kann auch von einer **grundsätzlichen umweltbezogenen Sinnhaftigkeit** gesprochen werden.

Weiters darf auch nicht der Wert dieses Vorhabens für die Öffentlichkeitsarbeit und das Marketing vergessen werden. Viele Abnehmer bestehen auf hohe Umweltstandards, da sie diese selbst für Werbung und Vermarktung verwenden. Daher müssen auch alle Zulieferfirmen auf gleich hohem Umweltniveau operieren.

# 10 Anhang

## 10.1 Literaturverzeichnis

- [1] Internet – Homepage AT&S AG.: [www.ats.net](http://www.ats.net)
- [2] Mandl T. *Betriebsbeschreibung der AT&S Hinterberg*. Leoben Hinterberg.
- [3] AT&S AG Hinterberg. *Einreichunterlagen für Gewerberecht, Werk Hinterberg 2*. Leoben Hinterberg
- [4] Dobita T. *AT&S setzt auf „grüne“ Materialien*. AT&S Mitarbeiterzeitung. (2000), Ausgabe 12, S. 32f.
- [5] Haring F. *Warum Laser Direct Imaging*. AT&S Mitarbeiterzeitung. (2000), Ausgabe 13, S. 33f.
- [6] Dörflinger W., Stroißnigg W., Rossler F. und Sommerer H. *Umwelterklärung 1999 / 2000 AT&S AG Österreich*. Leoben Hinterberg.
- [7] Zeman F. und Stroißnigg W. *Umweltmanagementbericht Werk Hinterberg 1. Quartal 2001 / 2002*. Leoben.
- [8] Zeman F. *Der Kreis schließt sich (Teil 1)*. AT&S Mitarbeiterzeitung. (2000), Ausgabe 12, S. 28f.
- [9] Tholander Abluftechnik GmbH. *Anlagendokumentation Biofilter Typ B-100-G*. Viernheim, Deutschland.
- [10] Neuwirth R, Oberhoff Industrieanlagenbau. *Leipro II Betriebsanleitung Enthärtungsanlage*.



- [11] Tamandl G, Oberhoff Industrieanlagenbau. *Reinstwasseraufbereitung Leoben – Hinterberg*.
- [12] Atlas Copco AG. *Bedienungsanleitung Druckluftkompressor ZR 5 B Pack – E*.
- [13] Atlas Copco AG. *Bedienungsanleitung Drucklufttrockner MD1000 W*.
- [14] Bichler und Haslebner, ATIS, Knapp - Gruppe. *Technische Dokumentation CuCl<sub>2</sub> – Regeneration*.
- [15] VOEST – Alpine. *Funktionsbeschreibung Kesselhaus und Wasserbereitung. Leoben Hinterberg*.
- [16] Walter Dreizler GmbH. *Technische Angaben zu Gasgebläsebrenner*. Spaichingen, Deutschland.
- [17] USF Gütling Systemtechnik Wasser. *Betriebsanleitung für Abwasserbehandlungsanlage*. Fellbach, Deutschland.
- [18] Klötzl Lufttechnik, Automation, Klima. *Technischer Bericht: Zentrale Kaltwasseranlage*. Klagenfurt/Viktring
- [19] Klötzl Lufttechnik, Automation, Klima. *Benutzerhandbuch Wassergekühlter KAW – Satz RCU400SY – 01D*. Klagenfurt/Viktring
- [20] Klötzl Lufttechnik, Automation, Klima. *Benutzerhandbuch Wassergekühlter KAW – Satz RCU200SY – 01D*. Klagenfurt/Viktring
- [21] Sulzer Escher Wyss Kühltürme. *Betriebsanweisung Kühlturm EWK 1260/09*. Lindau – Bodensee
- [22] Anlagen – Geräte – Betriebstechnik Gesellschaft m.b.H. *Dokumentation Kompressorstation mit Wärmerückgewinnung*. Wien.

- 
- [23] Fischer & Co, Luft- & Klimatechnik. *Anlagenschemen Klimaanlage AT&S Hinterberg II*. Graz.
- [24] Wildenhofer Wassertechnik GmbH. *Technische Dokumentation Umkehrosmoseanlage*. Wien.
- [25] Grundfos GmbH. *Montage- und Betriebsanleitung Flüssigkeitspumpen*. Wahlstedt / Holstein
- [26] VA Tech VOEST Montage. *Dokumentation Rohrleitungen Hinterberg II*. Graz.
- [27] Recknagel H., Sprenger E. und Hönnmann W. *Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik*. Wien: Oldenbourg. (1992/1993)
- [28] Recknagel H., Sprenger E. und Schramek E.R. *Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik*. Wien: Oldenbourg. (2000)
- [29] Gabernig H. *Energie- und Klimatechnik*. Wien: E. Dorner. (1995)
- [30] Bärnthaler T., Gronostay J., Roblyek I. und Schlager R. *Darstellung des Wasserkreislaufes bei der Leiterplattenproduktion, kostenmäßige Erfassung und Optimierung*. Projektarbeit Industrieller Umweltschutz. Montanuniversität Leoben. (2001).

## 10.2 Abbildungsverzeichnis

### **Kapitel 3 : Allgemeine Beschreibung der AT&S AG**

Abbildung 3.1: *AT&S Shanghai (Volksrepublik China) [in Planung]*

### **Kapitel 4 : Beschreibung der Umweltsituation**

Abbildung 4.1: *AT&S Hinterberg*

Abbildung 4.2: *Ablaufschema des Umwelt – Controllings der AT&S AG*

### **Kapitel 5 : Wassereinsatz in Hinterberg**

Abbildung 5.1: *Wasserverlaufschema Werk 1*

Abbildung 5.2: *Neue Reinstwasseraufbereitungsanlage 2 - Werk 1*

Abbildung 5.3: *Enthärtungsanlage klein - Werk 1*

Abbildung 5.4: *Abwasseranlage Klimaraum*

Abbildung 5.5: *Abwasseranlage alter Behältergarten BHG 1*

Abbildung 5.6: *Wasserverlaufschema Werk 2*

Abbildung 5.7: *Abwasseranlage neuer Behältergarten BHG 2 / komplexfreie Abwässer*

Abbildung 5.8: *Abwasseranlage neuer Behältergarten BHG 2 / komplexhaltige Abwässer*

Abbildung 5.9: *Reinstwasseraufbereitungsanlage Werk 2*

### **Kapitel 6 : Wasserverbrauch**

Abbildung 6.1: *Sankey – Diagramm: Aufteilung des geförderten Brunnenwassers*

Abbildung 6.2: *Sankey – Diagramm: Verbrauchsaufteilung Brunnenwasser im Werk 1*

Abbildung 6.3: *Sankey – Diagramm: Verbrauchsaufteilung Brunnenwasser im Werk 2*

Abbildung 6.4: *Sankey – Diagramm: Fluss des erwärmten Kühlwassers im Werk 1*

Abbildung 6.5: *Sankey – Diagramm: Fluss des erwärmten Kühlwassers im Werk 2*

**Kapitel 7 : Einsparpotentiale Brunnenwasser**

Abbildung 7.1: *Gesicherte einsparbare Wassermengen - Absolutwerte*

Abbildung 7.2: *Gesicherte einsparbare Wassermengen - Prozentsätze*

**Kapitel 8 : Die Wasseraufbereitungsanlage neu im alten Werk 1**

Abbildung 8.1: *Fliessschema der Wasseraufbereitungsanlage neu im alten Werk 1*

**Kapitel 9 : Untersuchungen zum Thema Energie**

Abbildung 9.1: *Die Heizschiene 110°C/70°C*

Abbildung 9.2: *Das Kompressorabwärmerückgewinnungssystem*

Abbildung 9.3: *Gasverbräuche im Abrechnungszeitraum vom April 2000 bis April 2001*

Abbildung 9.4: *Gasverbrauch aufgeschlüsselt*

Abbildung 9.5: *Gegenüberstellung: Wärmebedarf – auskoppelbare Wärmemenge*

Abbildung 9.6: *Anbindung des Heizsystems im Werk 2 an das Heizhaus*

Abbildung 9.7: *Wärmeabnehmer im Werk 2*

Abbildung 9.8: *Nutzung der bereits bestehenden Wärmeversorgungsleitung*

Abbildung 9.9: *Anbindung an den örtlich nächstliegenden Punkt der Warmwasserleitung*

Abbildung 9.10: *Anbindung an den den Warmwasserkesseln nächstliegenden Punkt*

Abbildung 9.11: *Weiterführung der Rücklaufleitung*

Abbildung 9.12: *Führung des gesamten Rücklaufstromes über das Kompressorwärmerückgewinnungssystem*

Abbildung 9.13: *Entnahme eines Rücklaufteilstromes vor den Warmwasserkesseln und Rückführung der erwärmten Wassermenge in den Rücklauf beim alten Heizhaus*

Abbildung 9.14: *Arbeitspreise für Ferngas von Jänner 1999 bis April 2000 (lt. Steirischer Ferngas)*

Abbildung 9.15: *Abhängigkeit der einsparbaren Kosten vom Gasgesamtpreis (2 Kompressoren)*

Abbildung 9.16: *Abhängigkeit der Amortisationszeit vom Gasgesamtpreis (2 Kompressoren)*

Abbildung 9.17: *Abhängigkeit der einsparbaren Kosten vom Gasgesamtpreis (3 Kompressoren)*

Abbildung 9.18: *Abhängigkeit der Amortisationszeit vom Gasgesamtpreis (3 Kompressoren)*

## 10.3 Tabellenverzeichnis

### **Kapitel 7 : Einsparpotentiale Brunnenwasser**

Tabelle 7.1: *Ergänzte Wassermenge in den Kühlwasserkreislauf der Kühltürme*

Tabelle 7.2: *Wasserverbrauch in der Abwasseranlage Behältergarten 1*

Tabelle 7.3: *Wasserverbrauch in der Abwasseranlage Behältergarten 2*

Tabelle 7.4: *Betriebsdaten der Luftwäscher im Werk 1*

Tabelle 7.5: *Wasserverbrauch je Wäschereinheit im Werk 1*

Tabelle 7.6: *Betriebsdaten der Luftwäscher im Werk 2*

Tabelle 7.7: *Wasserverbrauch je Wäschereinheit im Werk 2*

Tabelle 7.8: *Zusammengefasste Werte der möglichen Einsparpotentiale*

### **Kapitel 8 : Die Wasseraufbereitungsanlage neu im alten Werk 1**

Tabelle 8.1: *Rohwasseranalyse Brunnenwasser am Standort Hinterberg*

Tabelle 8.2: *Gewährleistete Reinstwasserqualität nach der Behandlung*

Tabelle 8.3: *Technische Daten der Enthärtungsanlage*

Tabelle 8.4: *Technische Daten der Umkehrosmoseanlage*

Tabelle 8.5: *Technische Daten der Mischbettfilter*

Tabelle 8.6: *Technische Daten der UV - Entkeimungsanlage*

Tabelle 8.7: *Elektrische Verbraucher in der Enthärtungsanlage*

Tabelle 8.8: *Elektrische Verbraucher in der Umkehrosmoseanlage*

Tabelle 8.9: *Elektrische Verbraucher in der Mischbettfilteranlage*

Tabelle 8.10: *Nicht eindeutig zuordenbare elektrische Verbraucher*

**Kapitel 9 : Untersuchungen zum Thema Energie**

Tabelle 9.1: *Gasverbrauch im Jahr 2000*

Tabelle 9.2: *Gasverbrauch im Jahr 2000/01*

Tabelle 9.3: *Gasverbrauch genauer aufgeschlüsselt (Jahr 2000/01)*

Tabelle 9.4: *Verrechnete Gasarbeitspreise laut Steirischer Ferngas*