

# Abschlussbericht der Stadt Weil am Rhein zum Projekt:

„Bau einer klimaneutralen Feuerwehrwache mit integriertem Betriebshof“, Nr.2009-06



Gefördert durch den Innovationsfonds Klima- und Wasserschutz der badenova AG&Co.KG



Projektnummer:  
Zuwendungsempfänger: Stadt Weil am Rhein



Der Bericht wurde erstellt vom Amt für Gebäudemanagement und Umweltschutz der Stadt Weil am Rhein

Thomas Klug

Telefon: +49-(0)7621-704-333  
Telefax: +49-(0)7621-70455333  
E-mail: t.klug@weil-am-rhein.de

Weil am Rhein, den 11.07.2013

1. Zusammenfassung .....	4
2. Projektbeschreibung, Zusammenfassung .....	4
2.1. Unterschreitung der EnEV-2007 Anforderungen um 30% .....	5
2.2. Wärmeversorgung .....	5
2.3. Stromversorgung / Fotovoltaikanlage .....	6
2.4. Nutzung des Niederschlagswassers als Grauwasser .....	6
2.5. Kontrollierte Lüftungsanlagen .....	6
2.6. Radonsicheres Bauen.....	6
2.7. Beratung und Schulung der Nutzer in Richtung energiesparsames Verhalten	7
2.8. Betriebsphase, Kontrolle des Energieverbrauchs und Vergleich mit den Planungswerten, Ursachenerforschung, Ansätze zur Optimierung. ....	7
2.9. Projektziel: Aufbau des Betriebskonzeptes für ein klimaneutrales Gebäude ...	7
2.9.1. Schritte für den Aufbau eines Qualitätsmanagementsystems .....	7
2.9.2. Qualitätsmanagements während der Bauphase.....	7
2.9.3. Technisches Qualitätsmanagement während der Betriebsphase .....	8
2.9.4. „Menschliches“ Qualitätsmanagement bei der Gebäudenutzung .....	8
3. Qualitätsmanagements während der Bauphase.....	8
3.1. Erstellung eines Anforderungskataloges zur Kontrolle der baulichen Maßnahmen in Zusammenarbeit mit den beteiligten Fachingenieuren .....	8
3.1.1. Überwachungspflichtige Bauteile .....	8
3.1.2. Qualitätssichernde Baubegleitung.....	9
3.1.3. Angewendete Normen.....	10
3.2. Projektvorbereitung, Abstimmung mit allen Beteiligten .....	10
3.3. Laufende Kontrolle und Dokumentation während der Bauphase .....	10
3.4. Auswertung des baulichen Qualitätsmanagement.....	11
3.4.1. Protokoll zur Qualitätskontrolle wärmeübertragender Bauteile.....	11
3.4.2. Berechnungen des Bauphysikers.....	11
3.4.3. Überprüfung der Bauteile auf Luftdichtigkeit .....	11
4. Technisches Qualitätsmanagement während der Betriebsphase.....	12
4.1. Zusammenarbeit mit der Agenda 21 - Gruppe Lahr* .....	13
4.2. Erstellung eines Betriebskonzeptes zur Kontrolle und Überwachung des optimalen Wärmepumpenbetriebes.....	13
4.2.1. Aufbau eines Messprogramms.....	13
4.2.1.1. Einbau von zusätzlichen Zählern .....	13
4.2.2. Hydraulischer Abgleich und Kontrolle der Pumpeneinstellungen .....	13
4.2.3. Optimierung im Trinkwassersystem .....	14
4.3. Auswertung des technischen Qualitätsmanagements .....	14
4.3.1. Betrieb der Wärmepumpenanlage / Warmwasseraufbereitung.....	14
4.3.2. Hydraulischer Abgleich und Einstellung der Heizkreispumpen, Gebäudeleittechnik.....	15
5. „Menschliches“ Qualitätsmanagement bei der Gebäudenutzung .....	15
5.1. Zusammenstellung der energieverbrauchenden Betriebsabläufe und Optimierungskonzept / Analyse der Stromverbraucher .....	15
5.1.1. Optimierung des Druckluftsystems.....	17
5.1.2. Optimierung der Lichtsteuerung .....	17
5.1.3. Schulung der Nutzer zur Optimierung der energetischen Betriebsabläufe.	17
6. Darstellung der Projektergebnisse.....	17
6.1. Baulichen Qualitätsmanagement .....	17
6.2. Technischen Qualitätsmanagements.....	18

6.3.	Schulung der Nutzer .....	18
6.4.	Wie klimaneutral ist der Neubau? .....	19
7.	Öffentlichkeitsarbeit .....	19
8.	Finanzierung.....	19
9.	Anhang .....	20

## 1. Zusammenfassung

Mit der Umsetzung des Energiekonzeptes zur Erstellung einer „klimaneutralen“ Feuerwache hat die Stadt Weil am Rhein ein ambitioniertes Großbauvorhaben abgeschlossen. Um die hohen energetischen Ansprüche auch im späteren Gebäudebetrieb zu erreichen, wurde zum Zeitpunkt der Umsetzung ein Projekt zur Qualitätssicherung mit dem Badenova Innovationsfonds initiiert. Dabei konnten interessante Erkenntnisse bei der Kontrolle und Optimierung der baulichen und technischen Gewerke gewonnen werden die sich auch auf spätere Bauvorhaben übertragen lassen. Neben der Technik spielt auch die Nutzung eine wichtige Rolle. Während die Kontrolle der wärmeübertragenden Bauteile zu guten Ergebnissen geführt hat, sind beim Betrieb der Anlagentechnik noch Aufgaben zu lösen. Mit Hilfe einer verbesserten Warmwasseraufbereitung könnte die Effizienz der Wärmepumpe noch erheblich gesteigert werden. Weiterhin lassen sich im Laufe der kommenden Jahre durch Optimierung der Anlagenparameter noch weitere Einsparungen realisieren. Eine Schulung der Mitarbeiter steht noch aus, soll aber noch nachgeholt werden. Die angestrebte rechnerisch erstellte „Klimaneutralität“, wurde in den ersten beiden Betriebsjahren knapp verfehlt.

## 2. Projektbeschreibung, Zusammenfassung

Die Stadt Weil am Rhein hat in verschiedenen Stadtteilen dezentral stationiert, vier Feuerwachen betrieben, die durch einen Neubau gebündelt werden sollten. Das neue Gebäude sollte sowohl den gestiegenen technischen Anforderungen der Feuerwehren erfüllen und zudem „klimaneutral“ betrieben werden können. Eine weitere Synergie bestand in der Integration des Betriebshofs, um bspw. die Werkstätten im neuen Fuhrpark mit der Feuerwehr gemeinsam zu nutzen.

Mit dem Neubau sollten zugleich fünf energetisch schlechte Altbauten mit hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen ersetzt werden.

Aus einem Architektenwettbewerb ging als Siegermodell ein kompaktes Gebäude des Büros „Drei Architekten“ mit Sitz in Stuttgart hervor. Im energetischen Sinne sah der Entwurf bereits unterschiedliche Nutzungen die in verschiedenen Temperaturzonen anordneten waren, vor (siehe Anhang 1a bis c und 2 bis 7). Die Stadt Weil am Rhein hatte das Ingenieurbüro Fritz im Vorfeld mit einer Studie beauftragt, um das Potential des auf dem Grundstück vorhandenen Grundwasserleiters für den Betrieb einer Grundwasserwärmepumpe zu ermitteln (siehe Anhang 8a). Die Studie kommt zu dem Ergebnis, das bereits in 10m Tiefe mit einer Förderrate von 16 l/s gerechnet werden konnte. Um eine Heizleistung für ein gut gedämmtes Gebäude von ca. 150 kW abzudecken, müssen ca. 10l/s Grundwasser um 3°K abgekühlt werden. Diese erneuerbare Energiequelle wurde in den Wettbewerbsbedingungen als Voraussetzung zur Bereitstellung der Raumwärme den teilnehmenden Architekturbüros vorgegeben. Der von der Jury ausgewählte Entwurf kombinierte eine Grundwasserwärmepumpenanlage mit einer thermischen Solaranlage die gemeinsam den Wärmebedarf decken sollten. Zudem sollte die damals gültige EnEV 2007 um ca. 30 % unterschritten werden. Um eine „Klimaneutralität“ rechnerisch darzustellen, sollten die Strombezüge der Wärmepumpe sowie der restlichen Stromverbrauch mit einer Fotovoltaikanlage kompensiert werden. Dafür sah der Architekturentwurf nach Süden geneigten Sheddächern vor. Um die Qualität der planerischen Zielvorhaben auch in der Praxis

umzusetzen, wurde beim Badenova Innovationsfonds ein Antrag auf Förderung eines Qualitätsmanagement gestellt. Mit diesem Vorhaben sollte auch gleichzeitig versucht werden den Betrieb der verschiedenen elektrischen Anlagen zusammen mit den Nutzern zu optimieren. Angaben zum erwartenden Stromverbrauch konnte der beauftragte Elektroplaner nicht errechnen, da sowohl zu den Geräten als auch zu den Nutzungszeiten keine Angaben vorlagen.

### **2.1. Unterschreitung der EnEV-2007 Anforderungen um 30%**

Der Gebäudeentwurf weist ein optimiertes A/V-Verhältnis auf. Damit lagen bereits gute Voraussetzungen für einen effizienten Wärmeschutz vor. Die Anforderungen, welche durch die der Energieeinsparverordnung 2007 vorgegeben waren, sollen um mind. 30% unterschritten werden. Durch eine hochwertige Dämmung konnte der rechnerisch ermittelte Primärenergiebedarf sogar um 57% unterschritten werden. Der Bedarfsenergieausweis (siehe Anhang 8b) zeigt eine Gesamtenergieeffizienz von ca. 93 kWh/m<sup>2</sup>a. Ein in der Nutzung vergleichbarer Neubau benötigt rund 217 kWh/m<sup>2</sup>a. Dies entspricht einer 57 %-igen Reduzierung des Primärenergiebedarfs.

### **2.2. Wärmeversorgung**

Die Wärmeversorgung der Feuerwache mit Betriebshof sollte durch eine solargestützte Grundwasserwärmepumpenanlage sicher gestellt werden. Ein im südlichen Grundstücksbereich angeordneter Entnahmehrunden sollte das Grundwasser in einen solaren Kombipufferspeicher in den zentralen Technikraum fördern. Eine Rückführung des abgekühlten Grundwassers sollte mittels Schluckbrunnen westlich neben dem Gebäude erfolgen (siehe Anhang 9).

Zur Unterstützung der Wärmepumpenheizung wurde eine thermische Solaranlage eingesetzt. Die Brunnenwassertemperatur sollte durch ein kostengünstiges Niedertemperatursystem (unabgedeckter Absorber) soweit angehoben werden, dass die Leistungszahl der Wärmepumpe erhöht wird. Bei einer durchschnittlichen Erhöhung der Grundwassertemperatur um 4 K sollte sich die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe um 0,4 Punkte verbessern. Dadurch sollte sich die benötigte elektrische Strommenge um rund 7.000 kWh pro Jahr verringern (bei ca. 398,8 MWh Wärmebedarf). Zudem sollte durch die Einbindung einer großflächigen Niedertemperatur-Solaranlage die Brauchwasservorerwärmung unterstützt werden.

Die Heizlast sollte hauptsächlich mittels Flächenheizung (Fußbodenheizung und Deckenstrahlplatten) abgedeckt werden. Die Systemvorlaufemperatur sollte damit auf maximal 42 °C gesenkt werden können und somit der Wärmepumpenanlage eine optimale Arbeitsweise bieten.

Für den Sommerfall war für Teilbereiche (Büro- und Seminarräume) eine die Option zur passiven Kühlung vorgesehen. Hierzu sollte über einen Wärmetauscher die niedrige Grundwassertemperatur an das Flächenheizungssystem übertragen werden.

Im Gebäude sollte kein zentrales Warmwassernetz installiert werden damit eine niedrige Heizsystemtemperatur (42°C) garantiert und unnötige Netzverluste vermieden werden. Das vor allem in den beiden Duschbereichen benötigte Warmwasser sollte über Trinkwasserstationen dezentral durch das Heizungssystem vorerwärmt und abschließend mittels elektrischen Durchlauferhitzern nachgeheizt werden. Als besonde-

re Nutzervorteile dieser Systemlösung wurden eine sehr hohe Warmwasserhygiene (Vermeidung von Legionellen), eine mögliche thermische Desinfektion des gesamten Verteilnetzes sowie niedrige, für die Wärmepumpe vorteilhafte Rücklauftemperaturen genannt. Reine WC-Bereiche sollten keinen Warmwasseranschluss bekommen.

Für die Reinigung der Betriebsfahrzeuge im Fuhrparkgebäude sollte die benötigte Wärme für den Hochdruckreiniger mittels einer eigenen Solaranlage (Flachkollektorsystem) mit Kombispeicher erzeugt werden. Auf eine energetisch aufwendige Elektroerwärmung sollte dadurch verzichtet werden.

### **2.3. Stromversorgung / Fotovoltaikanlage**

Auf der 650 m<sup>2</sup> Sheddachfläche sollte eine 94,6 kWp große Fotovoltaikanlage installiert werden. Damit sollten pro Jahr ca. 50 t CO<sub>2</sub> vermieden werden. Ob sich mit dem solar erzeugten Strom auch der Bedarf für Wärme-, Licht-, und Kraftstrom kompensieren lassen würde, sollte mit Hilfe des Projektes geklärt werden.

### **2.4. Nutzung des Niederschlagswassers als Grauwasser**

Vorgesehen war eine Grauwasseranlage mit Förderpumpe die das Regenwasser in eine unterhalb des Schlauchturms befindliche Zisterne einleiten sollte. Es wurde von einem Wasservolumen von ca. 25 m<sup>3</sup> ausgegangen. Für die ständige Befüllung der Zisterne sollte das Regenwasser von der Dachfläche des Außenlagers sorgen. Sinkt der Zisternenstand zu tief ab, sollte mittels Umschaltung Brunnenwasser zur Garantie des Mindestpegelstandes nachgefüllt (anstelle von Trinkwasser) werden. Die WC- und Urinalbecken sollten mit Wasserspülung ausgeführt werden. Zusätzlich waren noch zwei frostsicheren Außenzapfstellen für die Außenanlagenbewässerung sowie den Über- bzw. Unterflurhydranten zu Reinigungs- und auch Übungszwecken über eine gemeinsame separate Zuleitung über die Grauwasseranlage vorgesehen. Diese Maßnahme sollte zur Verringerung der Kalt- Trinkwassermenge und den Betriebskosten führen.

### **2.5. Kontrollierte Lüftungsanlagen**

Zur Vermeidung von Lüftungswärmeverlusten und zur energieeffizienteren Betriebsweise der Feuerwache mit Betriebshof sollte der Neubau mit kontrollierten Be- und Entlüftungssystemen in den Bereichen Umkleiden/Duschen ausgestattet werden. Diese sollten über eine hocheffiziente Wärmerückgewinnungsanlage, mit der ein Großteil der Wärme der Abluft entzogen und der Zuluft wieder zugeführt wird, betrieben werden.

### **2.6. Radonsicheres Bauen**

In verschiedenen Gebäuden der Stadt Weil am Rhein wurden, meist in Kellerräumen, hohe Radonkonzentrationen gemessen. Als Ursache gilt der Niederterrassenschotter, also radioaktives Grundgestein (z.B. Granit), das aus dem Schwarzwald von der Wiese mitgeführt wird. Radon ist ein instabiles chemisches Element (ein Zerfallsprodukt aus Radium bzw. Uran), welches als Edelgas leicht flüchtig ist und in weitere radioaktive Nuklide unter Abgabe von  $\alpha$ -Strahlung zerfällt. Aufgrund von Studien im Bergbau ist es erwiesen, dass hohe Radonbelastungen die Lungenkrebswahrscheinlichkeit erhöhen. Es soll daher geprüft werden ob geeignete Maßnahmen getroffen werden mussten, um ein Eindringen des Radons in das Gebäude zu ver-

hindern. Dies galt im Besonderen auch für die mechanische Entlüftung der Brunnenschächte sowie der Zisternen- Pumpenkammern.

### **2.7. Beratung und Schulung der Nutzer in Richtung energiesparsames Verhalten**

Für die Heizungs- und Lüftungszwecke verwendeten technischen Anlagen, sollen möglichst Geräte mit hoher Effizienzklasse eingebaut werden. In den Büros und im Schulungsraum sollte die Beleuchtung bei ausreichendem Tageslicht automatisch ausgeschaltet werden. Alle Mitarbeiter sollten zudem in die energiesparsame Nutzung der Geräte eingewiesen werden. Auch das richtige Verhalten beim Heizen und Lüften sollte dabei geschult werden.

### **2.8. Betriebsphase, Kontrolle des Energieverbrauchs und Vergleich mit den Planungswerten, Ursachenerforschung, Ansätze zur Optimierung.**

Die Anlagen sollte auf eine bereits bestehende fernsteuerbare Gebäudeautomation aufgeschaltet und vom städtischen Energiemanagement überwacht werden. Um die Effizienz der Wärmepumpenanlage zu kontrollieren, sollen die Verbrauchszähler ebenfalls automatisiert werden.

### **2.9. Projektziel: Aufbau des Betriebskonzeptes für ein klimaneutrales Gebäude**

Das Gebäude soll mit einem nachhaltigen und nutzerintegrierenden Qualitätsmanagement zu einer klimaneutralen Feuerwehrawache gebracht werden. Um die geplanten Ziele des Energiekonzepts auch zu erreichen, soll dafür ein Qualitätsmanagement für die Bau- und Betriebsphase vorgeschaltet werden. Neben der technischen Kontrolle von Bausubstanz und Anlagentechnik bedarf es auch des sorgsam und umsichtigen Umgangs des Nutzers mit der elektrischen Energie. Die Menge des verbrauchten Stroms, den die Fotovoltaikanlage neutralisiert kann, ist nämlich durch ihre installierte Leistung und der variierenden Jahressonnenstunden begrenzt. Die Integration der vier Teilortfeuerwehrawachen mit dem städtischen Betriebshof lässt ein neues Gebäude entstehen, dessen elektrischer Verbrauch in der Planungsphase nur sehr grob geschätzt werden kann und der sich daher letztendlich an den Betriebsabläufen seiner Nutzer orientieren wird.

#### **2.9.1. Schritte für den Aufbau eines Qualitätsmanagementsystems**

#### **2.9.2. Qualitätsmanagements während der Bauphase**

- 1 Projektvorbereitung, Abstimmung mit allen Beteiligten
- 2 Erstellung eines Anforderungskataloges zur Kontrolle der baulichen Maßnahmen in Zusammenarbeit mit den beteiligten Fachingenieuren
- 3 Laufende Kontrollen und Dokumentation während der Bauphase
- 4 Auswertungen des baulichen Qualitätsmanagement

### **2.9.3. Technisches Qualitätsmanagement während der Betriebsphase**

- 1 Erstellung eines Betriebskonzepts zur Kontrolle und Überwachung des optimalen Wärmepumpenbetriebes (Ergebnisse der Agenda 21 –Gruppe werden berücksichtigt)
- 2 Beginn des Messprogrammes und Optimierung der Anlagenbetriebes der WP
- 3 Auswertungen des technischen Qualitätsmanagements

### **2.9.4. „Menschliches“ Qualitätsmanagement bei der Gebäudenutzung**

- 1 Zusammenstellung der energieverbrauchenden Betriebsabläufe und Optimierungskonzepte
- 2 Schulung des Nutzers zur Umsetzung des optimierten Betriebsablaufkonzeptes / Aufbau Nutzerinfosystem
- 3 Darstellung der Projektergebnisse und Klimaneutralität des Neubaus

## **3. Qualitätsmanagements während der Bauphase**

Durch die Einrichtung eines Qualitätsmanagements sollte geprüft werden ob die in der Planungsphase festgelegten energetischen Standards auch tatsächlich sachgerecht im Detail geplant und im Gebäude eingebaut wurden. Dafür wurde eine Arbeitsgruppe, bestehend aus der ARGE HKR Ingenieurbüro Gerhard Schmid und dem Bauphysiker Ulf Simon gegründet.

### **3.1. Erstellung eines Anforderungskataloges zur Kontrolle der baulichen Maßnahmen in Zusammenarbeit mit den beteiligten Fachingenieuren**

#### **3.1.1. Überwachungspflichtige Bauteile**

Als überwachungspflichtige Bauteile auf der Grundlage des Wärmeschutznachweises sind folgende Bauteile anzusehen:

1. Außenwände alle Typen
2. Innenwände, sofern sie Zonen mit unterschiedlicher Konditionierung trennen
3. Geschoßdecken, sofern sie Zonen mit unterschiedlicher Konditionierung trennen
4. Fußböden beheizter Bereiche, Aufbau und Randabschluss
5. Dächer, alle Typen, Aufbau, Durchdringungen, Anschlüsse
6. Fenster und Türen, Qualität und Anschluss
7. Oberlicht, Qualität und Anschluss
8. Planung wärmebrückenrelevanter Details (stichprobenartige Kontrollrechnung)
9. Luftdichtheitsprüfung / Leckageortung Zonen 2 und 3 im OG\*

\* Sofern eine RLT-Anlage eingebaut wird, kann dies im Zuge der dann ohnehin erforderlichen Luftdichtheitsprüfung nach DIN EN 13829 erfolgen

### **3.1.2. Qualitätssichernde Baubegleitung**

Die Qualitätskontrolle erfolgt primär durch eine qualitätssichernde Baubegleitung. Es sind dabei mindestens zwei Baustellenbegehungen pro überwachungspflichtigen Bauteil zur Feststellung der Ausführungsqualität zu einem geeigneten Zeitpunkt während der Bauausführung nachzuweisen. Bei Maßnahmen, die innerhalb von max. drei Tagen ausgeführt werden, genügt eine Baustellenbegehung. Die qualitätssichernde Baubegleitung kann nur von einer Auftragnehmerin, einem Auftragnehmer durchgeführt werden, die bzw. der nachweislich nicht mit der zur Ausführung beauftragten Firma vertraglich verbunden ist.

Die qualitätssichernde Baubegleitung der Bauausführung und Abnahme der baulichen Maßnahmen ersetzt nicht die grundsätzlich erforderliche Bauüberwachung baulicher Maßnahmen, die weiterhin durch die örtliche Bauleitung, das Architekturbüro Kromer-Piek, durchgeführt werden musste.

Folgend genannte Aufgaben sind durch die qualitätssichernde Baubegleitung zu erfüllen:

- verbindliche Herbeiführung der Termine für die Baustellenbegehungen zum Zweck der Qualitätssicherung in Koordination mit den ausführenden Unternehmen.
- Erstellung eines Protokolls je Baustellenbegehung zur „Feststellung der Ausführungsqualität“ incl. Fotodokumentation.
- Die Grundlage zur Feststellung der Ausführungsqualität bildet das Leistungsverzeichnis mit den dort aufgeführten Normen und Richtlinien.

Folgende Voraussetzungen müssen gegeben sein:

- Je Baustellenbegehung zur „Feststellung der Ausführungsqualität“ müssen die allgemein bauaufsichtlichen Zulassungen (abZ) oder Prüfzeugnisse (abP) von allen eingesetzten Materialien zur Verfügung gestellt werden, die zur Maßnahmen-durchführung benötigt werden.
- Für das jeweilige Bauteil müssen vor Ort gültige Planunterlagen vorgehalten werden.

Die Ergebnisse der qualitätssichernden Baubegleitung sind zu dokumentieren. Diese Dokumentation enthält auch den Nachweis der Unabhängigkeit der Qualitätsprüferin bzw. des Qualitätsprüfers. Eine Mängeliste ist schriftlich festzuhalten.

### 3.1.3. Angewendete Normen

Als Grundlage für die Qualitätskontrolle dienen die zugrunde liegende Normen- und Richtlinien die in der nachfolgenden Tabelle dargestellt sind. Außerdem müssen noch die gesetzlichen Bestimmungen der EnEV bzw. die DIN 18599 beachtet werden. Zum damaligen Zeitpunkt des Bauantrages war das erneuerbare Wärmegegesetz noch nicht in Kraft.

Nichtwohngebäude			
Normen und Richtlinien zur thermischen Bauphysik und Dampfdiffusion, sowie zur energetischen Qualität			
Norm / Richtlinie	regelt	verweist u.a. auf	regelt
DIN 4108-2	Mindestwärmeschutz		
DIN 4108-2	Wärmebrücken	DIN 4108 BBL 2	Wärmebrücken-katalog
		DIN EN 10211	Wärmebrücken psi-Wert
		DIN 13370	Wärmeverluste zum Erdreich
DIN 4108-2	sommerlicher Wärmeschutz		
DIN 4108-3	Dampfdiffusion		
DIN 4108-7	Luftdichtheit		
DIN EN 13829	Luftdichtheitsmessung		
EnEV 2009	energetische Qualität	DIN V 18599 1-10	Berechnung der en. Qualität
		DIN EN ISO 13789	Erfassung der Gebäudeabmessungen
		DIN EN ISO 10077	Fenster
Handwerkerrichtlinien	Details einzelner Gewerke		
(DIN 1946-6)	Lüftungskonzept, nicht bindend, Analogie Wohnbau z.B. für Büros		

Dabei wurde berücksichtigt, dass nur solche Regelwerke ausgewählt wurden, die für die Kontrolle der energetischen Qualität von Nichtwohngebäuden verwendet werden.

### 3.2. Projektvorbereitung, Abstimmung mit allen Beteiligten

Zunächst wurden der Umfang sowie die Art der Prüfung diskutiert. Alle Beteiligten waren sich darüber einig, dass es unter zeitlichen Aspekten nicht möglich sei, alle Gewerke gleich intensiv zu prüfen. Man verständigte sich daher auf eine mit dem Biophysiker abgestimmte Stichprobenprüfung, der jedoch zwei Stufen grundsätzlich vorgeschaltet waren:

- Abstimmung der Qualitätskontrolle mit der Bauleitung (Architekturbüro Kromer/Piek)
- Durchführung einer Unterweisung der Handwerkerfirmen aus den wichtigsten Gewerke durch den Bauphysiker

Die Vorgehensweise hat sich im laufenden Baubetrieb bewährt. Dabei stellte sich heraus, dass durch die umsichtige und stark präsente Bauleitung grobe Baumängel erst gar nicht auftraten (siehe Anhang 25 Fotodokumentation). Die Unterweisung durch den Bauphysiker erwies dagegen als äußerst nützlich, war doch einigen Handwerkern vor Ort der Umgang und die Auswahl der geeigneten Abdichtungsmaterialien oft nicht bekannt.

### 3.3. Laufende Kontrolle und Dokumentation während der Bauphase

Nach der Aufstellung des Anforderungskataloges wurde dieser mit den Beteiligten abgesprochen. Zunächst fand dabei die Sichtung der wesentlichsten Unterlagen statt:

- Werkplanung mit den Detailplänen
- Ausschreibungsverzeichnis mit den geforderten Produkten
- Bauteilkatalog
- Produktdatenblätter

Die Arbeiten wurden wie folgt organisiert:

- Die Bauleitung hat die Qualitätskontrollen in den Bauzeitenplan eingebaut, so dass die Prüfer wussten, wann und welche Prüfung durchgeführt werden soll.
- Das Büro HKR hat die o.g. Unterlagen gesichtet und den Protokolltyp entworfen. Auf dieser Grundlage wurden die Prüfungen durchgeführt.
- Der Bauphysiker unterrichtete bei den wichtigsten Gewerken vor Beginn der Ausführungen die beauftragten Firmen.
- Der Bauphysiker prüfte zum geeigneten Zeitpunkt mit Hilfe von Messungen die Qualität der Ausführung.

Die Beteiligten waren sich einig, dass ein Protokolltyp vorgeschlagen werden sollte, der mit einfachen Mitteln und wenig Zeitaufwand auf der Baustelle verwendet werden kann. HKR entwarf daher ein Protokoll das neben den grundsätzlichen Angaben zum Gewerk nur das Prüfungsergebnis sowie die Unterschriften des Prüfers und beauftragten Fachfirma enthielt. Die Dokumentation erfolgte über digitale Fotos und dazugehörige Bemerkungen des Prüfers. Um die geforderte Qualität der Gewerke mit denen vor Ort vorgefundenen Materialien und Einbausituationen vergleichen zu können, wurden die jeweilig relevanten Auszüge aus dem Bauteilkatalog, den Ausschreibungsunterlagen sowie die notwendigen Produktblätter der Hersteller dem Protokoll aus Anlagen beigefügt.

Die Ausführungspläne der Architekten wurden zusätzlich durch den Bauphysiker kontrolliert. Dabei wurden jedoch nur bauphysikalisch kritisch zu beurteilende Bauteile ausgewählt und für diese rechnerisch kontrolliert ob eine Tauwassergefährdung vorliegt.

### **3.4. Auswertung des baulichen Qualitätsmanagement**

#### **3.4.1. Protokoll zur Qualitätskontrolle wärmeübertragender Bauteile**

Vom 12.10. bis 23.10.2009 wurden die Arbeiten zu den Dachaufbauten durch Herrn Schmidt von der Bürogemeinschaft HKR geprüft. Es lagen keine Beanstandungen vor. Der Zustand des Gewerks wurde mit Fotos belegt (siehe Anhang 10). Der Einbau der Fenster wurde vom 16.10-31.10.2009 begutachtet. Hier bemängelte der Prüfer den Einbau der verwendeten Dichtungsbänder (siehe Anhang 11). In Absprache mit dem Bauphysiker wurde auf ein Protokoll zur Dokumentation der Wänden, Decken und Böden verzichtet und stattdessen die Qualität bei ohnehin stattfindenden vor Ort Prüfung mit begutachtet. Bei diesen Gewerken kam es zu keinen Beanstandungen.

#### **3.4.2. Berechnungen des Biophysikers**

Das Büro für Bauphysik Ulf Simon hat für ausgewählte Bauteile den Wärmeschutz rechnerisch überprüft (siehe Anhang 12). Außerdem wurden die Bauteile auf Tauwasserbildung geprüft und mit Isothermenbildern dokumentiert (siehe Anhang 13). Mit dieser Prüfung konnte die ordnungsgemäße Planung bestätigt werden.

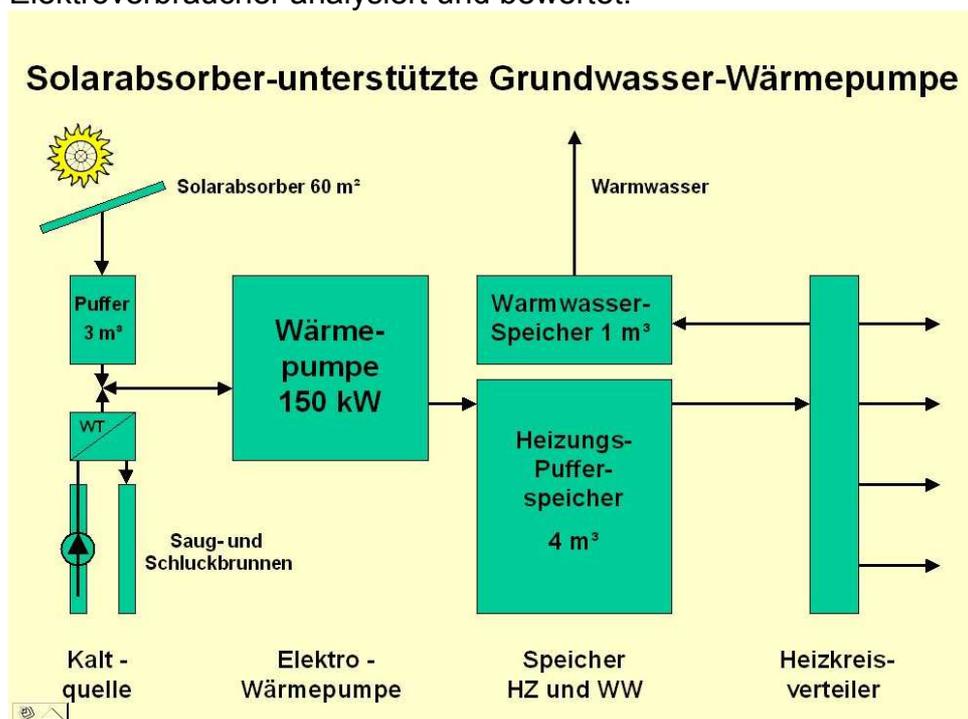
#### **3.4.3. Überprüfung der Bauteile auf Luftdichtigkeit**

Am 09.04.2010 fand eine umfangreiche Leckageprüfung in ausgewählten Räumen statt. Aufgrund des großen Baukörpers (hohe Werkstatträume) und

des damit verbundenen Aufwandes wurde auf einen Blower-Door-Test verzichtet. Dieser wurde zudem auch nicht beim Wärmeschutznachweis in den Berechnungen berücksichtigt. Am 16.02.2010 und am 09.04.2010 wurden vom Büro für Bauphysik U. Simon in zwei repräsentativen Räumen Leckageprüfungen vorgenommen. Um die Luftdichtheit zu überprüfen, wurden zunächst sämtliche offene Aussparungen der Räume abgedichtet. Danach wurde mit Hilfe eines Ventilators ein Unterdruck erzeugt. Mit der Wärmebildkamera und einem Gerät zur Messung von Luftgeschwindigkeiten (Anemometer) wurden die Gewerke untersucht. Dabei hat sich herausgestellt, dass an verschiedenen Stellen die Dichtigkeitsbänder, welche die Dampfsperre des Dachbereichs an der Innenseite der Außenmauer anschliesst, nicht luftdicht verklebt waren. Auch in den Eckbereichen wo Wand und Fenster durch ein Dichtband luftdicht verbunden sind, wurden kleinere Undichtigkeiten nachgewiesen (siehe Anhang 14). Die Befunde wurden durch die Bauleitung an die betroffenen Fachfirmen weitergeben. Daraufhin wurden alle vorkomprimierten Dichtbänder an den Wänden nachgedichtet. Auch der Fensterbauer hat im Bereich der Dichtungsbänder durch Aufbringen von zusätzlichem flüssigem Dichtungsmittel nachgebessert. Eine Kontrolle durch das Büro für Bauphysik hat die Mängelbehebung bestätigt.

#### 4. Technisches Qualitätsmanagement während der Betriebsphase

Beim technischen Qualitätsmanagement lag der Schwerpunkt der Prüfung auf dem Anlagenbetrieb der Grundwasserpumpe und seiner Komponenten. Weiterhin wurden die Heizkreispumpen und der hydraulische Abgleich geprüft. Um die Energieströme der Wärmepumpenanlage und die ihrem Bilanzkreis vorhandenen Komponenten zu erfassen, wurde vom Ingenieurbüro IST-energieplan in Zusammenarbeit mit der Agenda 21 - Gruppe Lahr, begleitet durch Herrn Dr. Auer, ein Messkonzept erarbeitet. Das Büro econzept Energieplanung GmbH kontrollierte den hydraulischen Abgleich sowie die Einstellwerte der Heizkreispumpen. Außerdem hat das Büro econzept Energieplanung GmbH auch die vorhandenen Elektroverbraucher analysiert und bewertet.



Anlagenschema der Wärmepumpenanlagen und ihrer Komponenten. Quelle: Agenda 21 Gruppe Lahr\*<sup>1</sup>

#### **4.1. Zusammenarbeit mit der Agenda 21 - Gruppe Lahr\*<sup>1</sup>**

Parallel zu diesem Projekt förderte der Innovationsfonds der Badenova ein Projekt der Agenda 21 Gruppe Lahr, welches sich mit der Effizienz von Wärmepumpen in Neubauten beschäftigt. Die Agenda Gruppe hatte zuvor bereits Wärmepumpenanlagen in bestehenden Gebäuden untersucht\*<sup>2</sup>.

#### **4.2. Erstellung eines Betriebskonzepts zur Kontrolle und Überwachung des optimalen Wärmepumpenbetriebes**

Bei einem ersten vor Ort Termin wurde der Bilanzkreis zwischen dem Büro ist-energieplan und der Agenda Gruppe besprochen. Es wurde verabredet, dass sämtliche Pumpen die zum direkten Betrieb der Wärmepumpenanlagen und der vorhandenen Heizungs- und Solarpufferspeicher sowie der installierten Elektrostäbe in den Warmwasserbereitern berücksichtigt werden sollten (siehe Abbildung Seite 12). Nicht in den Bilanzkreis gehören die Heizkreispumpen, da diese auch bei einem konventionellen Heizungsbetrieb erforderlich wären.

##### **4.2.1. Aufbau eines Messprogramms**

Nach dem der Bilanzkreis festgelegt wurde, ging es darum die Anzahl der notwendigen Messstellen zu definieren. Eine Liste des Ingenieurbüros ist-energieplan ist im Anhang 15 beigefügt. Gleichzeitig wurde von Dr. Auer ein Messprotokoll angefertigt, in dem die Werte der aufgeführten Zähler monatlich erfasst und zur Auswertung an die Agenda 21 Gruppe zurückgesendet wurden. Die Berechnung und Auswertung der gebildeten Arbeitzahlen sind ebenfalls den beigefügten Bericht der Agenda 21 - Gruppe Lahr zu entnehmen (siehe Anhänge 16 und 17).

##### **4.2.1.1. Einbau von zusätzlichen Zählern**

Um Kosten zu sparen wurden dort wo dies für die Auswertung nicht relevant war, Pumpen zu einer Pumpengruppe zusammengefasst.

##### **4.2.2. Hydraulischer Abgleich und Kontrolle der Pumpeneinstellungen**

Zunächst wurde die Auslegungsberechnungen der Pumpen mit der Einstellung vor Ort übereinstimmt. Dafür wurden die Pumpenkennlinien der Hersteller herangezogen (siehe Anhang 18, Beispiel für die Pumpe P1). Mit der Fa. Econcept Energieplanung GmbH wurde ein Kontrollblatt entwickelt (siehe Anhang 19) mit welchem die Anlagenparameter erfasst und bewertet werden konnten. Von entscheidendem Einfluss ist dabei die einstellbare Förderhöhe, deren Wert die Drehzahl und damit auch die dritte Potenz des Stromverbrauchs beeinflusst.

---

<sup>1</sup> Lokale Agenda 21 – Gruppe Energie der Stadt Lahr (Schwarzwald) Phase 2 „Innovative Wärmepumpensysteme“ des „Feldtests Wärmepumpen“

<sup>2</sup> "Feldtest Elektro-Wärmepumpen" am Oberrhein Phase 1 und 2, Lokale Agenda 21 - Gruppe Energie der Stadt Lahr (Schwarzwald)

### 4.2.3. Optimierung im Trinkwassersystem

Im ursprüngliche Konzept der Warmwasserbereitung war vorgesehen, dass das vom Brunnenwasser bzw. Solarabsorber durch die Wärmepumpe vorerwärmte 45-grätige Brauchwasser für die Duschen des Betriebshofes und der Feuerwehr mit dezentralen elektrischen Durchlauferhitzern auf die notwendige Temperatur nacherhitzt werden soll. Im späteren Projektverlauf wurde zum Leidwesen der Planer die Anzahl der Zapfstellen und Personen erhöht, so dass das Ingenieurbüro ist EnergiePlan GmbH die elektrischen Durchlauferhitzer gegen Warmwasserboiler mit zusätzlichen Elektroheizstäben ersetzt hat. Im späteren Betrieb zeigte sich jedoch, dass das gewählte Nutzerprofil mit den Duschgewohnheiten der Mitarbeiter wenig zu tun hatte. Im Durchschnitt entspricht die verbrauchte Menge des Duschwassers der einen vierköpfigen Familie (ca.70l/Tag). Auch in der Feuerwahl stehen die gewählten Kapazitäten in keinem Vergleich zur verbrauchten Duschwassermenge. Allerdings hängt dort die Personenanzahl auch von der Art und Anzahl der Einsätze ab und ist daher schwerer voraus zu sehen.

## 4.3. Auswertung des technischen Qualitätsmanagements

### 4.3.1. Betrieb der Wärmepumpenanlage / Warmwasseraufbereitung

Im November 2012 legte die Agenda 21 Gruppe Lahr ihren Abschlussbericht<sup>3</sup> zum Betrieb der Wärmepumpenanlage vor. „Die zentrale Grundwasser-Wärmepumpe für die Feuerwache der Stadt Weil am Rhein arbeitete im ersten Betriebsjahr mit einer Jahresarbeitszahl in Höhe von 3,5, einer „ausreichenden“ bis „befriedigenden“ Energieeffizienz. Bei ihr sind 29 % Strom erforderlich, um zusammen mit 71% Wärme aus dem Grundwasser und von der Sonne die Feuerwache zu beheizen. Die Gründe der nur mittelmäßigen Energieeffizienz: Zu hohe und zum Teil notwendige Hilfsenergien für die Förder-, Heizungsumwälz- und Ladepumpen sowie die Legionellenschaltung. Darüber hinaus beeinträchtigen die Energieeffizienz negativ: Der Wärmetauscher auf der kalten Seite der Wärmepumpe, die hohe Vorlauftemperatur für die Heizkörper und die Wärmeverluste der insgesamt 5 m<sup>3</sup> großen Speicher hinter der Wärmepumpe (siehe Anhang 17)“.

Besonders negativ auf den Betrieb der Wärmepumpenanlage wirkte sich die Aufbereitung des Duschwassers aus. Bedingt durch einen monatelangen Ausfalls des Solarabsorbers wurde der größte Teil der Wärme alleine durch die Wärmepumpe produziert. Aber auch der Betrieb des Pufferspeichers und die dafür notwendigen Pumpen verursachen im Sommer im Verhältnis zu dem geringen Warmwasserverbrauch verhältnismäßig hohe Verluste. Aufgrund des niedrigen Bedarfs und auch aus hygienischen Gründen sollte die Anlage auf Frischwasserstationen nach dem Durchflussprinzip und kurzen Leitungswegen („3-Liter-Regel“) umgebaut werden<sup>4</sup> (siehe Anhang 20). Im vergangenen Sommer wurde versucht den Bedarf für die Brauchwassererzeugung von der Wärmepumpenanlage abzukoppeln und diesen nur mit Hilfe der Elektroheizstäbe zu decken. Nach den Auswertungen der Agenda 21 -Gruppe und der Untersuchung durch econzept Energieplanung GmbH energieplan ergeben sich daraus allerdings keine energetischen Vorteile. Der vorhandene So-

<sup>3</sup> Die Energieeffizienz einer solarabsorber-unterstützten Grundwasser – Elektro-Wärmepumpe Nr. 2403 in der Feuerwache der Stadt Weil am Rhein Ein Bericht von Dr. Falk Auer und Herbert Schöte, Lahr (Schwarzwald)

<sup>4</sup> Feuerwache Weil am Rhein Anlagenoptimierung, econzept Energieplanung, 16.05.2013

larabsorber sollte im Sommer, wenn er den höchsten Ertrag liefern kann, seinen Beitrag zur Warmwassererzeugung leisten. Dies konnte im vergangenen Sommer aufgrund einer Leckage nicht erfolgen.

#### **4.3.2. Hydraulischer Abgleich und Einstellung der Heizkreispumpen, Gebäudeleittechnik**

Aus dem Bericht des Büros Econzept Energieplanung GmbH Energieplanung\*<sup>4</sup> (Anhang 20) ist zu entnehmen, dass trotz sorgfältiger Überwachung der Einstellwerte durch den Fachingenieur der hydraulische Abgleich bei einer Heizgruppe nicht durch ein Protokoll nachgewiesen werden konnte. Es empfiehlt sich daher bereits bei der Abnahme mit dem Heizungsbauunternehmen die vorgegebenen Werte vor Ort zu überprüfen.

Die Einstellwerte der einzelnen Heizkreispumpen wurden im vergangenen Winter überprüft und nach Möglichkeit geändert (siehe Anhang 18). Es sollte jedoch über einen längeren Zeitraum gemessen werden, um das Regelverhalten der Heizkreise besser auf den Verbrauch abstimmen zu können.

Die Aufschaltung der Anlage auf die Gebäudeleittechnik hat sich insgesamt betrachtet bewährt. Durch die Visualisierung kann das Anlagenverhalten transparent gemacht und Parameter lassen sich auch von der Ferne aus ändern. Damit besteht jederzeit die Möglichkeit, bspw. Die Heizkurven auf der Verbraucherseite anzupassen. Zudem wurden auch die Wärmemengenzähler aufgeschaltet. Dies erlaubt Rückschlüsse auf die gerade benötigte Leistung und gibt somit frühe Hinweise, ob bspw. eine Über- oder Unterversorgung vorliegt ist.

### **5. „Menschliches“ Qualitätsmanagement bei der Gebäudenutzung**

Das Büro econzept Energieplanung GmbH wurde mit einer Bestandsaufnahme der elektrischen Verbraucher beauftragt\*<sup>5</sup> (siehe Anhänge 21 und 22). Dabei stellte sich heraus, dass nach Durchsicht der Revisionsunterlagen kein vollständiges Verzeichnis mit allen wichtigsten Geräten vorlag.

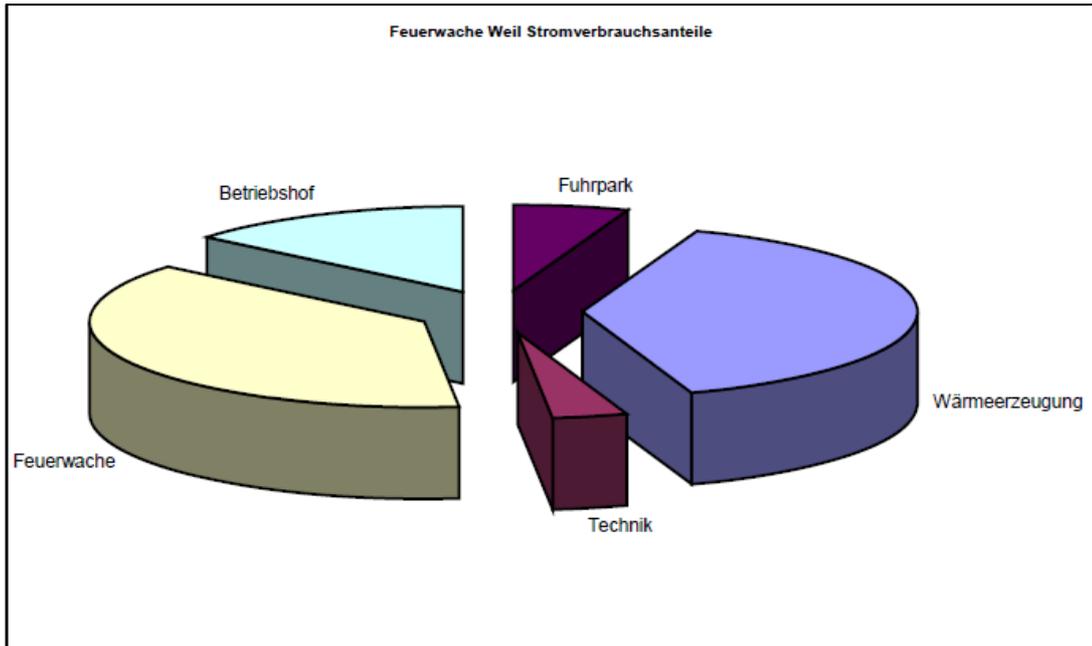
#### **5.1. Zusammenstellung der energieverbrauchenden Betriebsabläufe und Optimierungskonzept / Analyse der Stromverbraucher**

Es fand daher eine Begehung statt bei der gleichzeitig auch die Mitarbeiter zu den Gebrauchsgewohnheiten befragt wurden. Da die technischen Anlagenblätter auch nur unvollständig aus den Akten zu entnehmen waren, mussten einige Angaben über Typ und elektrischen Betriebsweise recherchiert werden. Mit den Angaben der Mitarbeiter wurde daraus ein Gerätecatalog mit dessen Hilfe der Stromverbrauch sehr genau rekonstruiert und mit dem tatsächlichen gemessenen Verbrauch verglichen werden konnte (siehe Anhang 21). Die Auswertung nach nutzungsspezifischen Verbrauchergruppen kam zu dem Schluss, dass die größten Einsparpotentiale primär in den Bereichen Druckluft und Beleuchtungstechnik sowie in den bereits behandelten Bereichen der Wärmepumpe und der Wärmeverteilung vorzufinden sind (siehe Anhang 23 und nachfolgende Abbildungen).

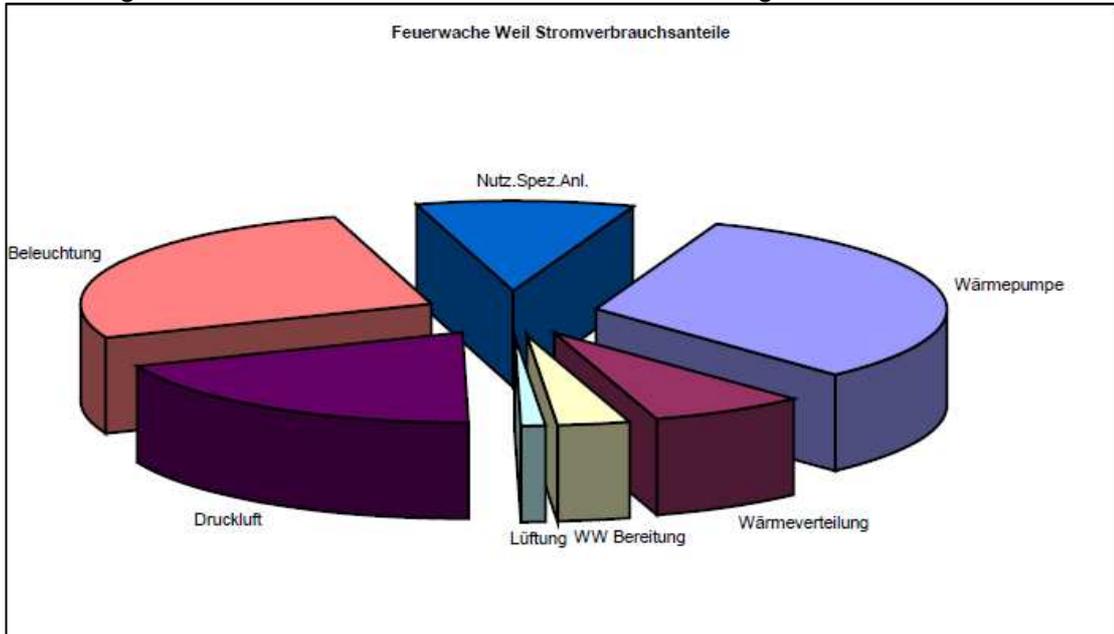
---

5

Ergebnisse und Erkenntnisse aus der Zusammenstellung der technischen Anlagen der Feuerwache Weil am Rhein, GmbH Energieplanung 2011



Aufteilung des Stromverbrauchs auf die einzelnen Nutzungen\*<sup>5</sup>



Aufteilung des Stromverbrauchs nach Gerätegruppen\*<sup>5</sup>

Nutzung	Einsparpotenzial	Einsparpotenzial anteilig vom Gesamtverbrauch
Wärmepumpe	2.500 kWh	3%
Wärmeverteilung	700 kWh	1%
WW Bereitung		
Lüftung		
Druckluft	17.500 kWh	12%
Beleuchtung	7.500 kWh	5%
Nutz. Spez. Anl.		
<b>Gesamt</b>	<b>28.500 kWh</b>	

Energieeinsparpotentiale\*<sup>5</sup>

### **5.1.1. Optimierung des Druckluftsystems**

Den größten Teil des Stroms im Gebäudeteil Feuerwehr benötigte die Druckluft für die Fahrzeuge. Zur Druckerhaltung lief der Kompressor annähernd im Dauerbetrieb, was sich bei einer Leistung von 5,5 kW in einem hohen Verbrauch niederschlug. Nachdem die unterschiedlichen Druckanforderungen der Fahrzeuge mit Hilfe von nachgerüsteten Druckminderungsventilen angepasst werden konnten und auch vorhandene Leckagen verschlossen wurden, konnten die Betriebsstunden von ca. 6.000 auf 1.200 Std. reduziert werden. Außerdem hat sich herausgestellt, dass die in den Werkstätten eingesetzten Schraubenkompressoren für geringe Betriebslaufzeiten nicht ausgelegt und daher sehr störanfällig waren. In der Zwischenzeit wurden sie gegen Kolbenkompressoren, die ein besseres Teillastverhalten aufweisen, ausgetauscht.

### **5.1.2. Optimierung der Lichtsteuerung**

Nach der Druckluft wurde bei den Beleuchtungsanlagen das größte Einsparpotential vorgefunden. Werkstätten und Büros sind mit einflammigen Langfeldleuchten des Typs T 5 mit EVG ausgestattet. Die Lichtsteuerung erfolgt über ein zentrales Bussystem. In den Räumen wird das Licht mit Präsenzmelder mit Lichtsensoren und /oder programmierbaren Lichtschaltern gesteuert. Die langen Flure mit zusätzlichen Oberlichtern waren „überbeleuchtet“ und mit zu wenig Melder zusammenschaltet, so dass anstelle eines Teilbereichs immer der ganze Gang beleuchtet wurde. Da auch noch die Oberlichter zusätzlich mit Leuchten bestückt waren konnte durch Programmierung eine drastische Senkung der Flurbeleuchtung erreicht werden. Probleme mit der Lichtsteuerung bestanden auch lange Zeit in der Feuerwehrrhalle. Obwohl die Feuerwehrrhalle über große Dachlichter verfügt und jeder Teilabschnitt mit Präsenzmelder und Lichtsensoren ausgerüstet ist, brannte sogar im Sommerhalbjahr ständig das Licht. Nach intensiver Fehlersuche wurde eine falsche Aktorenprogrammierung festgestellt. Nach der Fehlerbehebung brennt jetzt selbst im Winter nur noch selten die Deckenbeleuchtung.

### **5.1.3. Schulung der Nutzer zur Optimierung der energetischen Betriebsabläufe**

Bei der Bestandsaufnahme der Elektroverbraucher durch das Büro econzept Energieplanung GmbH hat sich herausgestellt, dass zum damaligen Zeitpunkt keine Bereitschaft für eine Schulung vorhanden war. Dies lag weniger an der Motivation der Mitarbeiter sondern vielmehr daran, dass sich die Mitarbeiter noch mit den neuen Arbeitsplätzen vertraut machen mussten. Es ist vorgesehen, die Schulung zu einem späteren Zeitpunkt nachzuholen.

## **6. Darstellung der Projektergebnisse**

### **6.1. Baulichen Qualitätsmanagement**

Es ist sinnvoll einen Bauphysiker von Anfang in das Projekt einzubeziehen. Bei rechtzeitiger Berücksichtigung im Bauzeitenplan kann mit Hilfe von Handwerkerunterweisungen und gut dokumentierten Stichproben ein hoher Qualitätsstandard erreicht werden. Vor der Abnahme sollte die Luftdichtheit mit einem Blower Door Test nachgewiesen werden. Ist dieser auf Grund eines großen Gebäudevolumens wirtschaftlich nicht darstellbar, so können evt. auftretende Schwachstellen auch mittels einer Leckageprüfung aufgedeckt werden. Die Festlegung der Referenzräume sollten in Absprache mit dem Bauphysiker vorgenommen werden. Die

separate Überprüfung des Wärmeschutznachweise sowie die rechnerische Tauwasserausfallkontrolle haben eine gute Planung bestätigt.

## **6.2. Technischen Qualitätsmanagements**

Beim technischen Gebäudemanagement kommt der vorausschauenden Planung eine große Bedeutung zu, da diese den späteren Anlagenbetrieb maßgebend beeinflusst. Eine Schwierigkeit bestand in der zu großzügig dimensionierten Warmwasseraufbereitungsanlage, die aufgrund von Nutzeranforderungen sich letztendlich negativ auf die Effizienz der Wärmepumpe niedergeschlagen hat. Es empfiehlt sich daher bereits bei der Planung immer wieder nachzuhaken, ob der angemeldete Bedarf auch wirklich im späteren Gebäudebetrieb notwendig ist. Wird eine Wärmepumpe als monovalente Wärmequelle verwendet, kommt der Auslegung der benötigten Anlagenkomponenten, also Puffer und Pumpen, eine besondere Bedeutung zu. Die Einregulierung in der anschließenden Betriebsphase ist im Vergleich zu einem konventionellen Heizungssystem wesentlich umfangreicher. Um sich schrittweise einem optimalen Anlagenbetrieb anzunähern kann der Einsatz von Gebäudeleittechnik hilfreich sein. Auf alle Fälle sollten entsprechende Zählerleinrichtungen eingebaut werden, um die Gesamteffizienz der Anlage jederzeit beurteilen zu können. Hierbei hat sich der methodische Ansatz der Agenda 21 Gruppe Lahr bewährt. Nicht aus den Augen verlieren sollte das Energiemanagement auch die nicht die Heizkreispumpen. Als Dauerläufer verursacht sie immer einen hoher Grundverbrauch.

Die Planung und Beschaffung der speziellen elektrischen Stromverbraucher in den Werkstätten der Feuerwehr und des Betriebshofs hat den Planungsprozess vor spezielle Anforderungen gestellt. Denn einerseits werden spezielle Maschinen und Geräte benötigt und andererseits war es schwierig die Beschaffung an energieeffiziente Kriterien zu binden da es oft für diese Geräte keine Kennzeichnung gab. Letztendlich musste nach dem Einbau eine Bestandsaufnahme erfolgen. Um diesen Schritt zu vermeiden, sollte der Bedarf an elektrischen Maschinen und Geräte sehr frühzeitig bekannt sein und vorher von kompetenter Stelle auf Energieeffizienz, gute Handhabbarkeit und Akzeptanz durch den Nutzer abgestimmt werden. Ein weiteres Problem stellt bspw. die Lichtplanung in Verkehrsflächen da. Diese werden von Planern auf Grund der gängigen Vorschriften (z.B. Fluchtweg) häufig zu stark ausgeleuchtet. Manchmal geben auch gestalterische Akzente den Ausschlag für eine „Überausleuchtung“. Wird auf einen Lichtbus zurückgegriffen, so sollten vorher unbedingt Nutzungsprofile für die einzelnen Räume erstellt werden („was soll im Raum passieren?“). Auch das die Bedienung nur über ausgewiesenes Fachpersonal möglich ist, sollte vorher bedacht werden. Fehlerhafte Einstellungen bleiben sonst nämlich über einen langen Zeitraum erhalten.

## **6.3. Schulung der Nutzer**

Dieses wichtige Thema konnte in diesem Projekt leider nur am Rande behandelt werden. Es ist jedoch unbestreitbar dass durch gezielte Schulung der Nutzer noch weitere Einsparungen erzielt werden können.

#### 6.4. Wie klimaneutral ist der Neubau?

Im Rahmen des Badenova-Innovationsprojektes sollte auch eine Antwort auf die Frage ob der solar erzeugte Strom ausreicht, um den Bedarf für Heiz-, Licht-, und Kraftstrom zu kompensieren, gegeben werden. Diese Betrachtung ist jedoch theoretischer Natur, da Stromverbrauch und Stromerzeugung weder vom Zeitpunkt noch in der erforderlichen Menge deckungsgleich zur Verfügung stehen. Es wurden daher nur die erzeugten bzw. verbrauchten Jahressummen gegeneinander bilanziert.

Stellt man die Aufwendungen für den eingekauften Strom dem des solar erzeugten Stroms für die Jahre 2011 und 2012 gegenüber erhält man folgendes Bild:

	2011	2012
Verbraucher Strom:	- 141.000 kWh	- 125.842 kWh
Erzeugter Strom PV-Anlage:	+ 115.000 kWh	+ 103.400 kWh
Defizit	- 26.000 kWh	- 22.442 kWh

Gegenüber dem Jahr 2011 konnte die Gesamtbilanz 2012 durch die Ausschöpfung der beschriebenen Energiesparmaßnahmen stark verbessert werden. Ob das neue Gebäude in der Summe „klimaneutral“ betrieben werden kann, liegt neben der weiteren Optimierung auch an den solaren Erträgen der kommenden Jahre.

#### 7. Öffentlichkeitsarbeit

Das Projekt wurde zu verschiedenen Anlässen bspw. beim Richtfest oder beim Tag der offenen Tür einem breiteren Publikum vorgestellt. Dafür wurde eine Projekttafel angefertigt (siehe Anhang 24). Es fanden zudem an mehreren Terminen Führungen und Vorträge zum Energiekonzept statt, die allerdings an das Fachpublikum gerichtet waren und somit nicht öffentlich publiziert wurden.

#### 8. Finanzierung

Gegenüber dem Antrag wurden Mittel in Höhe von 15.095 € weniger benötigt. Dabei lagen die Ausgaben für die Messtechnik mit 10.837 € unter dem veranschlagten Budgetrahmen in Höhe von 23.000 € (siehe Anlage).

## 9. Anhang

- Anhang 1a bis 1c Planungsentwürfe Feuerwache Betriebshof, 3 Architekten, Stuttgart
- Anhang 2 bis 7, Baugesuchpläne, 3 Architekten, Stuttgart
- Anhang 8a, Geothermiegutachten, Fritz Planung GmbH
- Anhang 8b, Energieausweis
- Anhang 9, Anlageschema
- Anhang 10, Prüfungsprotokoll Dachgewerke
- Anhang 11, Prüfungsprotokoll Fenster
- Anhang 12, Überprüfung des Wärmeschutznachweises, Büro Bauphysik Simon
- Anhang 13, Überprüfung Tauwassergefährdung, Büro Bauphysik Simon
- Anhang 14, Leckageprotokoll, Büro Bauphysik Simon
- Anhang 15, Messstellenaufstellung, ist-Energieplan, T. Bethe
- Anhang 16, Monatsprotokoll zur Verbrauchsdatenerfassung der Wärmepumpe, Agenda 21, Gruppe Lahr
- Anhang 17, Abschlussbericht Wärmepumpe, Agenda 21, Gruppe Lahr
- Anhang 18, Beispiel für die Pumpenkennlinie P1 MAGNA 25-60, Fa. Grundfos
- Anhang 19, Formular zu Optimierung von Heizkreispumpen, Fa. Econzept Energieplanung GmbH
- Anhang 20, Bericht zur Anlagenoptimierung, Fa. Econzept Energieplanung GmbH
- Anhang 21, Bestandsaufnahmeprotokoll Stromverbraucher, Fa. Econzept Energieplanung GmbH
- Anhang 22, Bestandsaufnahmeprotokoll Wärmeerzeugung, Fa. Econzept Energieplanung GmbH
- Anhang 23, Zusammenfassung Energiesparpotentiale, Fa. Econzept Energieplanung GmbH
- Anhang 24, Poster Richtfest, ist-Energieplan, T. Bethe
- Anhang 25, Fotodokumentation
- Anhang 26, Abrechnung
- Anhang 27, Abrechnung, Stundennachweis
- Anhang 28, Belegnummern 1-5
- Anhang 29, Belegnummern 6,7,9 und 10
- Anhang 30, Belegnummer 8