

# Energieeffizienz in Gewerbe und Industrie

Rolf Mäder, Thorsten Harder

Schaffhausen, 28.01.2015



energiefachleute schaffhausen

**s i a**

## Zielsetzung / Agenda

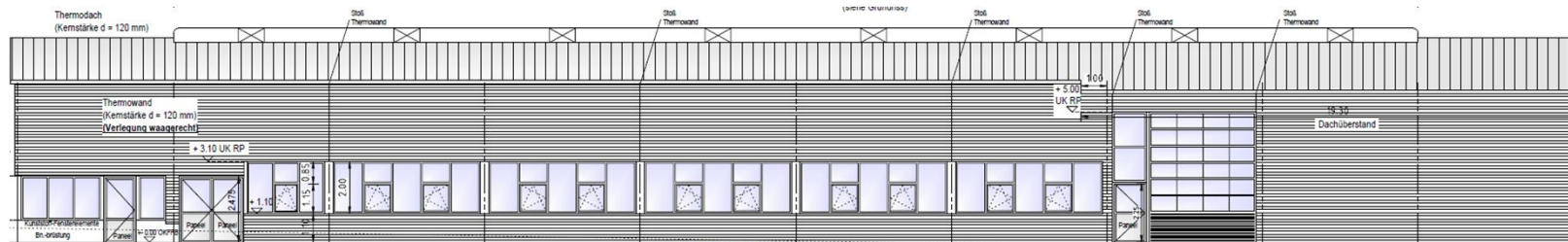
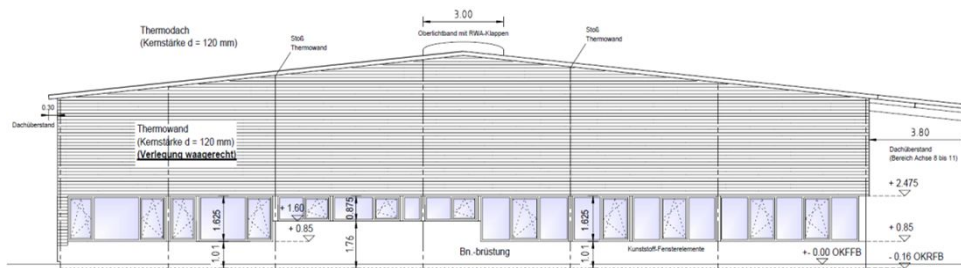
Zielsetzung: Anhand von drei unterschiedlichen, ausgeführten Projekten in Gewerbe und Industrie soll eine erfolgreiche Vorgehensweise für Energiesparprojekte aufgezeigt, die gemachten Erfahrungen diskutiert und für ähnliche Projekte motiviert werden.

### Vorstellung

- Peter Meyer & Co. AG, Schaffhausen  
Möglichkeiten im Neubau: Nutzung des Abwärmepotentials
- Cellpack AG, Villmergen  
Möglichkeiten im Bestand: Vom Energie-Check bis zur Umsetzung
- Veith AG, Diessenhofen  
Möglichkeiten im Bestand: Sanierung Gebäudehülle und Beleuchtung
- Diskussion

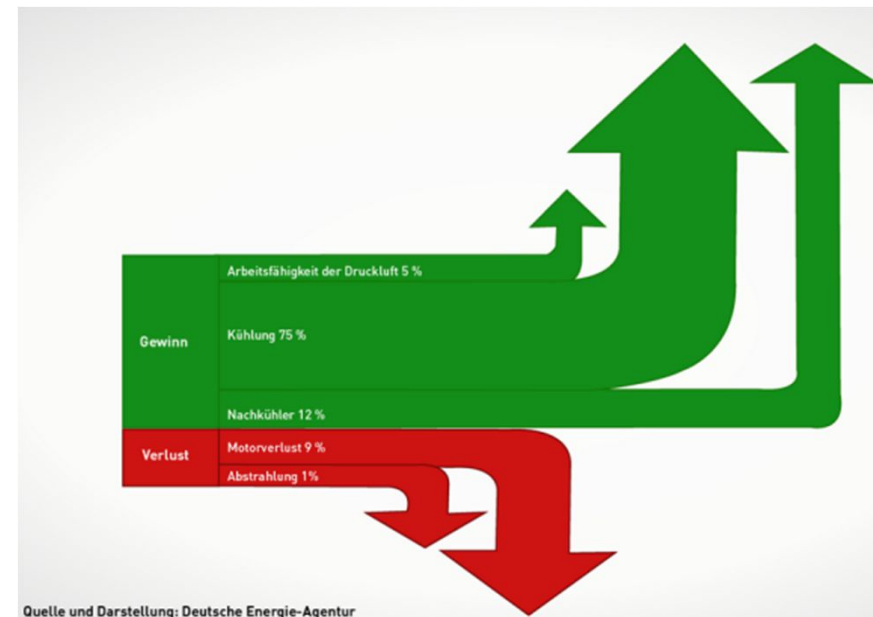
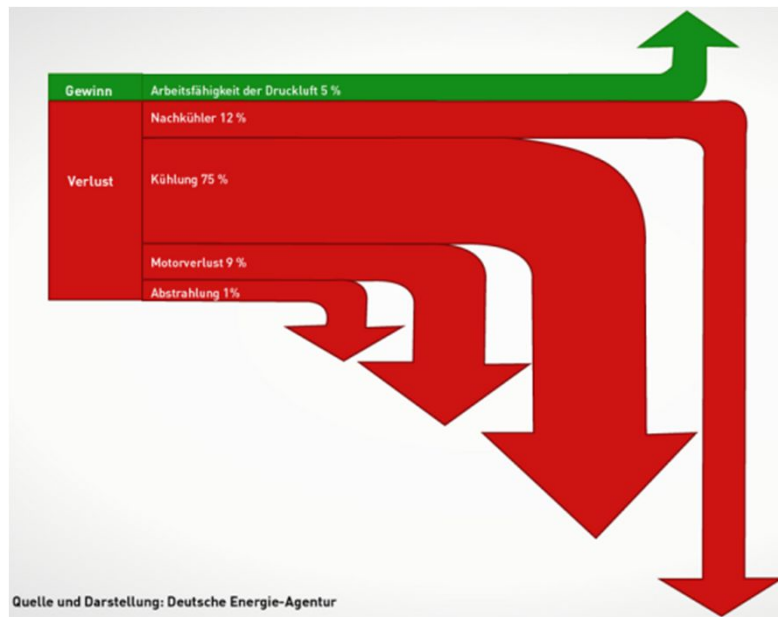
# I. Projekt Peter Meyer & Co. AG, Rahmendaten:

Neubau Produktionshalle (2'142 m<sup>2</sup> EBF, davon 180 m<sup>2</sup> Büro),  
Umzug eines bestehenden Unternehmens



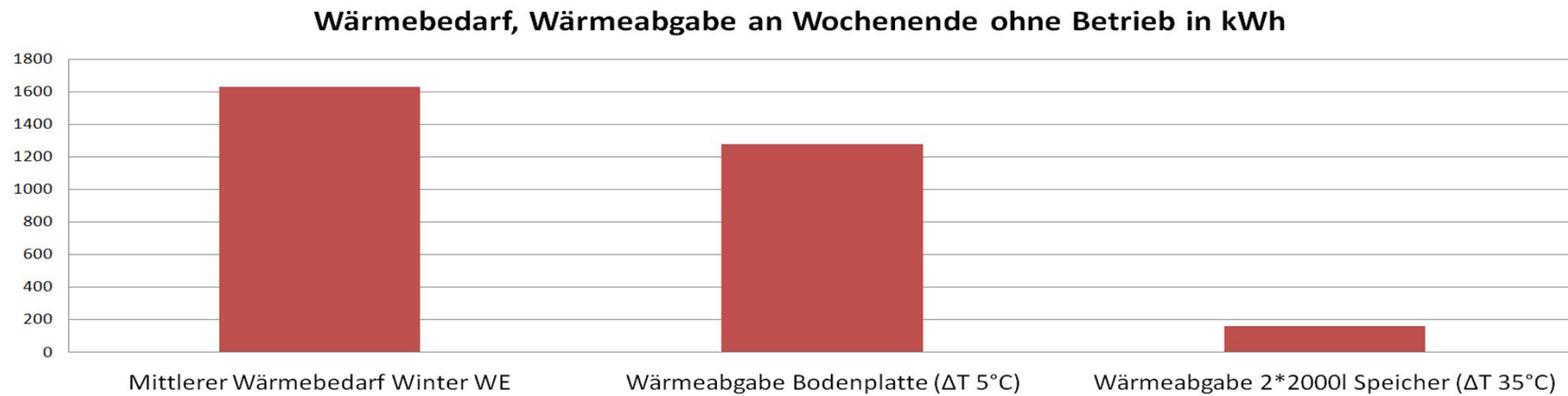
## I a.) Strategische Planung

- Bisheriger Standort und Produktionsabläufe sind bekannt
- Stromverbrauch ist bekannt und 3 ½ mal so hoch wie der abgeschätzte zukünftige Heizwärmebedarf
- Identifikation des technisch nutzbaren Abwärmepotentials (Laserschweissgerät und Druckluftkompressoren)
- Grundsatzentscheid zur Nutzung der Abwärme



## I b.) Vorprojekt (Haustechnik)

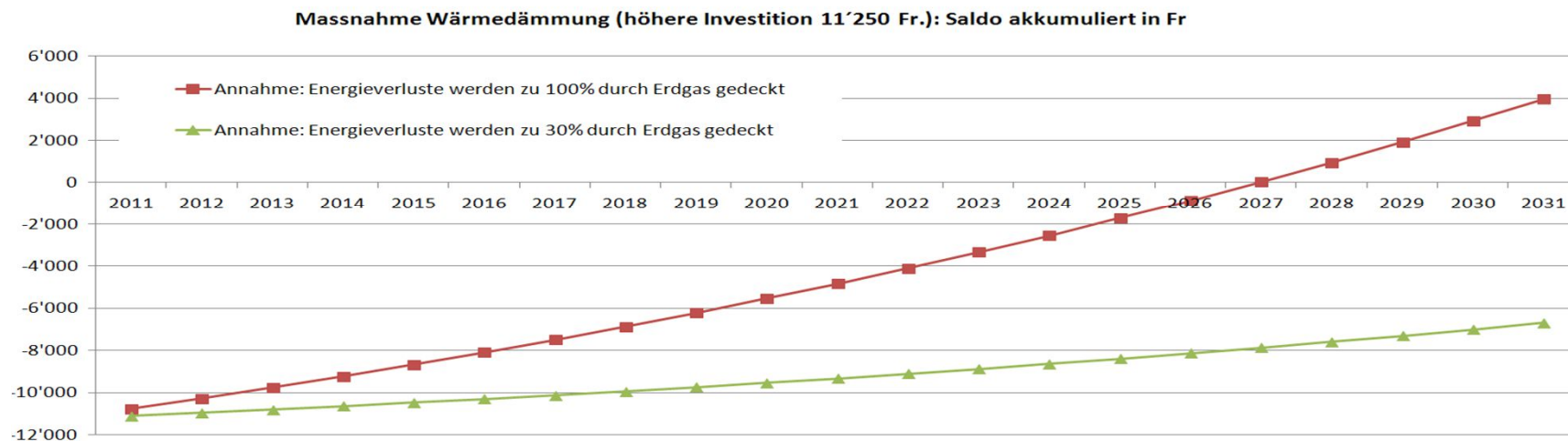
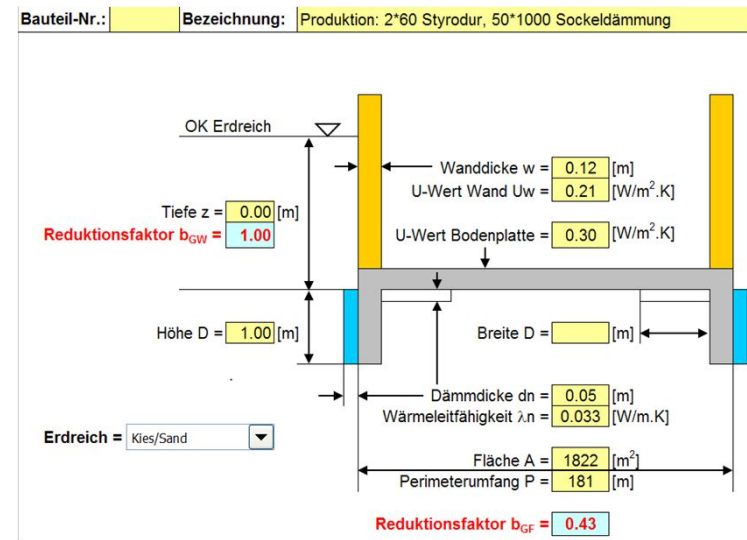
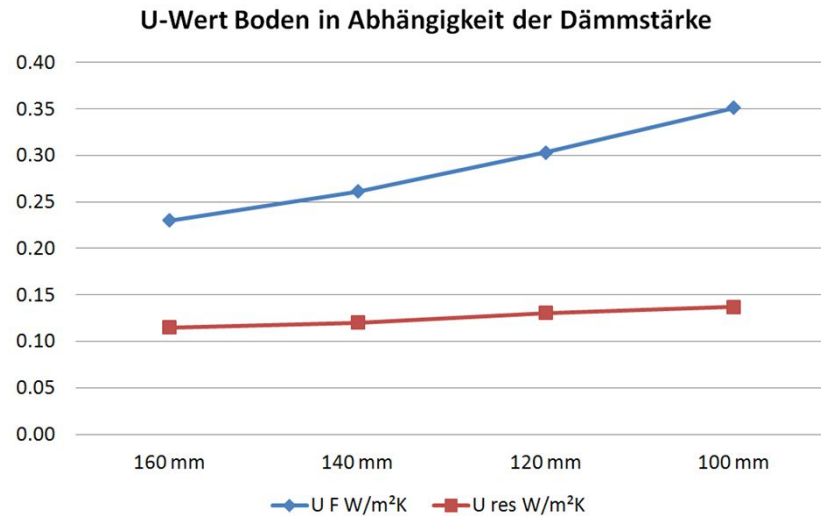
### Überlegungen zur Maximierung der WRG und zum Speicherkonzept



- Die Speicherkapazität der Bodenplatte (900 t) ist um ein Vielfaches grösser als die eines Energiespeichers und kann einen Grossteil des Heizwärmebedarfs eines Wochenendes abdecken. (-> Bodenplatte zum Wochenende laden, Trägheit nutzen)
- Die Wärme-Speicherkapazität des Speichers kann die Transmissionsverluste der Büros bei einer Aussenlufttemperatur von  $-8^{\circ}\text{C}$  24 h lang decken. (-> Speicher zum Wochenende laden, Absenkbetrieb Büros bis Sonntag, Büros können theoretisch ohne Erdgas beheizt werden.)

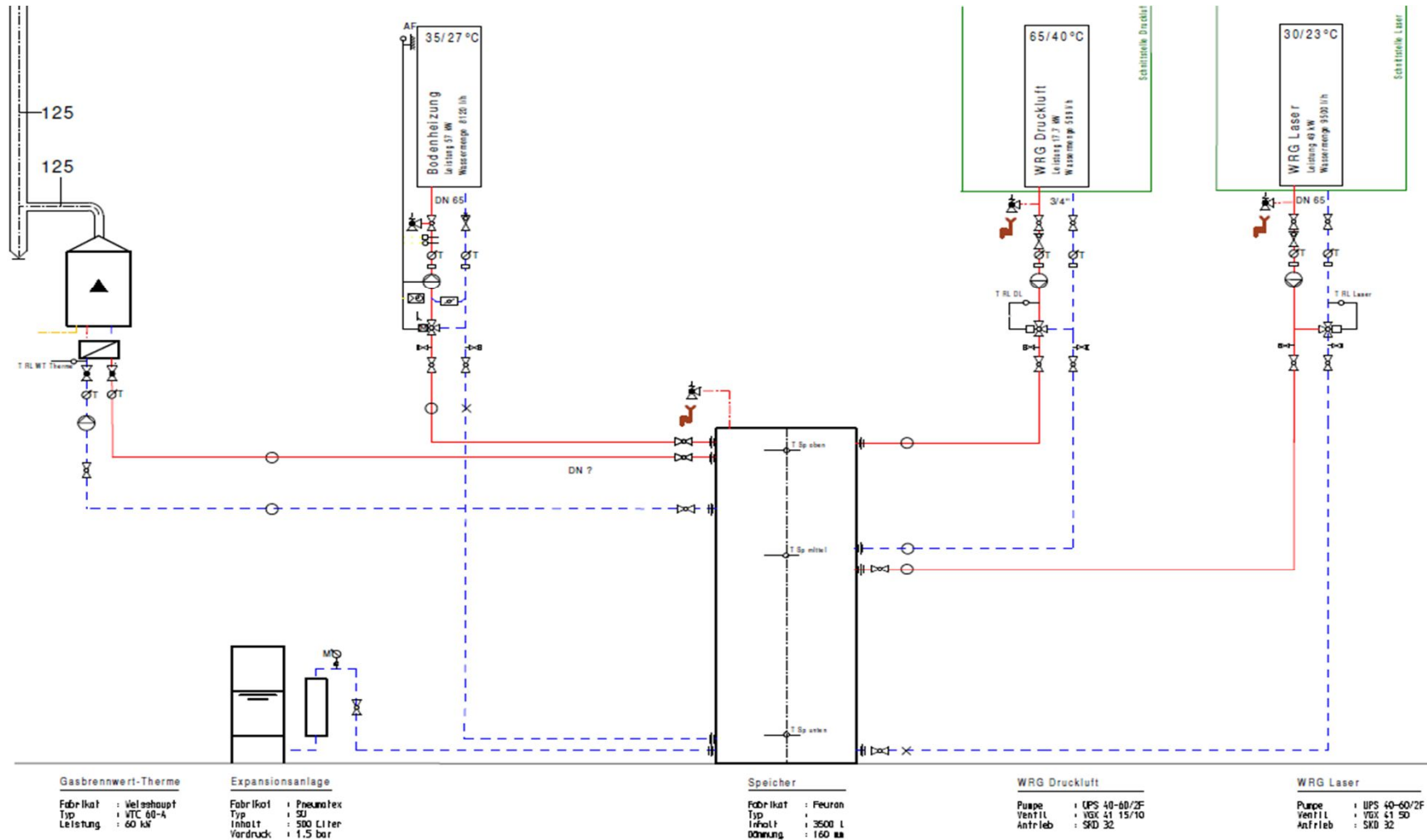
# I b.) Vorprojekt (Gebäudehülle)

## Überlegungen zur energetischen Qualität der Gebäudehülle



# I c.) Projektierung

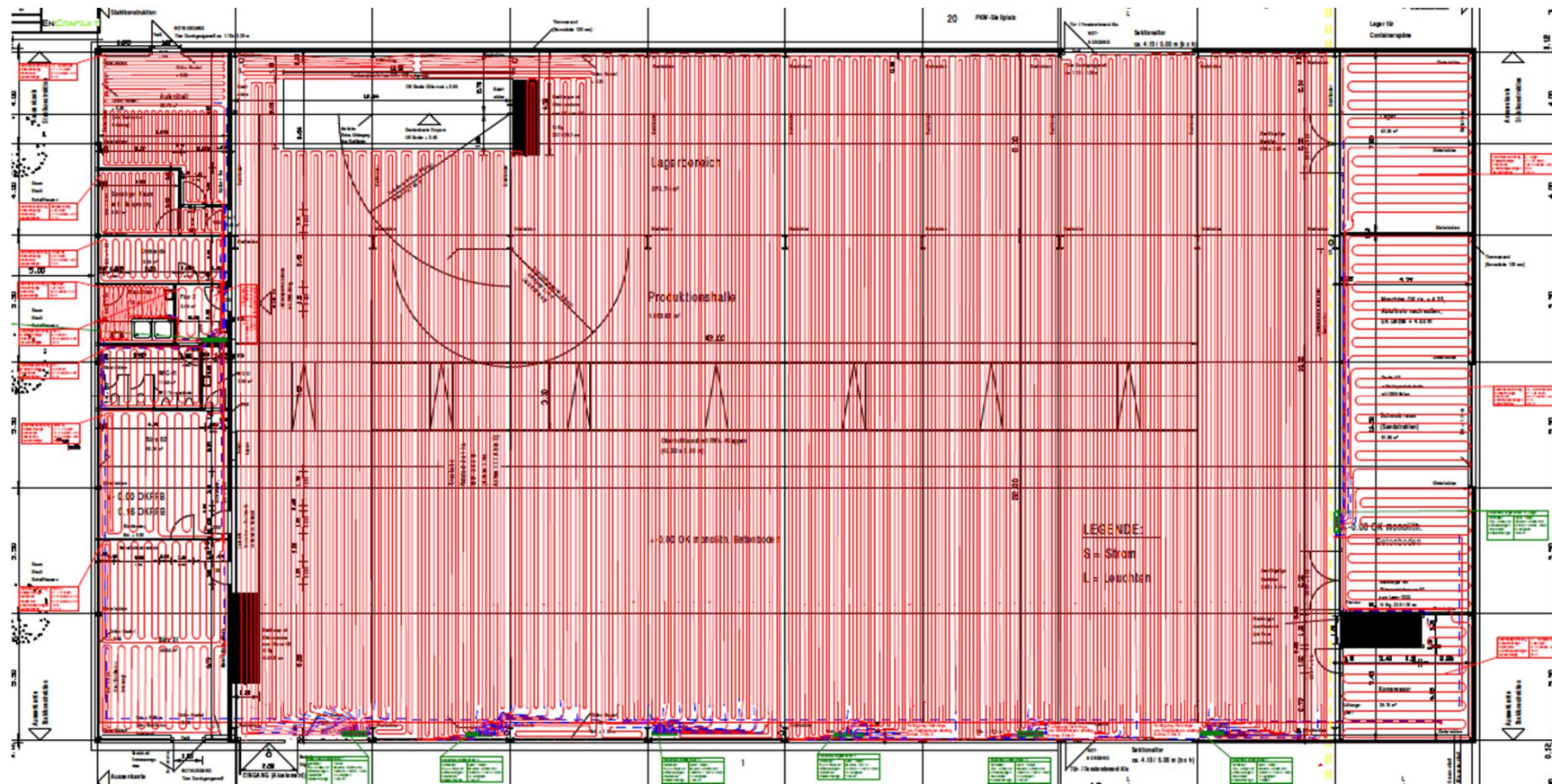
Einfaches Konzept zur Rückgewinnung der Abwärme des Lasers und der Druckluftkompressoren mit versch. Temperaturen in den Speicher





## I c.) Projektierung

Verteilung und Speicherung der Wärme über rund 9 km Verbundrohr als Industrieflächenheizung bzw. Fussbodenheizung in den Büros.





## I d.) Ausführung



- WRG Druckluft: Stellventil und Plattenwärmetauscher im Ölkreislauf
- WRG Laser mit neuem Kühlaggregat



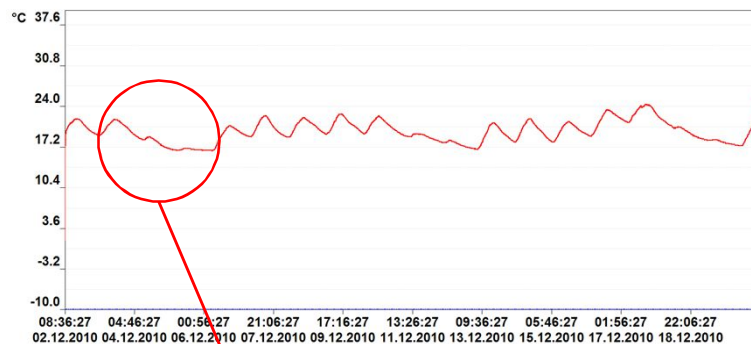
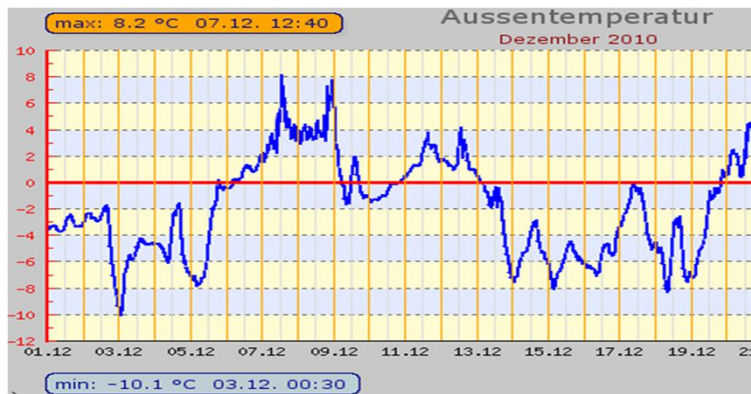
# I d.) Ausführung

Speicherung (3'500 l) und Verteilung



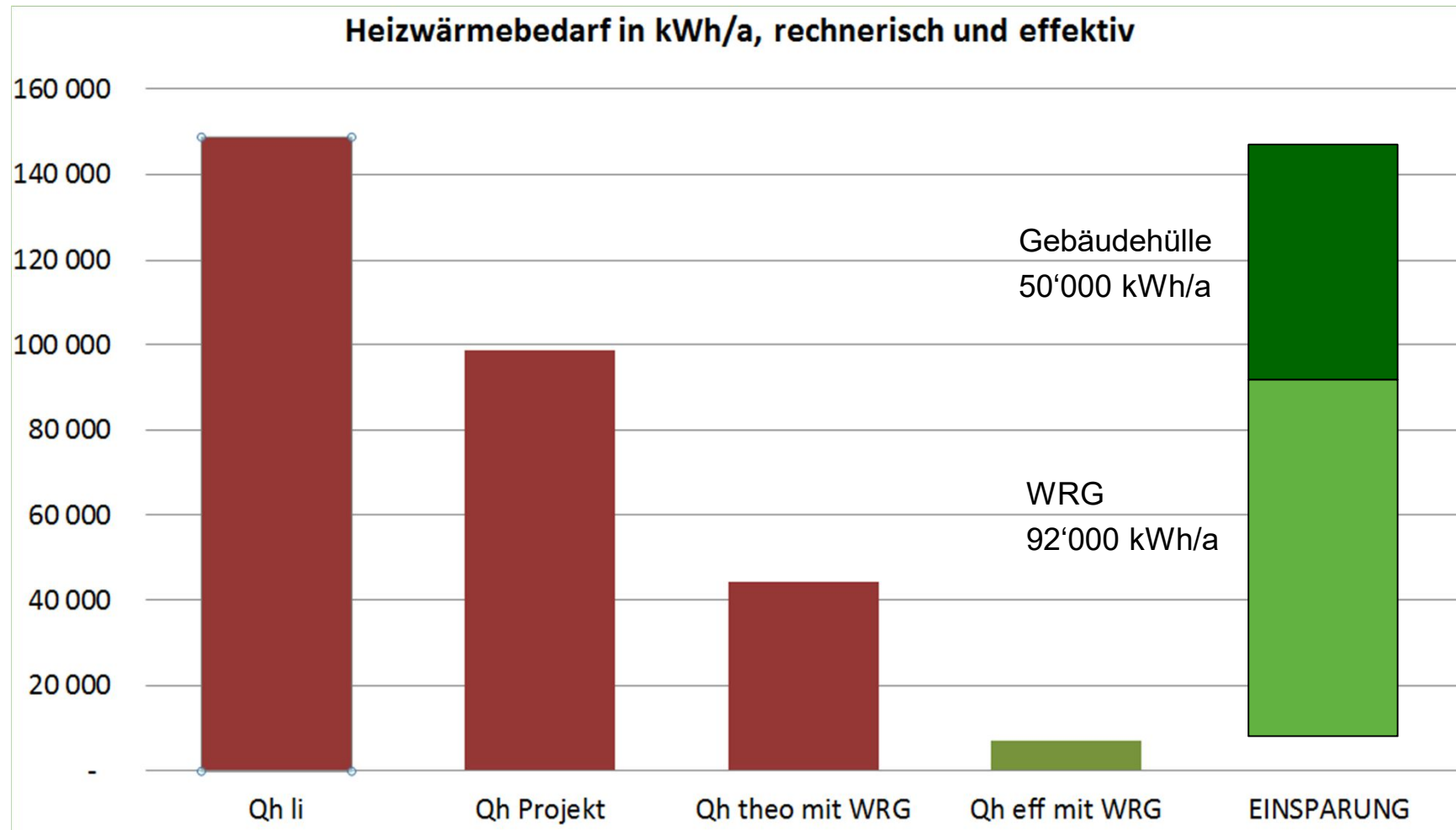


## I e.) Betrieb / Messung



- Die Raumtemperatur schwankt während der Produktion aufgrund der temperierten Bodenplatte auch bei sehr kaltem Aussenklima lediglich um rund drei Grad Celsius. Das Temperaturniveau liegt im geforderten Bereich um 18 bis 20°C.
- Die Auskühlung der Halle in einer kalten Nacht beträgt rund 3 °C, die an einem sehr kalten Wochenende ca. 5°C.
- Die Auskühlung der Bodenplatte beträgt in einer Nacht mit Aussen-temperaturen um Null Grad in der Hallenmitte rund ein halbes Grad und aussen gut ein Grad.

## I e.) Betrieb / Energieverbrauch



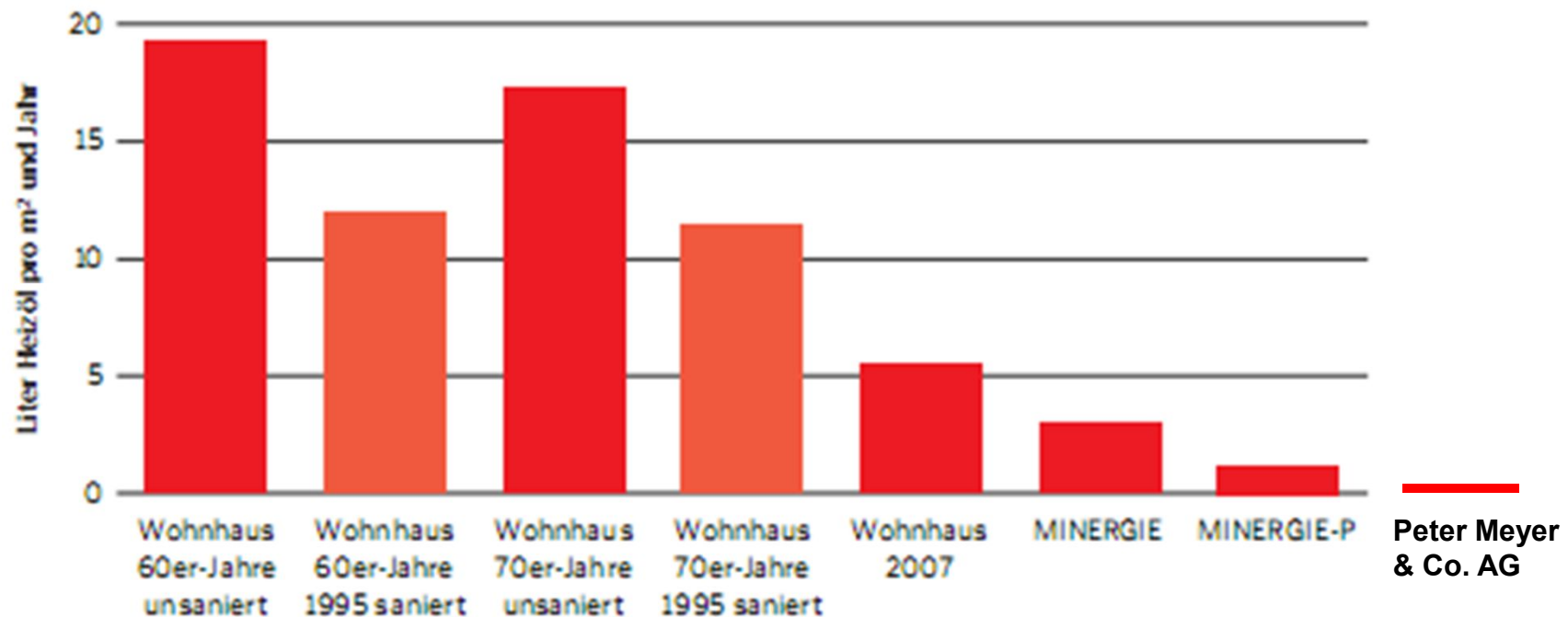
**Einsparung 96%** gegenüber Grenzwert nach SIA 380/1

# I Einordnung / Vergleich

- **Energieverbrauch:** 6'450 kWh / a  
das entspricht einem 0,3 l / m<sup>2</sup> a (Heizöläquivalent)
- **Kosten Erdgas 2014/2015:** 714,- Fr./Jahr  
**Energiekosten Heizung unter 50 Fr./ Monat!**



## Baustandard: Heizung von Wohnbauten



# I Fazit

## Günstige Voraussetzungen:

- ✓ Neubau mit bekannter Produktion im Bestand
- ✓ Aufgeschlossene Bauherrschaft
- ✓ Rechtzeitige Einbindung in die Projektentwicklung

## Schwierigkeiten / Verbesserungspotential:

- «plötzliche Änderung» des Kühlaggregats durch Maschinenhersteller
- Trennung Büro / Produktion «nur» regelungstechnisch, nicht hydraulisch

## Weiteres Vorhaben:

- Installation einer grossen Photovoltaikanlage mit Eigenstromnutzung

# I Photovoltaik-Anlage zur Eigenstromnutzung

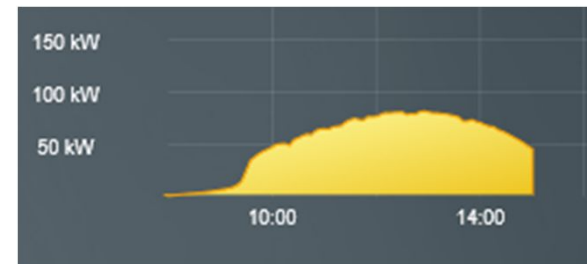
## Anlage:

Installierte Leistung 220 kWp, Inbetriebnahme Dez. 2015



## Momentaufnahmen 25.01.2016:

grosser Anteil des verbrauchten Stroms wird selber produziert





## II Cellpack AG, Villmergen

### Unternehmen:

- Produktionsbetrieb mit zwei Geschäftsbereichen Kunststofftechnik und Verpackungen
- Bestehende katalytische Nachverbrennung der lösemittelhaltigen Abluft
- Energiebezugsflächen: 10'250 m<sup>2</sup> Produktion und 2'830 m<sup>2</sup>

### Verwaltung



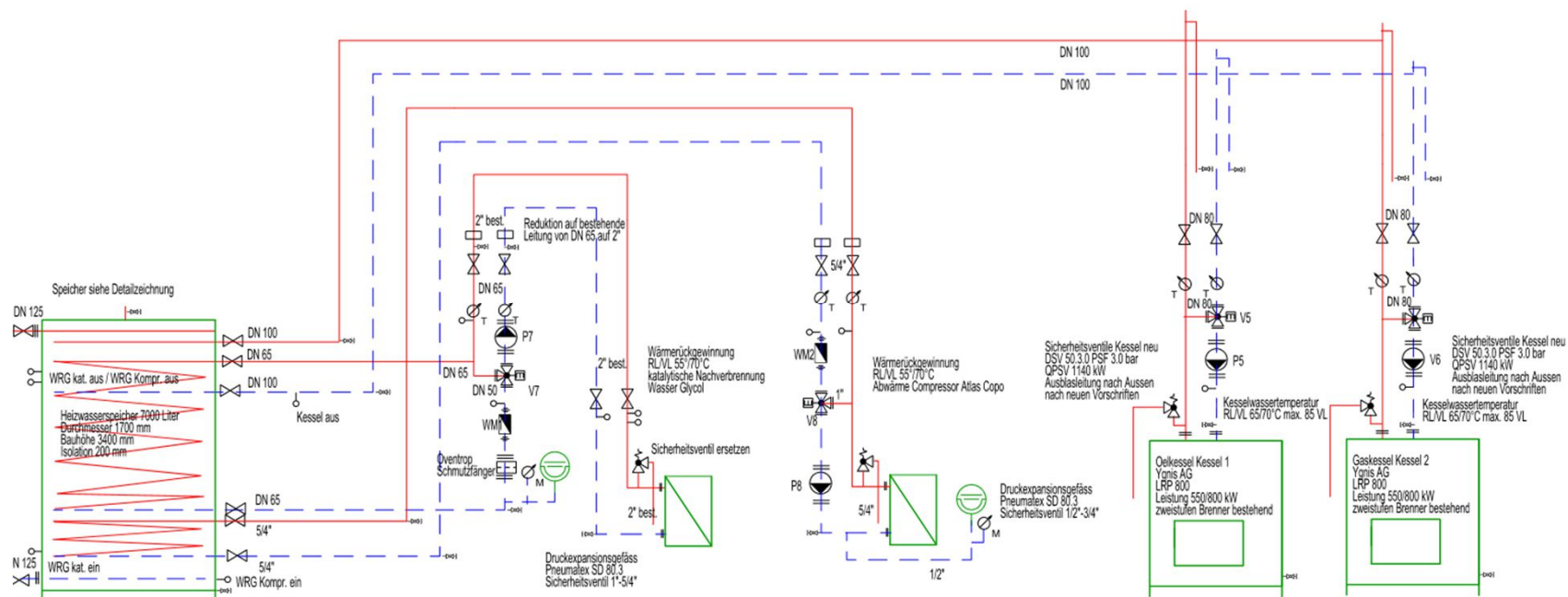
## II Cellpack AG, Villmergen

### Projekt:

- Kick-Off und Formulierung der Zielsetzung durch Management
- Januar 2012 Erarbeitung eines Energiechecks als Grundlage für die energetische Optimierung und das weitere Vorgehen
- Detailabklärungen in einer Arbeitsgruppe (Cellpack / externe Berater)
- Frühjahr 2013 Beauftragung Planung und Projektleitung
- Sommer 2013 Ersatz der Kompressoranlage und Optimierung der Wärmerückgewinnung aus der katalytischen Nachverbrennung, der hydraulischen Einbindung und der Heizungssteuerung
- Betrieb seit 2014
- Auswertung des Betriebs im Sommer 2015

## II a.) Optimierung der Wärmerückgewinnung

- Umbau der Heizzentrale zur Optimierung der Wärmerückgewinnung
- Neue hydraulische Einbindung der bestehenden Wärmerückgewinnung aus der katalytischen Nachverbrennung
- zusätzliche Nutzung der Abwärme der Druckluftkompressoren



## II a.) Zentrales Element, der Pufferspeicher



- In diesen 7'500 l Speicher speisen die Wärmerückgewinnungskreise aus dem Druckluftkompressor und der katalytischen Nachverbrennung.
- Er dient als hydraulische Weiche und kann bei geringerem Bedarf Wärme speichern



## II a.) Umbau der hydraulischen Schaltung



- Alle hydraulischen Schaltungen wurden von Einspritzschaltung auf Beimischschaltung umgebaut. So werden die Rücklauftemperaturen gesenkt und die Nutzung der Abwärme maximiert.

- Am Hauptverteiler



- und allen Unterstationen

## II a.) Ersatz der Pumpen



### Strom-Einsparung Bsp. Hauptpumpen:

#### 1 Bestehende Pumpen

	Bezeichnung	Typ	Stromverbrauch
P1	Gruppe Fernleitung	Biral HX 652	3 043 kWh/a
P2	Lüftung	Biral L 1004	8 160 kWh/a
P3	Gruppe Fabrikation	Biral NBZ 652	2 414 kWh/a
P4	Gruppe Fernleitung	Biral L 1002	6 596 kWh/a
P5/6	Kesselpumpe	Biral NBZ 100-4	6 596 kWh/a
P7	WRG kat. NV	KBS Etaline 65-160	8 500 kWh/a
<b>TOTAL</b>			<b>35 309 kWh/a</b>

#### 2 Neue Pumpen

	Bezeichnung	Typ	Stromverbrauch
P1	Gruppe Fernleitung	Grundfos Magna 65-120 F	1 590 kWh/a
P2	Lüftung	UPE 80-120 F	2 822 kWh/a
P3	Gruppe Fabrikation	Grundfos Magna D 50-60	723 kWh/a
P4	Gruppe Fernleitung	UPE 80-120 F	2 822 kWh/a
P5/6	Kesselpumpe	Grundfos Magna 80-80	749 kWh/a
P7	WRG kat. NV	Grundfos Magna 65-120 F	1 590 kWh/a
<b>TOTAL</b>			<b>10 295 kWh/a</b>



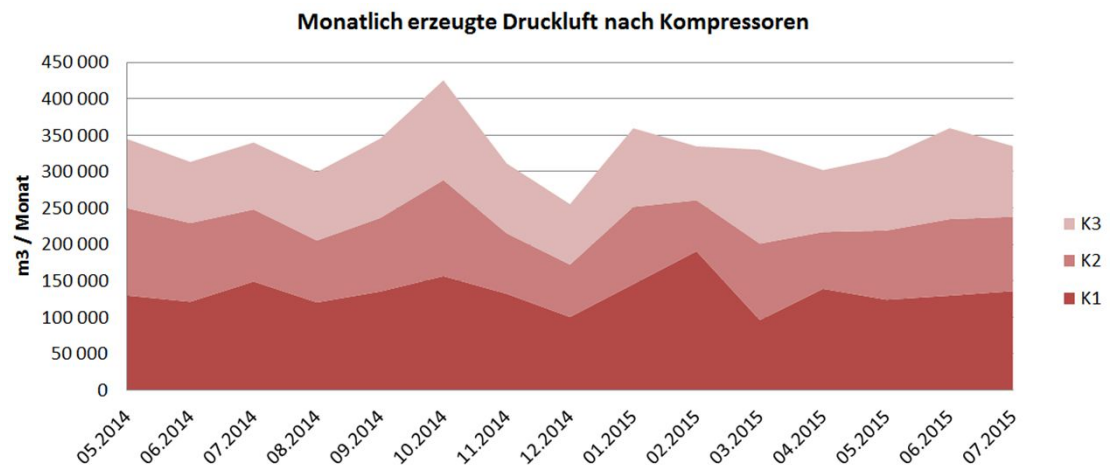
## II a.) Umgebaute Heizzentrale





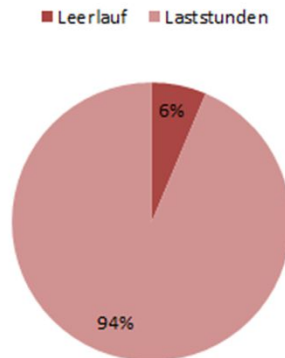
## II b.) Optimierung der Druckluftherzeugung

- Neue, effizientere und aufgrund des tieferen Druckniveaus auch kleinere Druckluftkompressoren (zwei drehzahlregulierte und einer mit konstantem Fördervolumen)
- Installierte Anlagenleistung 1\*55 kW + 2\*75 kW d.h. total 205 kW statt wie bisher 270 kW
- Der Grundlastkompressor K1 übernimmt 40 % der erzeugten Druckluftmenge, und die effizienten Spitzenlastkompressoren K2 und K3 arbeiten bedarfsgerecht in Wechselschaltung

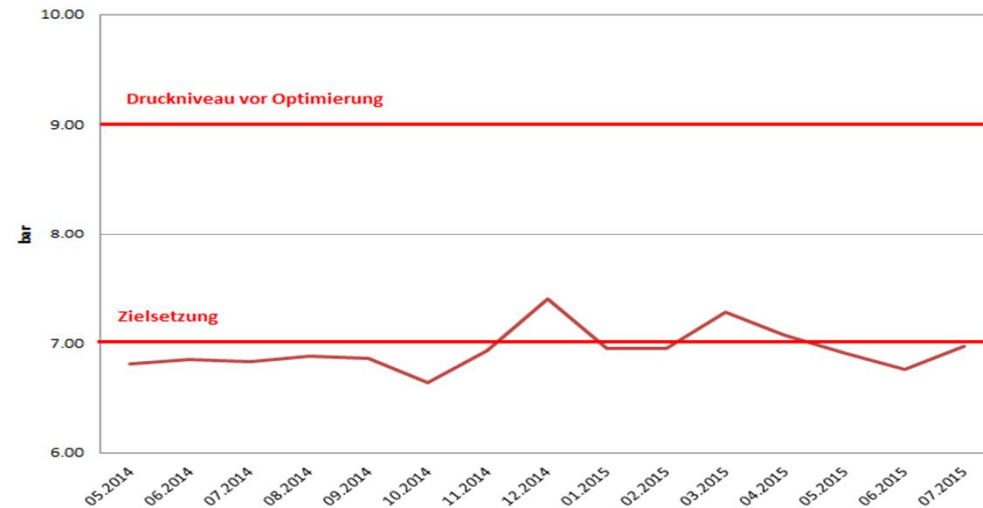


## II b.) Druckniveau und Leerlaufverluste

Last-/Leerlauf-Verhältnis K1 (GA 55+) zwischen 5/2014 und 7/2015



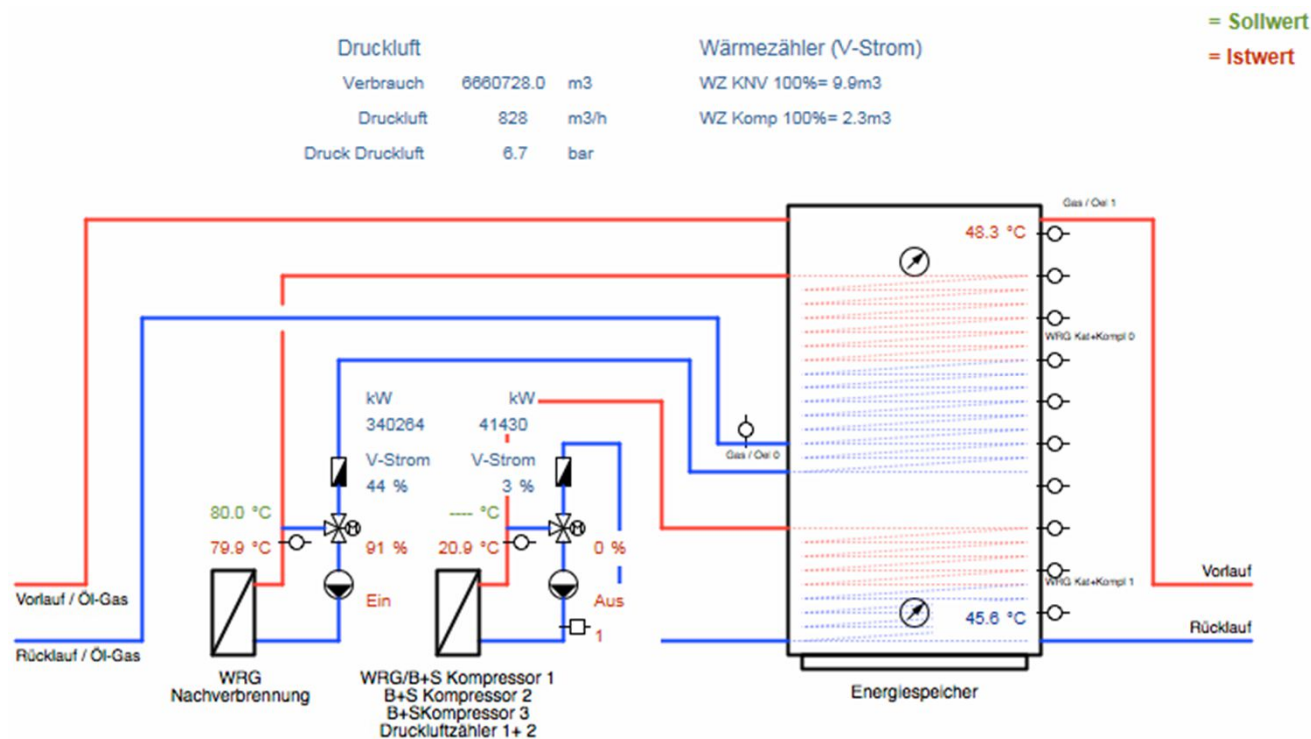
Netzdruck (abgelesener Höchstwert pro Monat)



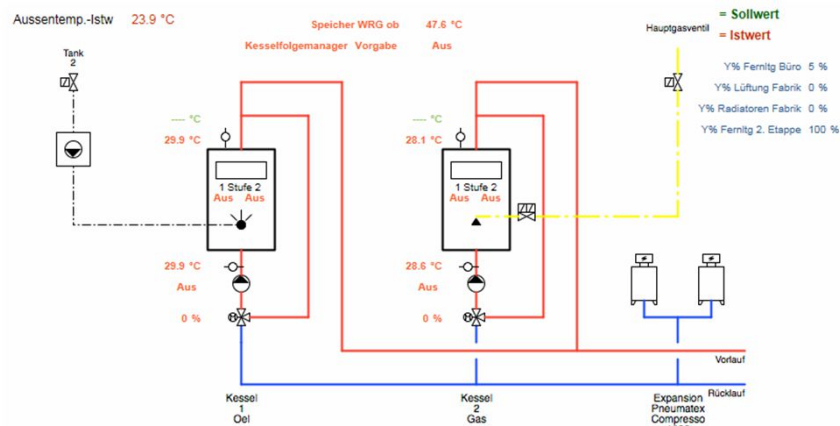
- Das Druckniveau konnte von 9 auf 7 bar gesenkt werden. Der Netzdruck wird kontinuierlich gemessen.
- Die Leerlaufquote des Grundlastkompressors konnte in der neuen Anlage von 26 % auf 6 % reduziert werden
- Dieser kann an 4'300 h/a Abwärme liefern

## II c.) Messen, Regulieren, Visualisieren

- Ersatz der gesamten Regulierung mit einem MSR System und Vernetzung aller Verbraucher zur Optimierung der gesamten Anlage
- Erstellen eines Mess- und Visualisierungssystems

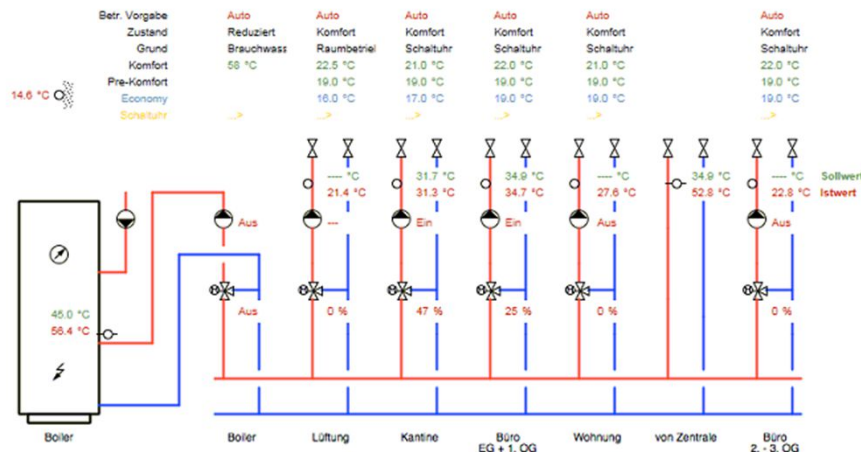


# II c.) Messen, Regulieren, Visualisieren



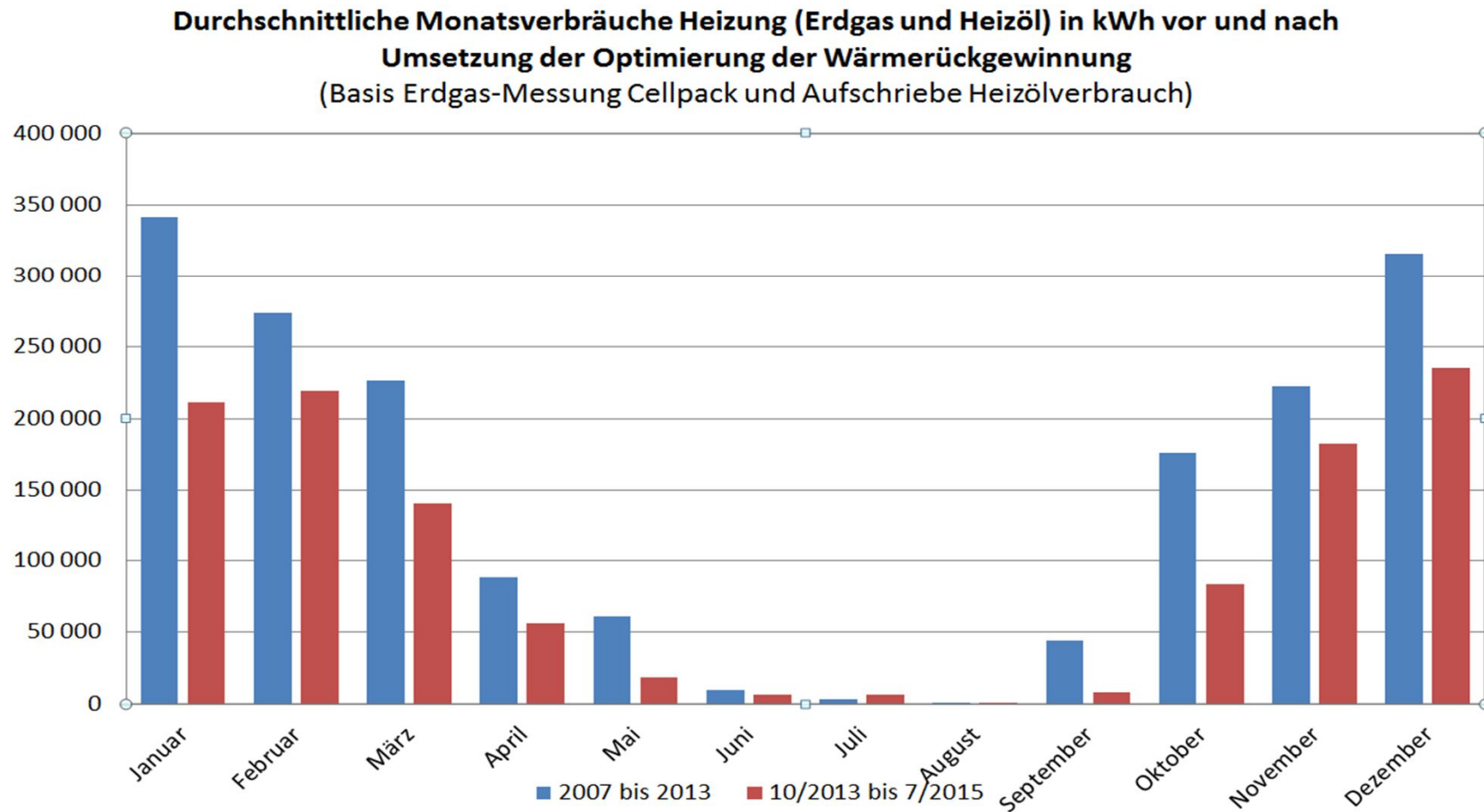
Home > 0.2.13 2. Etappe Heiz+Lüft > Einstellungen > 2. Etappe Heiz+Lüft > Bedarfsregelung

Datenpunkt	Wert
[Stützpunkt 1] Aussentemp	-10 °C
[Stützpunkt 1] Vorlauftemp	75 °C
[Stützpunkt 2] Aussentemp	20 °C
[Stützpunkt 2] Vorlauftemp	55 °C
Vorlauftemp korrektur maximal	10.0 K
Regelverhalten	Mittel
Auswertung Anforderung	Maximal
Grenzwert Anforderung Ein	10 %
Grenzwert Anforderung Aus	5 %



- Die relevanten Messwerte werden kontinuierlich aufgenommen und online visualisiert.
- Im System können Einstellwerte direkt angepasst werden.

## II d.) Betrieb / Energiecontrolling / Ergebnisse



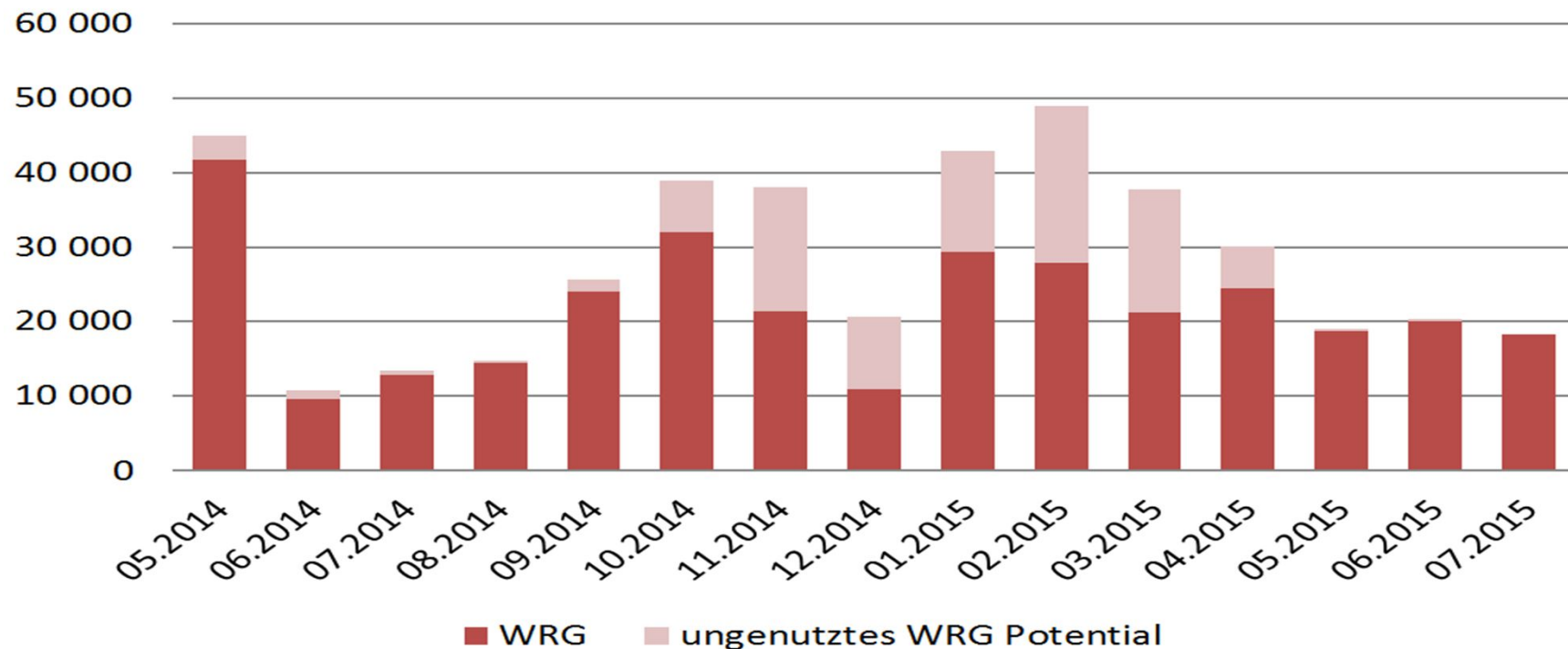
- Im langjährigen Mittel konnte der Energieverbrauch (Erdgas und Heizöl) **um 34% oder rund 600'000 kWh / a** gesenkt werden.



## II d.) Betrieb / Energiecontrolling / Ergebnisse

- Zusätzlich wurde der Stromverbrauch um rund **300'000 kWh/a** (entspricht 67 Haushalten) reduziert.
- Es steht professionelles Instrumentarium für ein nachhaltiges **Energiecontrolling** und weitere Optimierungen zur Verfügung.

**Genutzte Abwärme und Potential der WRG katalytische Nachverbrennung in kWh/Monat**



## II Fazit

### Günstige Voraussetzungen:

- ✓ Verwaltungsrat / Management formulieren klare Energie-Ziel
- ✓ Weiterer Impuls durch Zielvereinbarung EnAW / CO<sub>2</sub> Abgabe
- ✓ Externe Begleitung von Erstbegehung bis Nach-Controlling

### Schwierigkeiten / Verbesserungspotential:

- 2 Mitarbeiterwechsel während des Projekts  
(Produktionsleitung / Abwart)

### Besonderheiten:

- Pilot-Zertifizierung durch BfE und BfU
- Referenzprojekt für Kampagne von energieSchweiz
- Erstellen des Mess- und Visualisierungssystems für ein nachhaltiges Energiecontrolling

### Weiteres Vorhaben:

- Neben weiteren Massnahmen gemäss Zielvereinbarung steht als Nächstes die Sanierung der Beleuchtung in der Produktion mit LED an.



# II Kampagne effiziente Druckluft

## Attraktive Druckluft-Abwärme dank hoher Temperatur Praxisbeispiel Druckluft: Kunststoffindustrie



Im Rahmen ihrer Strategie zur nachhaltigen Verminderung des Energiebedarfs hat die zur BBC Group gehörende Cellpack AG in ihrem Werk im aargauischen Villmergen die gesamte Druckluft- und Wärmeversorgung erneuert. Im Bereich Druckluft konnte der Stromverbrauch mit drei neuen, energieeffizienten Kompressoren um 260 000 kWh pro Jahr gesenkt werden. Die Druckluftabwärme trägt zudem rund ein Viertel zur gesamten Wärmerückgewinnung im Werk bei. Durch die markanten Einsparungen an Energiekosten kann die Cellpack AG die Investitionskosten für das gesamte Effizienzprojekt in rund 3 Jahren amortisieren. Und erfüllt überdies die Effizienzziele des Grossverbraucherartikels und der EnAW-Zielvereinbarung.



**GOP** GESELLSCHAFT FÜR FLUIDTECHNIK

## Tieferer Druck im System, effizientere Kompressoren



Eine energieeffiziente und verlässliche Druckluftversorgung ist im Cellpack-Werk in Villmergen unerlässlich – für Montagearbeiten ebenso wie für die hochmodernen Produktionsanlagen. (Bilder Cellpack AG)

### Zwei Geschäftsbereiche, ein Druckluftsystem

Die Cellpack AG gehört mit den beiden Geschäftsbereichen Cellpack Kunststofftechnik (Bearbeitung und Anwendung von technischen Kunststoffen) und Cellpack Packaging (Bedrucken, Kaschieren und Veredeln von flexiblen Verpackungsmaterialien) am Produktionsstandort in Villmergen zu den grossen Energieverbrauchern im Kanton Aargau. «Wir befassen uns seit einiger Zeit intensiv damit, wie wir die Ressourcen schonen und die Energie so effizient wie möglich einsetzen können», erklärt Thomas Meyer, Geschäftsbereichsleiter Cellpack Kunststofftechnik.

Im Vordergrund stand im Cellpack-Werk die gemeinsam genutzte Infrastruktur der Geschäftsbereiche, allen voran die Druckluft- und Wärmeversorgung. Aus diesem Grund realisierte Cellpack im Rahmen einer Studienarbeit am Kompetenzzentrum Thermische Energiesysteme und Verfahrenstechnik der Hochschule Luzern eine erste, energetische Betriebsanalyse. «Die Ergebnisse dieser Studie haben uns viele, zum Teil auch visionäre Möglichkeiten für einen sparsameren Energieverbrauch aufgezeigt», sagt Thomas Meyer.

### Rasch konkrete Energieeinsparungen erzielen

2012 setzte der Kanton Aargau den Grossverbraucherartikel im Energiesgesetz um und verpflichtete damit energieintensive Unternehmen, die Energieeffizienz mit wirtschaftlich tragbaren Massnahmen systematisch zu verbessern. «Das war eine zusätzliche Motivation, um auf der Basis der Hochschulstudie konkrete, rasch realisierbare Massnahmen zu definieren, mit denen der Energieverbrauch für die nächsten Jahre gezielt reduziert werden kann.» Für die Umsetzung des Grossverbraucherartikels schloss Cellpack eine Zielvereinbarung mit der Energie-Agentur der Wirtschaft EnAW ab. Diese ermöglicht Cellpack auch, sich von der CO<sub>2</sub>-Abgabe zu befreien, wenn entsprechende Massnahmen zur Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstosses und zur Steigerung der Energieeffizienz realisiert werden.

Um solche Energieeffizienzmassnahmen rasch anzupacken, entschloss sich Cellpack, Planung und Projektleitung für die Umsetzung den Schaffhauser Ingenieurbüros EnConsult und Mäder anzuvertrauen. «Die externen fachlichen und zeitlichen Ressourcen waren einer der Erfolgsfaktoren, damit wir das Projekt innerhalb des kurzen Zeithorizonts von 6 Monaten – vom Investitionsantrag bis zur Inbetriebnahme im Herbst 2013 – realisieren konnten», sagt Thomas Meyer. Andere waren der enge Einbezug der direkt betroffenen Mitarbeitenden und die Einbettung des Projekts als Leuchtturmvorhaben in die Behr Bircher Cellpack Group, zu der die Cellpack-Geschäftsbereiche gehören. Der ausgewiesene Nutzen und die Unterstützung durch die Geschäftsleitung haben das Ihre dazu beigetragen, dass mit der energetischen Betriebsoptimierung der Energieverbrauch und die Kosten rasch gesenkt werden konnten.

### Druckluftanforderungen von Verbrauchern gezielt senken

Um den bestehenden und den künftigen Druckluftbedarf verlässlich zu erheben, wurde zusammen mit dem Kompressorlieferanten während einer Woche der Druckluftbedarf der Anlage gemessen und anschliessend analysiert. Gleichzeitig wurde geklärt, wie die hohen Druckluftanforderungen im Bereich Packaging – die Maschinen wurden mit einem Druck von 9 bar betrieben – reduziert und gleichzeitig ein sicherer Betrieb der Druckmaschinen sichergestellt werden können. Das erklärte Ziel dabei war die Angleichung des Druckluftbedarfs an den Druck im Bereich Kunststofftechnik von 6,8 bar.

# III Veith AG, Diessenhofen

## Etappe 1

- Sanierung der Gebäudehülle
- Im ersten Schritt erfolgte der Ersatz der Fenster durch Bauherrn
- Zweiter Schritt:

Eternit Dach (1'000 m<sup>2</sup>) ersetzen mit Siporex-Element

Dämmung: 180 mm    Lamdawert 0.035 W/mK

Investitionen Dachsanierung:

Fr. 163'000.-

abzüglich Förderbeitrag TG u. Diessenhofen

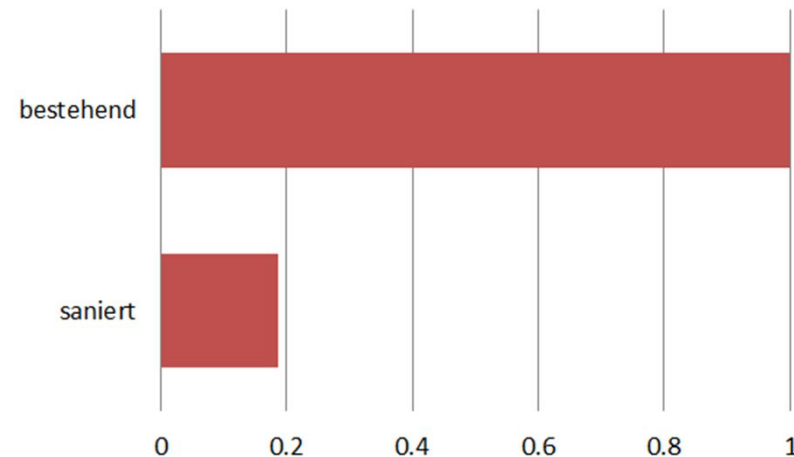
Fr. 36'000.-

Nettoinvestitionen

Fr. 127'000.-



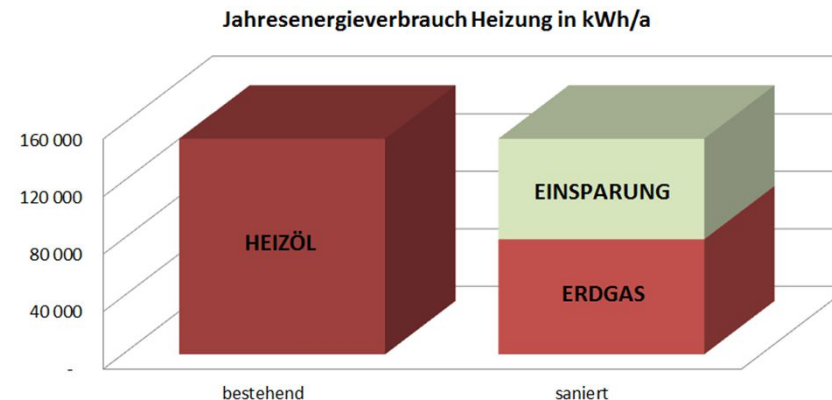
U-Werte Dach in W/m<sup>2</sup>K



### III Veith AG, Diessenhofen

- Ersatz der Wärmeerzeugung  
Oelkessel bestehend Viessmann 120 kW  
modulierende Gasheizung Weishaupt 9.7 bis 45 kW  
Investition Heizung Kesslersatz Fr. 35'000.-  
Gaszuleitung inkl. Bodensanierung Altlasten Fr. 38'000.-  
Honorare inkl. Geologe Fr. 9'000.-  
Total Fr. 82'000.-

**Energieeinsparung (Gebäudehülle und Heizung) 80'000 kWh/a**



- Etappe 2: Ersatz Druckluftkompressor und Hallen-Beleuchtung

## III a.) Beleuchtung

Bestehende Beleuchtung:

- Lichtbänder, T8 mit EVG überwiegend zwei-flammig und Reflektor
- sehr untersch. Ausleuchtung (150 bis 700 lx auf Arbeitshöhe)
- Installierte Leistung 13'600 W, hoher Instandhaltungsaufwand

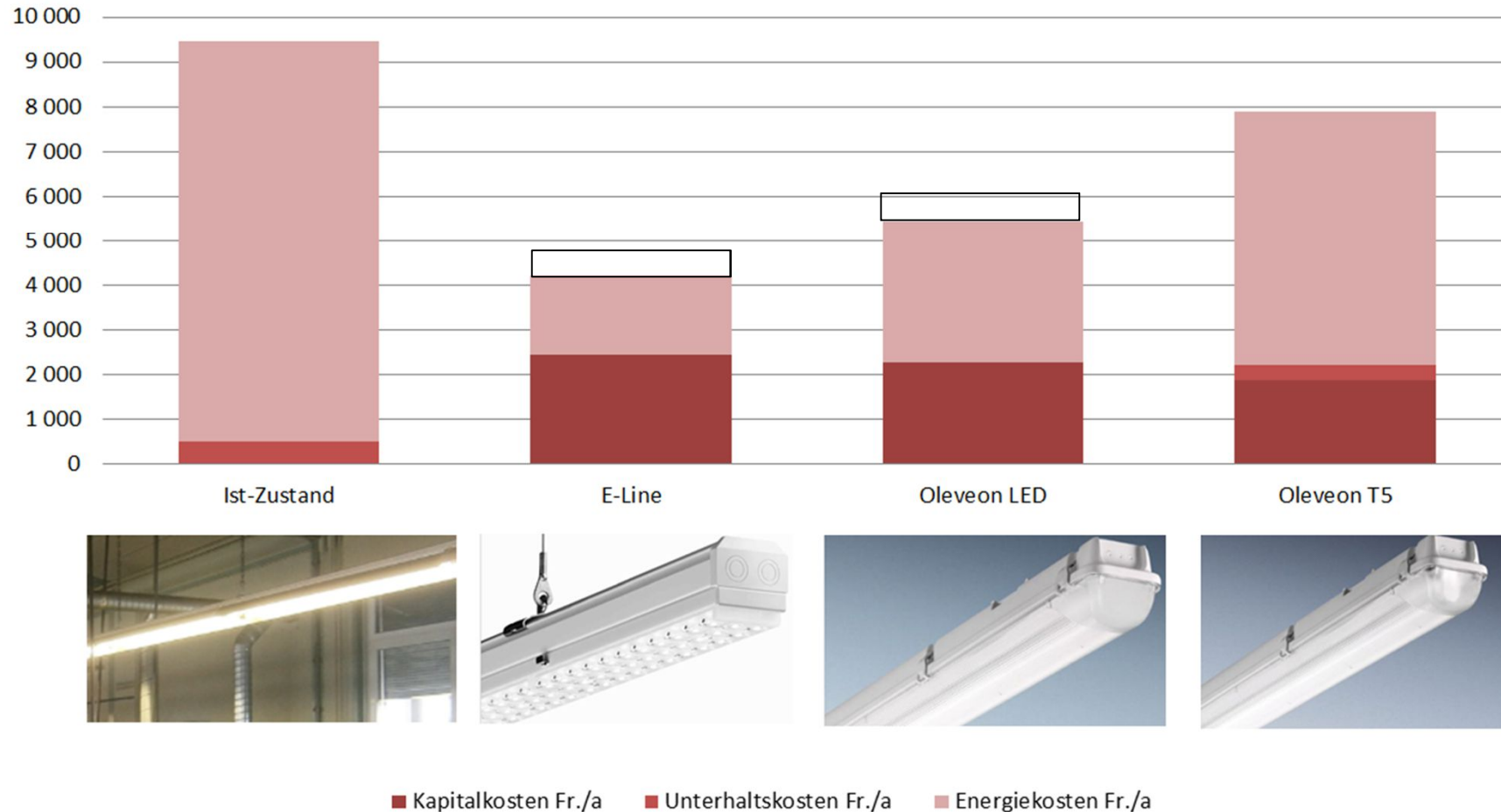


Neue Beleuchtung:

- Varianten: LED oder T5 Leuchtstoffröhren
- gleichmässige, normenkonforme Ausleuchtung der Arbeitsplätze
- Installierte Leistung zwischen 2'690 W und 8'590 W, entspricht einer **Reduktion von bis zu 80% des Stromverbrauchs.**

## III b.) Wirtschaftlichkeit

Gesamtkostenvergleich (Nutzungsdauer 15 a)



### ■ Ersatz mit LED ist wirtschaftlich!

Ausserhalb Schaffhausen ist zusätzlich ein Förderbeitrag möglich (weisses Rechteck).

**VIELEN DANK FÜR IHR  
INTERESSE UND VIEL  
ERFOLG BEIM IHREM  
EFFIZIENZ-PROJEKT**

**ROLF MÄDER**

**ENCONSULT**

Rolf Mäder plant Haustechnik – Rheingoldstrasse 7 – 8200 Schaffhausen – Tel: 052 625 90 44

EnConsult Ingenieure GmbH – Mühlentalstrasse 248 – 8200 Schaffhausen – Tel: 052 624 53 86