

Kath. Kirchengemeinde Gräfendorf

**„Weitgehend CO<sub>2</sub>-neutrale Beheizung der Nachkriegskirche Gräfendorf  
mittels innovativer solarer Beheizung inkl. der umsetzungsrelevanten  
Planungsleistungen, Monitoring und Dokumentation“**

Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt,  
gefördert unter dem Az: 27917/25 von der  
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Verfasser:  
Dipl.-Ing. Werner Haase, Architekt

Architekturbüro Werner Haase, Karlstadt  
Julius-Echter-Straße 59  
97753 Karlstadt  
Tel.: 09353 – 9828-0 Fax: 09353 - 6375  
info@arch-haase-karlstadt.de



Gräfendorf, November 2013

Bezugsquelle:  
Deutsche Bundesstiftung Umwelt  
Osnabrück

**Projektkennblatt**  
der  
**Deutschen Bundesstiftung Umwelt**



Az	<b>27917</b>	Referat	<b>25</b>	Fördersumme	<b>120.000</b>
----	--------------	---------	-----------	-------------	----------------

**Antragstitel** **Weitgehende CO<sub>2</sub>-neutrale Sanierung der Nachkriegskirche Gräfendorf mittels innovativer solarer Beheizung inkl. der umsetzungsrelevanten Planungsleistungen, Monitoring und Dokumentation**

**Stichworte**

Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)
<b>3 Jahre</b>	<b>13.10.2009</b>	<b>12.10.2012</b>	

Abschlussbericht

<b>Bewilligungsempfänger</b>	Kath. Kirchenstiftung Gräfendorf vertr. d. Herrn Pfarrer Peter Rüb Kirchweg 10 97782 Gräfendorf	Tel	09357-261
	Projektbeauftragter: Kirchenpfleger Johannes Wagenpfahl Burgsinner Str. 12, 97782 Gräfendorf Tel.: 09357 867	Fax	
		Projektleitung Architekturbüro W. Haase	Bearbeiter W. Haase

**Kooperationspartner** Architekturbüro Werner Haase  
Julius-Echter-Str. 59  
97753 Karlstadt

***Zielsetzung und Anlaß des Vorhabens***

Die Schutzengelkirche Gräfendorf erlitt 2003 einen Hochwasserschaden, bei dem der Holzfußboden der Kirche und die unterirdisch verlaufenden Lüftungsleitungen zerstört bzw. massiv beschädigt wurden. Die Kirche selbst ist eine Nachkriegskirche von 1966, die damals als Teil eines Gemeindezentrums neu errichtet wurde. Auf Grund des Schadens gab es Überlegungen die Kirche schlimmstenfalls abzureißen und durch eine Kapelle zu ersetzen. Ein Abbruch der Kirche hätte jedoch die Vernichtung der vorhandenen Bausubstanz trotz hoher Restlebensdauer, Verlust des Gestühles für 350 Kirchenbesucher, Verlust der Wandmalerei und weiterer Ausstattungsgegenstände bedeutet. Viele Gemeindemitglieder oder ihre Vorfahren haben den damaligen Bau mitfinanziert oder Eigenleistungen eingebracht und würden die Aufgabe der Kirche nicht verstehen. Weiterhin hätte ein Neubau Kosten von mehr als 1 Mio. € verursacht und die weiteren Gebäude wie Pfarrbüro, Pfarrhaus, Pfarrheim und ehemaliger Kindergarten, jetzt Gemeindehaus in Frage gestellt. Das Pfarrzentrum wäre insgesamt zerstört worden.

Die Kirchenverwaltung entschied sich für den Erhalt der Kirche in Verbindung mit einer energetischen Sanierung, die wiederum ein CO<sub>2</sub>-freies, möglichst solar betriebenes Heizungssystem erhalten sollte. Weiterhin sollten die Kosten möglichst in Reparatur- und Unterhaltskosten niedriger liegen, als bei einem vergleichbaren Neubau.

Nach Auffassung der Pfarrgemeinde und der Kirchenverwaltung sollte bei der Kirchensanierung der Wahlspruch der Kirche „Schöpfung bewahren“ in die Praxis umgesetzt werden. Die Kirche sollte dahingehend ein Pilotobjekt sein, welches möglichst keine fossilen Energieverbräuche mehr hat, dabei gleichzeitig der bestmögliche Umweltschutz erreicht wird und darüber hinaus der Kirchengemeinde den bezahlbaren Heizbetrieb einer großen Kirche ermöglicht. Dies vor allen Dingen durch den vermiedenen Abbruch, die weiterhin genutzte Inneneinrichtung, Ausstattung und Orgel sowie durch möglichst solaren Heizbetrieb.

Durch die Erkenntnisse aus der Projektentwicklung wurden die peripheren Gebäude wie Sakristei, Pfarrbüro, Pfarrhaus, Pfarrheim und ehemaliger Kindergarten in das Heizsystem mit aufgenommen und

parallel zur Wärmepumpen-Heizung der Kirche mit einer Pelletkesselanlage versehen. Hierbei wiederum wird der Betrieb so gefahren, dass die Kirche nur bei unbedingtem Bedarf aus der Pelletkesselanlage hilfsweise Wärme bekommt, die peripheren Gebäude jedoch eventuelle Überschusswärme, zum Beispiel aus den Hybridkollektoren, für WW im ehemaligen Pfarrhaus nutzen können. In der Verbrauchsmessung werden die Energiemengen der einzelnen Verbraucher und deren Quelle erfasst.

Insgesamt werden keine fossilen Energieträger für die Beheizung des Kirchenzentrums verwendet. Nachträglich hat die Kirchengemeinde eine PV-Anlage mit 46 kWp auf dem Kirchendach installiert. Dadurch wird der gesamte Stromverbrauch für die Wärmepumpe, Beleuchtung, aber auch aller Strom der peripheren Gebäude durch die ca. 50.000 kWh/a aus der PV abgedeckt.

### ***Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden***

2005 wurde ein Sanierungskonzept entwickelt, welches bei einem Umweltwettbewerb durch E.on mit einem Preisgeld von 20.000 € bedacht wurde. Hiermit wurden erste Planungsüberlegungen vertieft, die jedoch nicht ausreichten, um das Bischöfliche Bauamt, Würzburg zu überzeugen. Dafür waren umfangreiche, weitere Untersuchungen notwendig.

Durch Fördermittel der DBU, bewilligt am 14.07.2006 mit dem AZ: 24915/25, konnte die energetische Gesamtplanung auf solarer Basis durchgeführt werden.

Die Umsetzung der Planung drohte durch Widerspruch bzw. zu geringer Zuschussbewilligung von Seiten des Bistums zu scheitern. Durch das Engagement der Kirchenverwaltung und besonders der Herren Pfarrer Peter Rüb und Kirchenpfleger Johannes Wagenpahl in Zusammenarbeit mit Herrn Architekt Werner Haase wurde der unbequeme Weg der Planungs- und Bauumsetzung weiter verfolgt. Weiterhin ergab sich aus den Planungen, dass es widersprüchlich gewesen wäre, die Kirche zwar solar zu beheizen, jedoch das Pfarrhaus, den Verwaltungsbereich der Kirche und die für gemeindliche Zwecke genutzten Versammlungsräume weiterhin mit Öl zu beheizen. Daher wurde das energetische Konzept ausgeweitet. Die Lösung ist nun, dass die Kirche eine eigenständige Solarheizung hat, (die gesondert vermessen wird), die weiteren Gebäude werden vorrangig durch einen Pelletkessel beheizt, der wiederum die Redundanz für die Kirchenheizung bedeutet. Im Sommerbetrieb wird das WW für die nichtkirchlichen Gebäuden durch die Solarkollektoren der Kirche weitgehend gedeckt.

Zur Umsetzung dieses innovativen Heizungskonzeptes inkl. der zusätzlichen Kosten für die ursprünglich nicht geplante regenerative Beheizung der zusätzlichen Gebäude sowie zur Absicherung der zusätzlichen Planungsleistungen, Simulationen und zusätzlicher Steuerungstechnik war die zweite Bewilligung durch die DBU mit dem AZ: 27917/25 – „Weitgehend CO<sub>2</sub>-neutrale Sanierung der Nachkriegskirche Gräfendorf mittels innovativer solarer Beheizung inkl. der umsetzungsrelevanten Planungsleistungen, Monitoring und Dokumentation“ eine hilfreiche Förderung zur Umsetzung des Gesamtkonzeptes. Nur dadurch war die Umsetzung des regenerativen Heizsystems umfänglich möglich.

## ***Ergebnisse und Diskussion***

Es ist durchaus möglich und sinnvoll zeitweise genutzte große Gebäude mit einer Kombination aus WP und PV-Strom zu betreiben. Hierbei ist es sinnvoll tagsüber gewonnene thermische Energie in Verbindung mit PV-Strom für die Nacht zu speichern. Weiterhin kann durch die Verbindung von Wärmedämmmaßnahmen mit hocheffizienter Energietechnik in Form von WP mit möglichst hoher Einbindung von Umweltenergien eine sehr starke Betriebskostenabsenkung erreicht werden. Im Gesamtsystem können sowohl die Strom- als auch Heizkosten durch Einbindung einer entsprechend großen PV-Anlage verhindert werden bzw. sogar eine CO<sub>2</sub>-Senke geschaffen werden.

x

Die Kirche selbst hat sehr stark an Nutzungsqualität gewonnen, da nicht mehr mit untersten Mindesttemperaturen gearbeitet werden muss, was einige Besucher störte bzw. sie vom Besuch der Kirche abhielten. Es können zusätzliche Chorproben, Orgelspiel oder weitere Kirchennutzungen problemlos stattfinden, ohne dass dafür Stunden vorher allmählich mit hohem Aufwand aufgeheizt werden müsste. Durch die Wärmedämmung außen ist das voluminöse Mauerwerk zu einem ausgleichenden Wärmespeicher geworden, der nicht mehr kalte Fallwinde hervorruft und Luftfeuchtigkeitsschwankungen kompensieren kann.

x

Durch die Maßnahme ist der dauerhafte Erhalt der Kirche gesichert, da sie nun nicht mehr aus wirtschaftlichen Gründen abgerissen werden muss. Sie kann außerdem „zu groß“ sein, da sie deshalb keine tragbaren Mehrkosten verursacht. Durch den Erhalt wurden bedeutende finanzielle Mittel erhalten und die Umwelt von einer bedeutenden Schuttmenge bewahrt. Es wäre städtebaulich sehr unpassend, wenn das kirchliche Gemeindezentrum keine Kirche mehr gehabt hätte.

x

Es gibt Verbesserungspotentiale im Bereich der Regelung. Ebenso werden sich die Werte noch einmal stark verbessern, wenn die Fläche der thermischen Hybridkollektoren mit derzeit 45 m<sup>2</sup> z. B. 60 m<sup>2</sup> groß wäre. Dies würde dauerhaft WP-Strom reduzieren und die peripheren Gebäude hätten davon einen noch größeren Nutzen.

x

x

## ***Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation***

Obwohl es ursprünglich eine ablehnende Haltung gegenüber dieser Art der Kirchensanierung von Seiten des Bischöflichen Bauamtes gab, gibt es jetzt immer mehr interessierte Nachfragen und Besucher. Des Weiteren wurden in kirchlichen Zeitschriften Berichte über die „Solarkirche“ unter dem Titel „Schöpfung bewahren“ abgedruckt und somit bundesweit veröffentlicht. In Vorträgen und bei Treffen von kirchlichen Energieberatern sowie an der Fachhochschule Schweinfurt wurde die Gräfendorfer Kirche mehrfach präsentiert; ebenso bei Veranstaltungen der DBU, KfW und Umweltschulungskreisen.

x

## ***Fazit***

Die Schutzengelkirche Gräfendorf zeigt sehr deutlich, dass ein Zusammenspiel aus thermischen Kollektor, WP, Steuerungstechnik, Pufferung und Nutzung von Photovoltaik es durchaus erlauben, Gebäude weitgehend ohne Verbrennungsvorgänge zu betreiben. Auf diesem Gebiet sollte dringend weiter gearbeitet werden, da die Kombination aus thermischen und photovoltaischen Kollektoren einen sehr hohen Grad der Energiegewinnung und – Nutzung aus Sonnenenergie (kostenlos geliefert) ermöglicht.

xxx

x

# INHALTSVERZEICHNIS

Verzeichnis von Bildern, Zeichnungen, Grafiken und Tabellen	Seite 7
Verzeichnis von Begriffen, Abkürzungen und Definitionen	Seite 8
<b>A ZUSAMMENFASSUNG</b>	Seite 10
<b>B EINLEITUNG</b>	Seite 13
<b>C HAUPTTEIL</b>	Seite 18
<b>1. Darstellung der einzelnen Arbeitsschritte</b>	Seite 18
<b>2. Diskussion der Ergebnisse</b>	Seite 22
<b>3. Ökologische, technologische und ökonomische Bewertung</b>	Seite 27
<b>4. Maßnahmen zur Verbreitung der Vorhabensergebnisse</b>	Seite 30
<b>D FAZIT</b>	Seite 31

## Verzeichnis von Bildern, Zeichnungen, Grafiken und Tabellen

### Abbildungsverzeichnis

- [Bild 1] PV-Anlage auf dem Kirchendach, Arch.-Büro Werner Haase
- [Bild 2] Lageplan (Auszug Katasterplan), Arch.-Büro Werner Haase
- [Bild 3] Grundriss (ohne Maßstab), Arch.-Büro Werner Haase
- [Bild 4] Schemaschnitt Bauteildämmung im Bereich Wand/Dach/Fenster, Arch.-Büro Werner Haase
- [Bild 5] Außendämmung 20cm Mineralschaum, Arch.-Büro Werner Haase
- [Bild 6] nachträgliche Dämmung der Dachkonstruktion auf der Rauminnenseite, Arch.-Büro Werner Haase
- [Bild 7] Kircheninnenraum nach der Sanierung, Arch.-Büro Werner Haase
- [Bild 8] Online-Heizungsschema, Fa. Ratiotherm
- [Bild 9] Hybrid-Kollektoranlage mit Luft-Wärme-Pumpe Arch.-Büro Werner Haase
- [Bild 10] Zählerstände, Fa. Ratiotherm
- [Bild 11] Temperaturwerte Kollektoranlage u. Schichtspeicher, Quelle: Fa. Ratiotherm
- [Bild 12] Temperaturwerte Kollektoranlage u. Schichtspeicher, Quelle: Fa. Ratiotherm
- [Bild 13] Raumfeuchte und Temperatur, Quelle: Fa. Ratiotherm
- [Bild 14] Dachintegrierte PV-Anlage bei einem EFH in Eußenheim, Arch.-Büro Werner Haase
- [Bild 15] Anteil der Umweltwärme, Arch.-Büro Werner Haase
- [Bild 16] Kircheninnenraum, Arch.-Büro Werner Haase

## Verzeichnis von Begriffen, Abkürzungen und Definitionen

Begriffsdefinitionen gemäß Energieausweis nach EnEV:

### **Primärenergiebedarf**

Der Primärenergiebedarf bildet die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes ab. Er berücksichtigt neben der Endenergie auch die so genannte „Vorkette“ (Erkundung, Gewinnung, Verteilung, Umwandlung) der jeweils eingesetzten Energieträger (z.B. Heizöl, Gas, Strom, erneuerbare Energien etc.). Kleine Werte signalisieren einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz und eine die Ressourcen und die Umwelt schonende Energienutzung.

### **Endenergiebedarf**

Die Endenergie gibt die nach technischen Regeln berechnete, jährlich benötigte Energiemenge für Heizung, Warmwasser, eingebaute Beleuchtung, Lüftung und Kühlung an. Er wird unter Standardklima- und Standardnutzungsbedingungen errechnet und ist ein Maß für die Energieeffizienz eines Gebäudes und seiner Anlagentechnik. Der Endenergiebedarf ist die Energiemenge, die dem Gebäude bei standardisierten Bedingungen unter Berücksichtigung der Energieverluste zugeführt werden muss, damit die standardisierten Innentemperatur, der Warmwasserbedarf, die notwendige Lüftung und eingebaute Beleuchtung sichergestellt werden können. Kleine Werte signalisieren einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz.

### **Nutzenergie**

Die Energie, die tatsächlich genutzt werden kann, z.B. in Form von Wärme, die von den Heizflächen abgegeben wird. Weil aber bei der Verbrennung im Heizkessel und bei der Wärmeverteilung durch Heizungsrohre im Haus Verluste entstehen, ist die Nutzenergie kleiner als die Endenergie. Diese Verluste können bei alten Heizungen bis zu 50 % betragen und bei modernen Heizungen bis unter 10 % reduziert werden.

### **Heizwärmebedarf**

Der Jahresheizwärmebedarf eines Gebäudes errechnet sich aus den Transmissionswärmeverlusten durch z. B. Wände, Fenster, Böden und Dächer und dem Lüftungswärmeverlust, vermindert um die solaren Gewinne und die internen Wärmegewinne. Bezieht man diesen Jahresheizwärmebedarf auf die beheizbare Fläche, so erhält man die Energiekennzahl „Heizwärmebedarf pro m<sup>2</sup> und Jahr“.

## Abkürzungen:

kWh	Kilowattstunde
MWh	Megawattstunde
BRI	Brutto-Rauminhalt
BGF	Brutto-Grundfläche
NGF	Netto-Grundfläche
VF	Verkehrsfläche
FF	Funktionsfläche
HNF	Hauptnutzfläche
NNF	Nebennutzfläche
A/V-Verhältnis	Verhältnis von Gebäudehüllfläche A zu Brutto-Gebäudevolumen V
P	Person/Besucher
EnEV	Energieeinsparverordnung
WLG	Wärmeleitfähigkeitsgruppe
BHKW	Blockheizkraftwerk
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau

## Zusammenfassung

In der Zeit von April 2006 bis September 2009 wurde unter dem AZ: 24915/25 die „Modellhafte energetische Sanierungsplanung einer typischen Nachkriegskirche“ erarbeitet und in einem Abschlussbericht dargestellt.

Dieser Bericht befasste sich ausschließlich mit den baulichen Problemen der Kirche und ihrer Generalsanierung in Verbindung mit regenerativer Beheizung. Als Ergebnis wurde jedoch festgestellt, dass die Kirche nicht isoliert für sich betrachtet werden sollte, sondern die zum Kirchenzentrum dazugehörigen Gebäude, wie Pfarrhaus, Sakristei, Pfarrbüro und Pfarrheim mit Veranstaltungsräumen, in die Gesamtbetrachtung einbezogen werden müssen. Es wäre kontraproduktiv, wenn die Kirche auf CO<sub>2</sub>-Null reduziert wäre und die damit zusammenhängenden Gebäude weiterhin fossil beheizt würden. Aus diesem Grunde wurden in der Umsetzungsplanung die Gesamtimmobilie energetisch betrachtet und mit einer Heizzentrale versorgt.

Hier wiederum wurde die Technik dahingehend geplant und ausgeführt, dass das Kirchengebäude selbst mit Luft-Wasser-Wärmepumpe in Verbindung mit einem Hybrid-Solarkollektor und einem Schichtspeicher zum Ausgleich von Leistungsspitzen betrieben wird. Parallel dazu gibt es einen Pelletkessel mit den üblichen Pufferspeichern, der die Nichtkirchengebäude beheizt.

Der Pelletkessel dient gleichzeitig als Redundanz für die Kirchenheizung auf WP-Basis. Es soll jedoch durch eine Vermessung der Energieströme die Anlage so gefahren werden, als wenn es für die Kirche den Pelletkessel nicht gäbe. Gleichzeitig wird jedoch der Solarkollektorertrag im Sommer bzw. bei Energieüberschuss, der nicht in der Kirche gebraucht wird, für WW bzw. Heizzwecke in den Nichtkirchengebäuden verwendet. Auch diese Werte werden vermessen. Es ist anzunehmen, dass ein eventueller Bedarf der Kirche aus der Pelletkesselwärme im Sommer sozusagen „zurückgeliefert“ werden kann.

Diese Bewertung der Energieverbräuche läuft in vereinfachter Form seit Anfang 2012. Ableseergebnis vom 08.05.2012 – 20.04.2013 (ca. 1 Jahr).

Eine wichtige Erkenntnis ist hieraus, dass die Annahme nur ca. 4.500 – 5.000 kWh/a WP-Strom für die Beheizung der strikt sparsam zu betreibenden Kirche, d. h. Mindesttemperatur im Winter +8°C, Aufheizung für Gottesdienste auf +12°C dadurch hinfällig wurde, da man jetzt die „warme“ Kirche zu schätzen lernt und durchgängig Temperaturen im Winter von 15°C betreibt. Im ersten Jahr war die WP in Teilbereichen des Betriebes falsch geregelt und die Temperaturen in der Kirche über längere Zeit viel zu hoch eingestellt. In diesem Zeitraum wurden inkl. Strom für Beleuchtung etc. 14.600 kWh benötigt.

Mittlerweile wurden Steuerungsparameter verbessert und die WP-Betriebszeiten optimiert und das Speichermanagement verbessert. Das Ergebnis ist, dass die Stromabrechnung 2012/2013 auf 8.160 kWh gesunken ist. Derzeit wird noch weiter optimiert, sodass für die Zukunft ein Verbrauch von ca. 7.000 kWh/a angenommen werden kann.

Der Vorteil davon ist, dass die Kirche gewissermaßen jeder Zeit genutzt werden kann. Chorproben, Orgelproben sind jederzeit möglich. Und die Praxis der früheren sogenannten „Winterkirche“ (Werktagsgottesdienste fanden in der Sakristei statt, um Heizkosten in der großen Kirche einzusparen bzw. nicht in kalten Fallwinden sitzen zu müssen) ist nicht mehr notwendig.

Die Kirchengemeinde hatte bisher eine kleine PV-Anlage mit ca. 3 kWp, die in der Bilanz einen Großteil der geplanten ca. 4.500 kWh WP-Strom ausgleichen konnte. In der Zwischenzeit wurde Ende 2012 eine 46 kWp PV-Anlage auf dem nach Süd gerichteten Kirchendach installiert mit einem jährlichen Ertrag von ca. 50.000 kWh Strom. Diese Anlage war bis 2012 immer abgelehnt worden. Die Kirche erzielt dadurch einen sehr hohen Stromüberschuss. Diese PV-Anlage ist nicht Gegenstand des Förderantrages bzw. der Gesamtplanung. Die Konzeption des Energiekonzeptes ist bewusst davon ausgegangen, dass das Kirchendach nicht mit PV belegt wird, da dies nicht die Grundsatzentscheidung für CO<sub>2</sub>-freie Kirchenbeheizung belasten sollte. Es führt jedoch in der Gesamtschau dazu, dass ca. 53.000 kWh/a PV-Strom erzeugt wird und weniger als 10.000 kWh/a WP-Strom verbraucht werden. Nach Abzug des weiterhin in der Gesamtanlage verbrauchten Stromes ergibt sich ein Stromüberschuss von ca. 30.000-35.000 kWh/a. Somit gibt es einen bedeutenden Stromüberschuss, trotz „strombeheizter“ Kirche. Nachdem der Spitzenkessel für die zusätzlichen Gebäude mit Holzpellet betrieben wird, ist die Gesamtanlage Kirchenzentrum Gräfendorf eine CO<sub>2</sub>-Senke.



Bild 1: PV-Anlage auf dem Kirchendach

Die Luftfeuchtigkeit innerhalb der Kirche hat sich stabilisiert und ist als sehr zufriedenstellend für den Orgelbetrieb und die Besucher zu bezeichnen.

Bis jetzt wird festgestellt, dass die energetische Sanierung zu einer Solarkirche alle Erwartungen erfüllt und sowohl in der Bedienung, als auch in der Nutzung weitgehend unproblematisch ist. Derzeit werden Nachoptimierungen im Bereich Steuerung- und Speichermanagement umgesetzt, die weiterhin die Wirkungszahlen der WP, die derzeit zw. 4,3 und 4,9 liegen verbessern sollen. In der Betrachtung vom 08.05.2012 bis zum 30.04.2013 ergibt sich eine Jahresarbeitszahl der Anlage WP/Hybridkollektor/Schichtspeicher von 6,7.

Kooperationspartner:

Architekt:	Projektierung:	Statik:
Architekturbüro W. Haase Julius-Echter-Str. 59 97753 Karlstadt Tel.: 09353-9828-0 Fax: 09353-6375 info@arch-haase-karlstadt.de	Planungsbüro Rauch und Richter Steinweg 30 97469 Gochsheim Tel.: 09721-62189 Fax: 09721-62190 rauch-richter@t-online.de	Ingenieurbüro Hutzelmann Kirchgasse 9 97762 Hammelburg

## Einleitung

### Ausgangssituation

Die Schutzengelkirche Gräfendorf wurde im Jahr 1966 als moderne, beheizte Kirche errichtet und war Ersatz für die aufgegebene Bestandskirche, die noch erhalten, aber derzeit nicht benutzbar ist. Bei dem Jahrhunderthochwasser 2003 entstand durch eine kurzzeitige Überflutung des Holzfußbodens und der im Boden befindlichen Lüftungskanäle ein bedeutender Wasserschaden, der eine Sanierung der Kirche erforderte. Das Bischöfliche Bauamt Würzburg vertrat die Meinung, dass die „zu große“ Kirche abzureißen sei und durch eine Kapelle ersetzt werden sollte. Ein Abbruch der Kirche hätte jedoch die Vernichtung der vorhandenen Bausubstanz trotz hoher Restlebensdauer, Verlust des Gestühles für 450 Menschen, Verlust der Wandmalerei und weiterer Ausstattungsgegenstände bedeutet. Viele Gemeindemitglieder oder ihre Vorfahren haben den damaligen Bau mitfinanziert oder Eigenleistungen eingebracht und würden die Aufgabe der Kirche nicht verstehen. Weiterhin hätte ein Neubau Kosten von mehr als 1 Mio. € verursacht und die weiteren Gebäude wie Sakristei, Pfarrhaus, Verwaltung und Pfarrheim (Versammlungsräume für Gruppen und gemeindliche Veranstaltungen) in Frage gestellt. Das Pfarrzentrum wäre insgesamt zerstört worden.



Bild 2. : Lageplan (Katasterplan)

### Entwicklung eines Sanierungskonzeptes

2005 wurde ein Sanierungskonzept entwickelt, welches durch die E.on mit einem Umweltpreis von 20.000 € bedacht wurde. Hiermit wurden erste Planungsüberlegungen vertieft. Durch Fördermittel der DBU, bewilligt am 14.07.2006 mit dem AZ: 24915/25, konnte die energetische Gesamtplanung auf solarer Basis durchgeführt werden.

Die Umsetzung der Planung drohte durch Widerspruch bzw. zu geringer Zuschussbewilligung von Seiten des Bistums zu scheitern. Durch das Engagement der Kirchenverwaltung und besonders der Herren Pfarrer Peter Rüb und Kirchenpfleger Johannes Wagenpahl in Zusammenarbeit mit Herrn Architekt Werner Haase wurde der unbequeme Weg der Planumsetzung weiter verfolgt, was jedoch nur dadurch erfolgreich wurde, dass die zweite Bewilligung durch die DBU mit dem AZ: 27917/25 – „Weitgehend CO<sub>2</sub>-neutrale Sanierung der Nachkriegskirche Gräfendorf mittels innovativer solarer Beheizung inkl. der umsetzungsrelevanten Planungsleistungen, Monitoring und Dokumentation“ ausgesprochen wurde und das Risiko bzw. den Mehraufwand für die solare Heizung für die Kirchengemeinde reduzierte. Durch diese Unterstützung wurden die Zuschüsse aus der Diözese bedeutend aufgestockt, die Gesamtfinanzierung gesichert und die Umsetzung ermöglicht.

### Zielsetzung

In den Voruntersuchungen wurde die Machbarkeit mit Lösung der wesentlichen baulichen Probleme aufgezeigt. So war es ein wichtiges Ziel, eine Außenwärmedämmung gebäudeverträglich unter Berücksichtigung der Wahrung des Erscheinungsbildes der Kirche einzubauen. Ebenso wurde das Dach neu gedeckt, winddicht gestaltet und mit 20cm Hanf als Wärmedämmung versehen. Hierbei wurde von außen so gearbeitet, dass die vorhandene, sichtbare Holzdecke unverändert blieb. Die 1-fach verglasten Fenster mit ungedämmtem Stahlrahmen wurden durch 2-fach verglaste Fenster mit thermisch getrenntem Rahmen ersetzt und das Erscheinungsbild dieser Fenster gewahrt. Durch diese Maßnahmen wurde das Erscheinungsbild der Kirche nach außen stimmig erhalten.

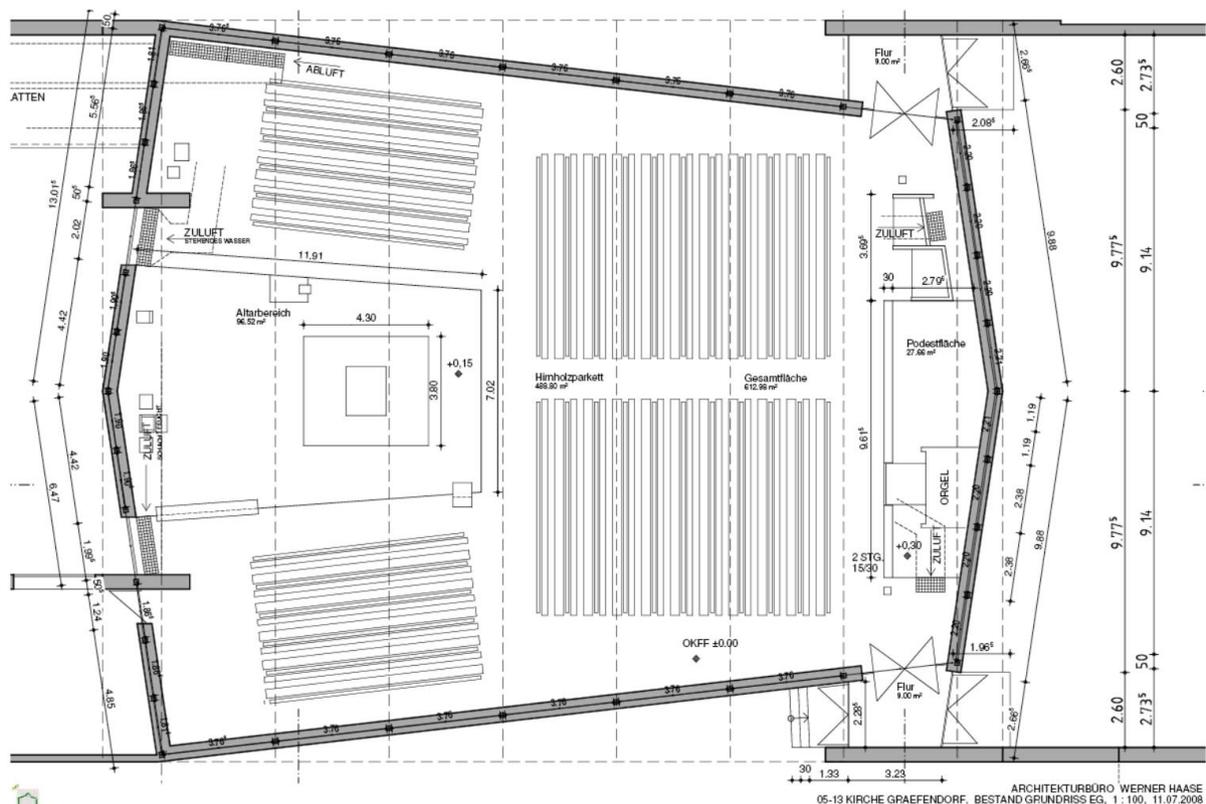






Bild 5: Außendämmung 20cm Mineralschaum, mineralisch verputzt

Der Heizölverbrauch (ca. 25.000 l/a für das gesamte Kirchenzentrum, ca. 8.000 l/a für das Kirchengebäude alleine) sollte vollständig entfallen und die Kirche in Zukunft solar beheizt werden. Außerdem ist ein wichtiges Ziel, das Problem von Sommerkondensat und zu stark wechselnder relativer Luftfeuchte im Kircheninnenraum zu lösen. Weiterhin ist der Nutzerkomfort derart zu verbessern, dass kalte Fallwinde, Zugluft und unangenehme Temperaturunterschiede wie z. B. Strahlungskälte und zu warme Heizluft in Zukunft vermieden sind. Als sinnvoller Nebeneffekt werden künftig keine Verschwärzungen der Wände mehr erwartet, die durch die Luftverwirbelungen der bisherigen Warmluftgebläseheizung verursacht wurden.

Ein wichtiger weiterer Punkt ist, dass in Zukunft keine Heizkosten anfallen bzw. diese kompensiert werden.

Das Thema „Schöpfung bewahren“ ist der Hauptgedanke; hierzu gehört das bereits geschaffene Gotteshaus zu erhalten, aber auch in Zukunft umweltverträglich zu betreiben. Es sind umweltverträgliche Baustoffe für Nachdämmung und Sanierungsarbeiten zu verwenden, bei denen auch der Aspekt der umweltverträglichen Entsorgung eingebunden wird.

Die Kirche behält die Aufgabe, der Mittelpunkt des kirchlichen Gemeindelebens zu sein und durch die Sanierung das Kirchenzentrum insgesamt zu sichern und aufzuwerten.

Die Baukosten sollten ca. 800.000 € nicht überschreiten.

### Aufgabenstellung

Im ursprünglichen Ansatz war nur die solarbeheizte Kirche ohne Betrachtung der bisher von der Heizung mitversorgten Gebäudeteile bearbeitet worden. Hierbei tauchte jedoch die Frage auf, wie sinnvoll es ist, die Kirche CO<sub>2</sub>-Null zu betreiben und die anderen Gebäude mit dem höheren Energieverbrauch weiterhin mit Heizöl zu beheizen. Von kirchlicher Seite sollte nur die Kirche saniert werden.

Der zweite Förderabschnitt diente daher u. a. der Umsetzung einer Gesamtmaßnahme und deren Evaluation unter Einbeziehung der weiteren Gebäude der Kirchengemeinde.

Da durch Einbeziehung der weiteren Gebäude eine Pelletheizung eingeplant wurde (die nicht sanierten Gebäude besitzen eine Zentralheizung im Temperaturbereich 80/60°C); wäre es daher ein Leichtes gewesen, durch einen etwas größeren Pelletkessel den Kirchenheizungsbedarf mit abzudecken. Dies hätte jedoch zu einem höheren Pelletverbrauch geführt, die wiederum gekauft werden müssen. Die selbstgestellte Aufgabe war daher, ohne Verbrennungsvorgänge eine Kirchenheizung umzusetzen, die möglichst weitgehend solar betrieben wird. D. h. solare Energie wird möglichst direkt genutzt oder aber über eine WP auf Nutztemperatur gebracht. Hierbei soll der WP-Strom weitgehend durch eine eigene PV entweder direkt oder in der Bilanz abgedeckt werden. Dadurch werden Verbrennungsvorgänge mit der Emission von fossilem oder biogenem CO<sub>2</sub> vermieden. Ein wichtiger Aspekt jedoch ist, dass die solare Energie kostenlos ist. Es muss lediglich die Technik dafür angeschafft werden.

Weiterhin wird durch die eingebaute Wärmedämmung der Kirche und die weitgehende Verbesserung der Luftdichtigkeit eine verbesserte Wärmespeicherung in der Baumasse der Kirche herbeigeführt. Dadurch werden Temperaturschwankungen stark verzögert. Vor der Sanierung sank die Temperatur nach der Kirchennutzung und der dabei stattfindenden Beheizung sehr schnell ab, da die Wärmedämmung mangelhaft und ein starker indirekter Luftwechsel vorhanden war. Außerdem blieb die Baumasse der Mauern kalt und speicherte keine Wärme ab, die ansonsten Temperaturschwankungen hätte ausgleichen können.

Ein weiterer Aspekt ist, dass die Schmutzablagerungen durch starke Luftumwälzungen in der Bestandskirche für die Zukunft erheblich reduziert werden und sich die Intervalle der Innenrenovierung bedeutend vergrößern. Für den Orgelbetrieb ist es wichtig, dass möglichst gleichmäßige Temperaturen und geringe Feuchteschwankungen stattfinden und eine Mindestfeuchte von mehr als 40% rel. Luftfeuchte möglichst nicht unterschritten wird. Außerdem sollen jegliche Art von Schimmelbildung durch Vermeidung von Wärmebrücken in Zukunft ausgeschaltet werden.

In der Gesamtkonzeption des Heizsystems in Verbindung mit Dämmung und Luftdichtigkeit sollte nebenbei ein Komfortgewinn erzielt werden, indem Strahlungskälte, Zugluft und Fallwinde der Vergangenheit angehören sollen.

Die ersparten Energiekosten sollen in der Zeit der Anlagennutzung die Investition der Anlage ausgleichen bzw. die Investitionskosten übersteigen. Der zukünftige Kirchenbesuch soll mit einem gewissen zeitgemäßen Komfort verbunden sein und nicht eine „Härte“ durch zu geringe Raumtemperaturen bedeuten.

## Hauptteil

### Darstellung der Arbeitsschritte

Es wurde ein Planungsteam gebildet in dem die gemeinsamen Ziele durch das Architekturbüro Werner Haase festgelegt wurden. Weiterhin wurde eine Art Industriepartnerschaft im Bereich Speichertechnik, Hybridkollektor und Luft-WP inkl. der dazugehörigen Anlagensteuerung mit der Fa. Ratiotherm GmbH & Co. KG geschlossen. Der Grund dafür war, dass diese Firma eine zusammenhängende, aufeinander abgestimmte Technik anbieten konnte, die jeweils hohe Effektivität im Bereich Speichertechnik, COP der WP in Verbindung mit Hybrid-Solarkollektoren mit einer dazugehörigen Regelungstechnik bietet.

Das Planungsbüro Rauch und Richter erstellte die Anlagenplanung für die Wandflächenheizung sowie die schaltbare Lüftungsanlage mit WRG sowie die Planung der Pelletkessel-Anlage mit Pufferspeicher zur Beheizung der Sakristei, des Pfarrhauses, des Pfarrheims und dem ehemaligen Kindergarten (jetzt Gruppenräume).

Das Architekturbüro Werner Haase setzte die Vorplanungserkenntnisse in detaillierte Werkpläne um und klärte die dabei notwendigen, bautechnischen Sonderlösungen ab. Anschließend wurden diese Arbeiten ausgeschrieben und die entsprechenden Angebote der Fachfirmen eingeholt. Hierbei mussten jeweils die Möglichkeiten der Eigenleistung mit eingeplant werden (von 68 ehrenamtlichen Helfern wurden ca. 4.000 Arbeitsstunden unentgeltlich eingebracht). Weiterhin wurden durch das Architekturbüro W. Haase Anschlussbauteile mit einer Berechnungssoftware thermisch überprüft und abgebildet, um in diesen Bereichen Wärmebrücken zu vermeiden und dadurch Verschmutzungen durch Staubablagerungen, aber auch Schimmelbildung vorzubeugen.

Die Gebäudehülle der Kirche wurde mit Mineralschaumdämmplatten 20 cm stark gedämmt und mineralisch mit derselben Oberflächenstruktur der Bestandskirche verputzt. Die Dachkonstruktion besteht aus Stahlgitterträgern, die das gesamte Kirchenschiff frei überspannen. An dieser Stahlkonstruktion wurden Korrosionsschäden beseitigt und nach Anweisung des Statikers z. T. statische Nachbesserungen eingebaut und die Anstriche des Stahls ergänzt. Die Luftdichtigkeit wurde hergestellt und das Dach mit einer neuen Ziegeleindeckung versehen.

Der Zwischenraum zwischen Dachdeckung und sichtbarer Holzdecke wurde zusätzlich mit Hanfdämmung 20 cm gedämmt und weitgehend luftdicht gestaltet.

Die vorhandenen Dachrinnen und Blechverwahrungen konnten durch entsprechende Detailausbildungen erhalten bleiben.



Bild 6: nachträgliche Dämmung der Dachkonstruktion auf der Rauminnenseite

Die Fensterbänder wurden gegen wärmegegedämmte, isolierverglaste neue Fenster in sehr ähnlichem Erscheinungsbild zum Bestand ausgetauscht. Die Windfänge der beiden Eingangsbereiche erhielten eine neue Türanlage und isolierverglaste Fensterflächen.

Der Sockelbereich inkl. Fundamente wurde mit einer Perimeterdämmung versehen, um den Mauerfuß und die Bodenplatte wärmedämmmäßig zu verbessern.

Im Innenbereich erhielt die Umfassungswand 2m hoch eine Wandheizfläche aus Kupferrohren, die als Heizungsmodule parallel durchströmt werden, mit Kalkmörtel verputzt und farblich leicht abgesetzt wurden. In der ursprünglichen Planung war hier eine putzbündige Lösung vorgesehen, bei der der vorhandene Wandputz abgenommen worden wäre. Die Bauherrschaft hat sich jedoch aus Vereinfachungsgründen für die aufgesetzte Version entschieden.

Aus wärmetechnischen Gründen wurden um die hohen Fensterbänder, die senkrecht hinter dem Altar eingebaut sind, Temperierleitungen installiert, damit diese Fensternischen möglichst wenig kalte Fallwinde erzeugen und außerdem in diesem Bereich möglichst keine Kondensatflächen entstehen. Diese Temperierleitungen werden mit Niedertemperatur aus dem Rücklauf der Wandheizflächen betrieben.

Im First des Kirchendaches ist eine Leitung zur Luftabführung eingebaut worden. Diese ist an ein Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung angeschlossen, welches bei Bedarf zur Feuchteregulierung in Betrieb gesetzt wird und hierbei bis zu 85% der Abwärmeenergie zurückgewinnen kann. Hierbei beträgt der max. Luftwechsel 600 m<sup>3</sup>/h im Gegensatz zur vorherigen Luftheizung mit 12.000 m<sup>3</sup>/h. Das jetzt eingebaute Lüftungsgerät läuft nicht während der Gottesdienstzeiten, da das Luftvolumen groß genug ist, um die Gottesdienstbesucher ausreichend mit Frischluft zu versorgen. Die Lüftungsanlage wird feuchtigkeitsgesteuert geregelt. Sie läuft nur dann, wenn dadurch die relative Luftfeuchte der Raumluft beeinflusst werden muss. Ein gezielter Luftaustausch ist meistens nicht notwendig, da zwischen den Gottesdiensten die Zeit ausreicht, dass sich die Luftqualität durch Infiltration verbessert hat.



Bild 7.: Kircheninnenraum nach der Sanierung

Die Heizungsanlage wurde im bestehenden Heizraum, der im Anschluss des ehemaligen Pfarrhauses zu finden ist, installiert. Diese Heizungsanlage teilt sich in die Luftwärmepumpenanlage mit 45m<sup>2</sup> Hybridkollektoren und einem 4.000 l großen Schichtspeicher, verbunden mit einem sogenannten „Energiemanager“ auf. Dieser Energiemanager ist ein hydraulisches System, welches mit einer Regelungstechnik verbunden ist, die die Aufgabe hat, die Wärmeangebote der Umwelt zu nutzen und hierbei je nach Bedarf und Angebot entweder mittels WP höhere Temperaturen zu erzeugen und dabei die Heißgasabwärme in den Speicher einzubringen oder bei höherer Kollektortemperatur diese Wärme zur Direktheizung zu verwenden. Diese Anlage wurde so errichtet, dass sie als alleiniges Heizsystem für die Kirchenbeheizung konzipiert ist. Da es sich jedoch um ein Pilotobjekt handelt und keine übermäßigen Leistungsreserven eingeplant wurden, gibt es jedoch die Möglichkeit aus der Pelletheizung für die anderweitigen Gebäude als Redundanz bzw. Ergänzung Wärme in das Kirchenheizsystem zu übertragen. Durch die Vermessung wird festgestellt, ob und wie oft dies notwendig ist.

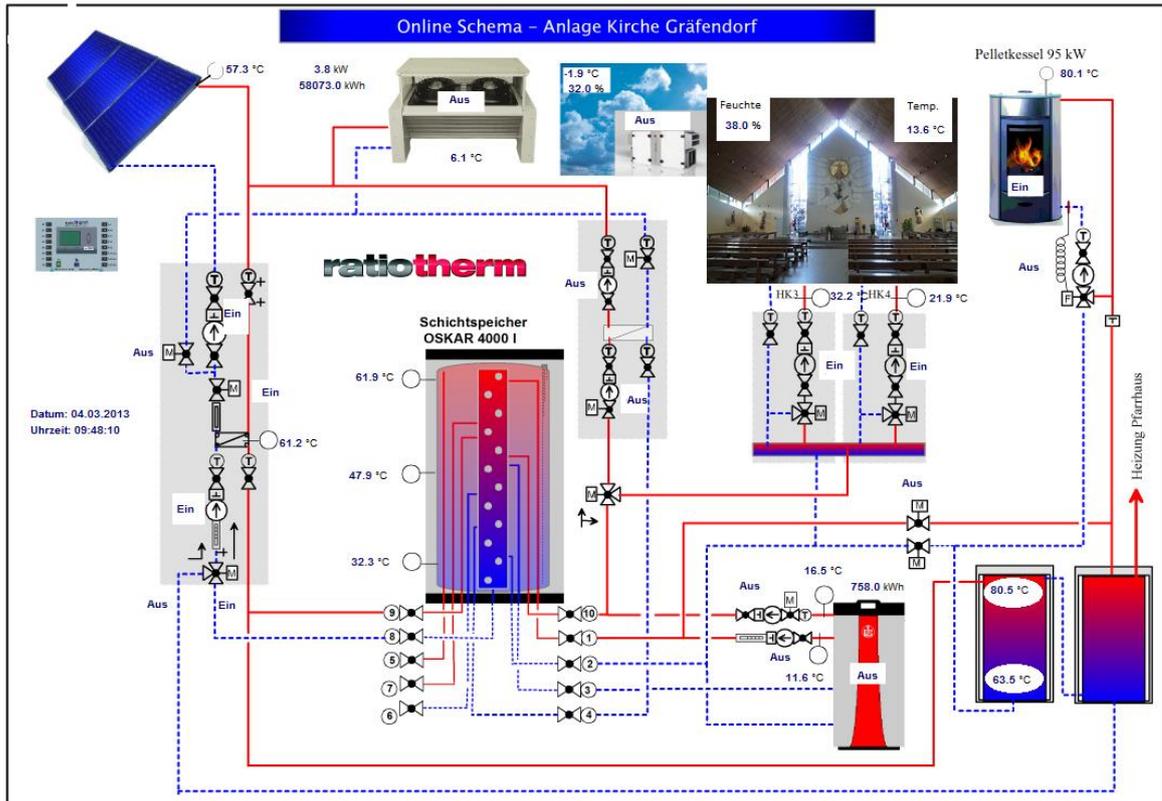


Bild 8: Heizungsschema Gesamt

Gleichzeitig können in der Übergangszeit und im Sommer Wärmeüberschüsse aus dem Hybridkollektor, die nicht für die Kirchenheizung benötigt werden, für den WW-Bedarf des ehemaligen Pfarrhauses und zur Heizungsunterstützung der weiteren Gebäude genutzt werden. Die Hybridkollektoren sind so aufgebaut, dass sie zwischen Glasabdeckung und Absorberfläche einen größeren Zwischenraum besitzen. Die Absorber wiederum werden der Vorlaufleitung des Luftwärmetauschers (Gebläse) dazu geschaltet, um möglichst die VL-Temperatur für die WP anzuheben. Es wurde festgestellt, dass die Absorberrtemperatur meistens die Lufttemperatur übersteigt und somit den Wirkungsgrad der Luft-Wasser-WP erhöht. Bei entsprechender Solareinstrahlung steigt die Absorberrtemperatur derart an, dass die WP nicht benötigt wird und die Kollektorerträge zur Beheizung oder bei noch höheren Temperaturen zur WW-Nutzung ausreichen. Dies ergibt im Gesamtsystem eine sehr gute Jahresarbeitszahl.



Bild 9: Hybrid - Kollektoranlage mit Luft-Wärme-Pumpe

## Diskussion der Ergebnisse

Die Zielsetzung der solar beheizten Kirche ohne Verbrennungsvorgänge fossiler oder biogener Brennstoffe wurde erreicht.

Durch die zweite Förderung und die Einbeziehung der Gebäudeteile außerhalb der Kirche wurde die erste Zielsetzung sogar übererfüllt.

Dadurch, dass nun die Heizkosten durch Kompensation durch PV-Strom und massiver Absenkung des Endenergieverbrauches durch Wärmedämmung im Prinzip kostenlos sind, ist es nicht mehr notwendig, eine „Winterkirche“ zu betreiben bzw. mit Minimaltemperaturen den Gottesdienst zu betreiben. Es zeigt sich jedoch, dass das Heizsystem und die Wärmeerzeugung (auch in Verbindung mit dem Pelletkessel) es problemlos schafft, die Kirche jetzt mit 16-18°C durchgängig zu betreiben. Dies ermöglicht eine viel flexiblere Nutzung und stellt eine Variation für eine zukunftsfähige Kirchennutzung dar. Eine erste Verbrauchsmessung für den Zeitraum 08.05.2012 bis 30.04.2013 zeigt folgendes Ergebnis:

Zählerstände Heizanlage Kirche Gräfendorf										
Tag der	WMZ	WMZ	WMZ	WMZ	WMZ	WMZ	WMZ	WMZ	Strom	Strom
	Kirchenraum sanierter Bereich	Verwaltung und Sakristei, unsaniert	ehem. KiGa, Jugend- heim	Wohnung ehem. Pfarrhaus	Wärme- übertrag an Kirchenraum heizung	Solar- Wärme in Puffer speicher eingespeist	Wärme- pumpe NT	WP Heiß- gasauskopp- lung in Puffer- speicher	HT	NT
Ableseung										
08.05.2012	40 849	71 245	97 213	34 150	2 593	3 576	67 031	7 187	8 951,7	8 781,5
30.04.2013	69 725	141 850	179 694	65 751	8 447	4 270	93 730	17 935	13 298	14 067
Verbrauch	28 876	70 605	82 481	31 601	5 854	15 363	26 699	10 748	4 347	5 268
	Verbrauch WMZ Gesamtliegenschaft 213 563					52 800			9 615	

Bild 10: Zählerstände

Der Wärmeverbrauch im wärmedämmten Kirchenraum hat sich von der Rechnung mit Mindesttemperaturwerten von ca. 21.000 kWh auf etwa 29.000 kWh erhöht. Dies ist auf die höheren Temperaturen zurückzuführen. Der Wärmepumpen-Strombedarf betrug 9.615 kWh. Hier war von ca. 5.000 kWh ausgegangen worden. Die Erhöhung ist teilweise auf die höheren Verbräuche zurückzuführen, aber auch darauf, dass das Zusammenspiel Kollektor / Speicher / WP noch nachoptimiert werden muss. Erste Nachbesserungen wurden mit gutem Ergebnis vorgenommen; durch eine weitere Nachoptimierung wird erwartet, dass der WP-Strombedarf reduziert bzw. der COP verbessert wird.

Die Gesamtliegenschaft hat im Betrachtungszeitraum ca. 214.000 kWh verbraucht; davon ca. 29.000 kWh die Kirche und 185.000 kWh die weiteren, versorgten Gebäuden.

Die Anlage WP mit Hybridkollektor hat insgesamt 52.810 kWh erzeugt. Hiervon hat die Kirche ca. 18.000 kWh erhalten (da 5.850 kWh durch den Pelletkessel geliefert wurden). D. h. ca. 34.000 kWh aus der WP-Anlage konnten bei den übrigen Gebäuden verwendet werden. Es war deshalb sehr richtig, dass die Gesamtliegenschaft auf regenerative Heizsysteme umgestellt wurde.

Wünschenswert wäre es, wenn die übrigen Gebäude im Endenergieverbrauch durch Dämmung und Sanierung reduziert werden könnten. So hat z. B. das bewohnte Pfarrhaus einen Verbrauch inkl. WW von 31.600 kWh/a. Dieses Haus wurde in den letzten Jahren energetisch verbessert. Die weitläufige Sakristei und Verwaltungsräume des Kirchengebäudes haben eine hohe Außenfläche mit schlechter Wärmedämmung und haben 70.600 kWh/a Wärme verbraucht, obwohl sie nur zeitweise genutzt werden und nicht durchgängig voll beheizt werden.

Der Bereich ehemaliger Kindergarten, der von verschiedenen gemeindlichen Gruppen genutzt wird, ist ebenso ungedämmt und hat ca. 82.500 kWh/a verbraucht. In Zukunft ist vorgesehen, dieses Gebäude abzureißen und nach Möglichkeit ein Mehrgenerationenhaus in passivhausähnlicher Bauweise neu zu errichten, welches dann weniger Endenergieverbrauch benötigen würde, obwohl es in Fläche und Kubatur einen größeren Umfang erhalten soll.

Die nachträglich installierte PV-Anlage hat im Betrachtungszeitraum ca. 50.000 kWh Strom erzeugt, der größtenteils eingespeist wurde. Die erzeugte Strommenge übersteigt den Gesamtstrombedarf bei weitem; eine Stromspeicherung findet nicht statt. Es ist jedoch in Zukunft vorgesehen, die WP verstärkt tagsüber zu betreiben und mit dem Pufferspeicher den Nachtausgleich zu bewerkstelligen. Weiterhin gibt es Überlegungen eventuell eine zweite WP zusätzlich zu installieren und die Hybridkollektoranlage zu erweitern. Dies wäre dann notwendig, wenn der von der gemeinnützigen Genossenschaft betriebene Dorfladen, der unmittelbar an das Kirchengrundstück anschließt, mit an das Heizsystem angeschlossen würde.

Die o.g. Überlegungen zeigen, dass die Vorbildfunktion der „Solarkirche“ in weiteren energetischen Überlegungen innerhalb der Gemeinde einbezogen und weiterentwickelt wird.

Bei der Umsetzung der geplanten Heizungsanlage gab es u. a. folgende Probleme: Die einzelnen Komponenten, wie WP und Pufferspeicher und deren Steuerung, verfügten über eine serienmäßige Grundeinstellung, die wiederum für HT-Betrieb in Wohngebäuden „gepasst“ hätten.

Es war notwendig, diese serienmäßigen Grundeinstellungen der Heizungstechnik für den Heizbetrieb der Kirche zu verändern. Hierzu dienten für die Voreinstellung Simulationsüberlegungen und näherungsweise Berechnungen. Die ausgelesenen Messergebnisse lassen eine Nachjustierung der Steuerungsprogrammierung zu. Die Erkenntnis hieraus ist, dass die Steuerung, die für die unterschiedlichen Jahreszeiten die unterschiedlichen Lastfälle erfassen muss, die wichtigste Komponente für niedrigen PE-Verbrauch ist. Auf diesem Gebiet ist es notwendig, Erfahrungen zu sammeln und entsprechende Steuerungskomponenten zu entwickeln. Wünschenswert wäre hier eine Steuerung, die sich selbstlernend nachjustiert und hierzu als Grundlage die Simulationsberechnung in Verbindung mit eingebauten Messstellen verwendet.

Die eingebauten Komponenten sind auf dem Markt verfügbar; lediglich die Kombination und die Einstellung der Grenzwerte sind neuartig.

Eine Problematik entstand dadurch, dass bei stark besuchten Feiertags-Gottesdiensten mit mehreren Hundert Besuchern wieder teilweise Fallwind-Problematik auftrat. Dies war darauf zurückzuführen, dass durch die Besucher ein Wärmeeintrag stattfand. Dies bedeutet bei z. B. 300 Menschen eine zusätzliche Heizleistung von ca. 15-20 kW. Dadurch entstand ein Warmluftauftrieb in der Mitte der Kirche mit Abkühlung dieser Warmluft an der Hülle (die in der Oberfläche kühler war) und die abgekühlte Luft fiel an den Außenwänden nach unten, strömte zu den Menschen, um sich dort zu erwärmen und stieg wieder nach oben auf.

Diesem Phänomen wird jetzt in der Art begegnet, dass vor dem Gottesdienst die Wandheizungstemperatur erhöht wird, aber zum Gottesdienst selbst zurückgefahren wird. Dadurch soll die Oberflächentemperatur etwas höher sein. Bis jetzt wurde festgestellt, dass dies das Problem abmildert. Es müssen hierbei jedoch noch weitere Erfahrungen gesammelt werden.

Während der Vermessung wurde festgestellt, dass am 26.11.2012 Absperrventile geöffnet wurden, die die Verbindung der Kirchenheizung und der Heizung für das Pfarrhaus, das Pfarrheim und den Kindergarten ermöglichte. Dadurch heizt der Pelletkessel mit in den Schichtspeicher und vermischt die Messergebnisse. Vor allen Dingen wird die WP „überfahren“; d. h. durch hohe Temperaturzufuhr in den Schichtspeicher kann die WP nicht ihre volle Leistung in den Speicher abgeben und / oder schaltet ab. Dadurch wird die mögliche Gesamtabdeckung durch die WP nicht mehr nachweisbar und der Pelletverbrauch erhöht sich mehr als notwendig. Hier ist in Zukunft dafür Sorge zu tragen, dass diese unbefugten Verschaltungen nicht mehr vorgenommen werden. Eventuell müsse bei vergleichbaren Objekten in Zukunft diese Möglichkeit automatisiert werden oder durch besondere Hindernisse erschwert werden.

Es ist anzunehmen, dass in Zukunft diese Verschaltung nicht mehr stattfindet, sodass dadurch die Messergebnisse in den nächsten Jahren bessere Werte erwarten lassen.

## Anlage Kirche Gräfendorf: Temperaturwerte Kollektoranlage und Schichtspeicher oben

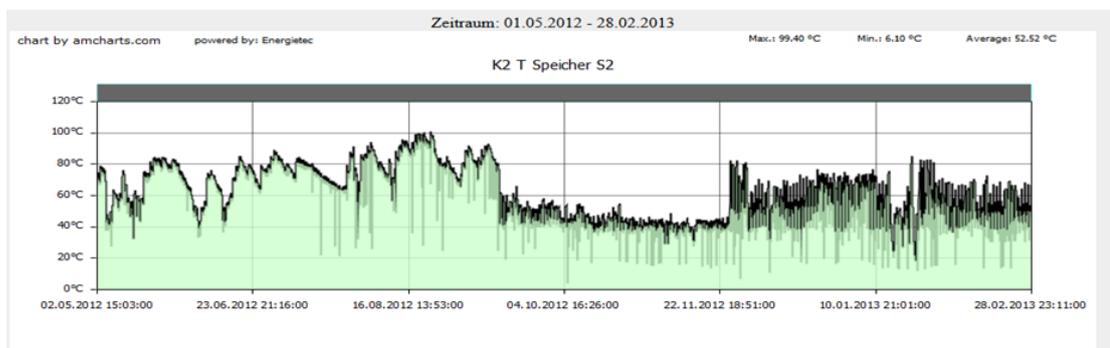
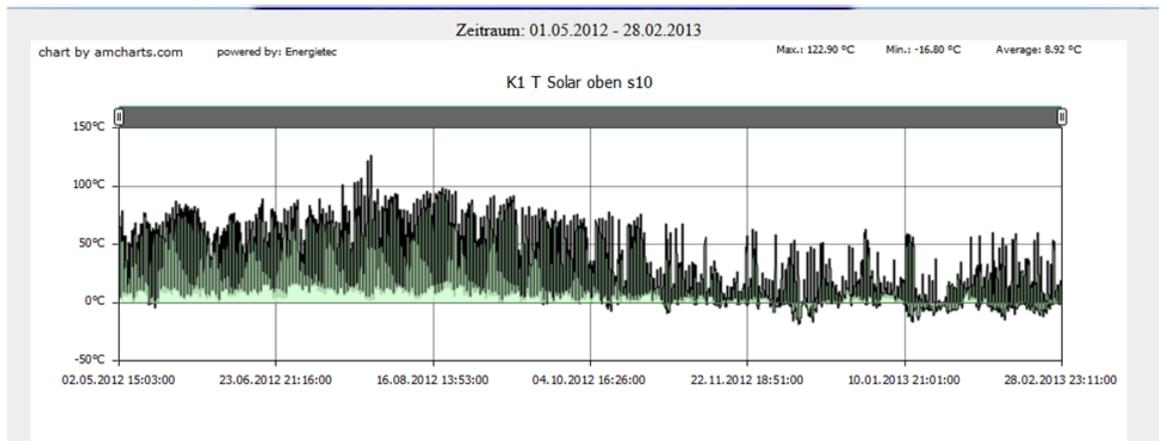


Bild 11: Temperaturwerte Kollektoranlage und Schichtspeicher – Quelle: Fa. Ratiotherm

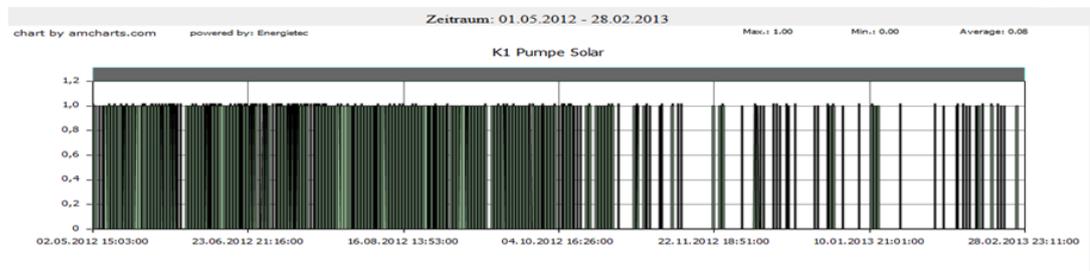
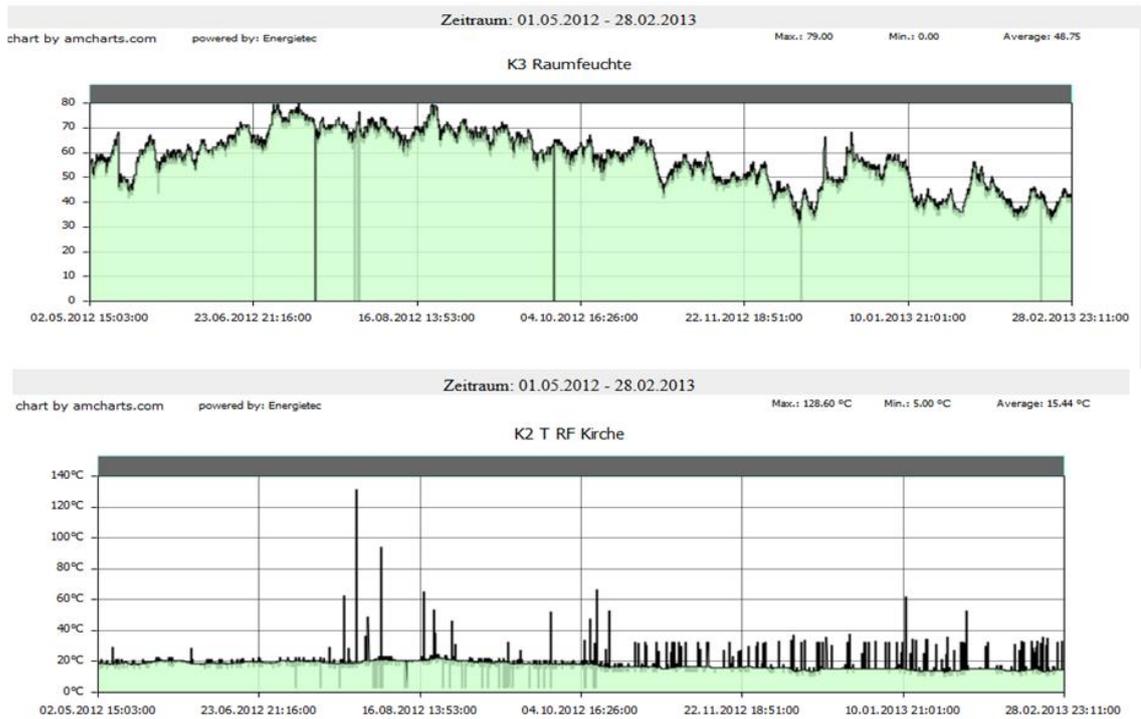


Bild 12: Quelle: Fa. Ratiotherm

## Anlage Kirche Gräfendorf: Raumfeuchte und Temperatur in Kirche



Hinweis: die Temperatursprünge nach oben sind Aufzeichnungsfehler

Bild 13: Quelle: Fa. Ratiotherm

## **Ausführliche ökologische, technologische und ökonomische Bewertung**

Bisher wurden Kirchen mit „herkömmlichen“ Heizsystemen beheizt. Dies waren sehr oft bei Nachkriegskirchen Warmluftheizungen, um damit während des Gottesdienstes die Luft anzuwärmen und eine gewisse Grundtemperatur bzw. Frostsicherheit zu gewährleisten. Zwar gab es meistens Anweisungen, dass diese Heizungen die Kirchenraumtemperatur pro Stunde max. um 1,5 K erhöhen durfte. Durch Messungen und Erfahrungen aus anderen Kirchen ist jedoch bekannt, dass in der Praxis z. T. mit bis zu 10 K/h Temperaturerhöhung gearbeitet wurde. Dies führte zu unangenehmen Temperaturunterschieden bis hin zu Schäden an Orgel und Kunstwerken und verkürztem Innenrenovierungsbedarf.

In weniger benutzten Kirchen sind elektrische Bankheizungen weit verbreitet. Hier gibt es hohe Stromspitzen und unangenehme raumklimatische Verhältnisse.

Die komfortablere Heizung, vor allen Dingen in Großkirchen, ist eine Mischung zwischen Fußbodenheizung und Luftheizung. In diesen Kirchen ist meistens eine durchgängige Heizung in Betrieb. Dadurch gibt es weniger Probleme mit Zuglufterscheinung.

Eine weitergehende Untersuchung zeigt, dass die wenigsten Kirchen regenerativ geheizt werden. Solar beheizte Kirchen sind bisher im Prinzip unbekannt.

Der Stand der Wissenschaft und der Technik ermöglicht jedoch bei gewissen Kirchen den Einsatz von Außendämmung, verbesserte Luftdichtigkeit der Dachhaut und wärmegeämmte Fenster. Durch Absenkung des Endenergiebedarfes erleichtert dies den Einsatz von Solarenergie, wie im Beispiel der Schutzengelkirche Gräfendorf gezeigt.

Ökologisch ist dies die einzige Möglichkeit ohne Verbrennung von fossilen oder biogenen Brennstoffen eine komfortable Beheizung einer Kirche zu betreiben. Es werden keine landwirtschaftlichen Flächen oder Waldflächen in Anspruch genommen. Das System findet im Prinzip genügend Wärmeeintrag auf dem eigenen Grundstück bzw. Dach.

Dass im Nachhinein in Gräfendorf eine großflächige PV-Anlage auf das Kirchendach installiert wurde, war nicht geplant. Wenn es geplant gewesen wäre, hätte dies viel sinnvoller und gestalterisch ansprechender umgesetzt werden können, indem dann eine dezente, dachintegrierte Anlage eingesetzt worden wäre, die die Ziegeldeckung ersetzt hätte.



Bild 14.: Dachintegrierte PV-Anlage bei einem EFH in Eußenheim

Als Beispiel einer solchen Lösung verweise ich hier auf eine dachintegrierte PV-Anlage in Eußenheim, die in der Fernwirkung der Schieferdeckung der Eußenheimer Kirche ähnelt.

Ökonomisch ist die Einbindung einer hohen Umweltenergiemenge bei den derzeitigen Energiekosten in Verbindung mit niedrigen Zinsen bei richtiger Anwendung sehr sinnvoll. Hierbei ist zu beachten, dass in Gräfendorf das Unikat mit den entsprechenden zusätzlichen Entwicklungskosten bzw. erhöhten Planungskosten sich innerhalb der nächsten 30 Jahre mehrfach rentiert. Dies einerseits durch Heizkostensparnisse gegenüber dem Bestand, die sich je nach Betrachtungsweise und angenommenen Heizkostensteigerungen zw. 200.000 und 400.000 € bewegen. Eine weitere wichtige Ersparnis wird darin bestehen, dass der Intervall der Notwendigkeit einer Innenrenovierung sich verlängern wird. Was nicht kalkulierbar ist, ist u. U. ein zahlreicherer Gottesdienstbesuch. Es ist außerdem zu erwarten, dass sich die Orgel weniger verstimmt. Durch die Steigerung des Komforts mit höheren Grundtemperaturen kann die Kirche nun umfangreicher genutzt werden. D. h. Orgelproben, Kirchenchorproben, Arbeit mit Kommunionkindern aber auch mit kirchlichen Arbeitskreisen können ohne Kostenverursachung im Prinzip jederzeit stattfinden. Dadurch erfährt die Kirche eine größere Benutzerzeit, was man im gewerblichen Bereich als höhere Wirtschaftlichkeit bezeichnen würde.

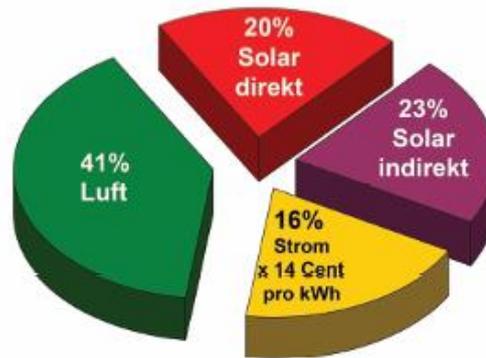


Bild 15: Anteil der Umweltwärme

Der Anteil der Umweltwärme beträgt ca. 84%, der Stromanteil ca. 16% - der in der Bilanz durch PV-Strom gedeckt wird.

Ein ganz wichtiger Aspekt ist jedoch, dass die Kirche nicht abgerissen wurde. Dadurch wurde ein hoher emotionaler Schaden in der Region vermieden, außerdem der vorhandene Immobilienwert inkl. Einrichtung erhalten und bedeutend weniger Abfall produziert bzw. „Neubau-Graue-Energie“ vermieden. Durch Erhalt der Kirche ist auch das Umfeld der Kirche in Form von Pfarrheim und Pfarrhaus mit Sakristei und Pfarrbüro in der Nutzung aufgewertet worden bzw. erhalten worden. Wie bereits beschrieben, plant die Kirchengemeinde eine Weiterentwicklung dahingehend, dass auf dem gemeindlichen Grundstück eventuell ein Mehrgenerationenhaus errichtet werden soll. Dadurch würde dem demografischen Wandel und der Überalterung der Gesellschaft Rechnung getragen und gleichzeitig das Miteinander im Dorf positiv beeinflusst.



Bild 16: Kircheninnenraum

## Verbreitung der Vorhabensergebnisse

Anlässlich des Festgottesdienstes zur Wiederbenutzung der sanierten Kirche wurde sehr ausführlich unter dem Titel „Schöpfung bewahren“ die Tragweite der Umrüstung und Sanierung zur Solarkirche dargestellt. Die örtliche Presse, aber auch das Kath. Sonntagsblatt haben überregional berichtet.

Während der Woche der Umwelt auf Einladung des Bundespräsidenten wurde die Kirche Gräfendorf 2012 präsentiert. Weiterhin wurde das Projekt bei einer Vielzahl von Vorträgen im Rahmen der Vortragstätigkeit von Herrn Architekt Haase vorgestellt. So z. B.

- Fachhochschule Schweinfurt, Gastvortrag 04/2013
  - Hannover Messe 04/2013
  - Energietage Sennfeld 02/2013
  - Woche der Umwelt 2012, Berlin
  - Katholische Akademie München, 10/2012
  - Fa. Rockwool, 09/2012
  - Bauen im Bestand, Nürnberg, 05/2012
  - Vortragsreihe bei der Fa. Xella, 11/2011
  - Berlin, Expertenrunde mit Herr Fell MdB, 11/2011
  - EUZ Hannover, 11/2011
  - Plusenergiehaustage in Ansbach, 10/2011
- 
- Fachzeitschrift Sonne, Wind und Wärme, Ausgabe 17/2011 (Literaturverweise)
  - „Der Klimaschatz“, oekom Verlag, 2011

## Fazit

In Anbetracht des vielfach zitierten Begriffes „Energiewende“ stellt die Solarkirche Gräfendorf tatsächlich eine Wende dar. Dies betrifft einerseits die Energiequelle (weg vom Öl – hin zur Sonne) andererseits in der Denkweise (Kirche kann nicht solare Energie nutzen – wegen Erscheinungsbild, Tradition, konservativem Denken) außerdem im Bereich der Heizkosten (Heizung muss dann nicht Heizkosten haben, wenn sie kostenlose Solarenergie nutzt) bis hin zur Nutzung der Kirche, die nun im Winter auch außerhalb der Gottesdienstzeiten unproblematisch genutzt werden kann.

Leider findet die Solarkirche Gräfendorf bisher wenig Nachahmer. Es fehlt weitgehend im Bereich der Planer und der Verantwortlichen die Bereitschaft, sich der „Wende“ im Denken und auch in der Heiztechnik anzuschließen. Es sei hier darauf verwiesen, dass in der Bundesrepublik ab 2020 alle Neubauten ohne fossile Heizungen ausgestattet sein sollen. Der Staat Dänemark hat im Januar 2013 für alle Neubauten Öl- und Gasheizungen verboten und das Gesetz erlassen, dass auch in Sanierungsvorhaben ab 2016 der Einbau von Öl- und Gasheizung untersagt wird.

Aus diesen o. g. Gründen ist die Solarkirche Gräfendorf ein sehr wichtiges Leuchtturmprojekt, welches dringend in Varianten Nachahmung bedarf. In der Zukunft sollten ganz gezielt unterschiedliche Kirchengebäude mit dem Ziel der verbrennungsfreien Beheizung saniert werden und dahingehend weitere Pilot- bzw. Leuchtturmprojekte umgesetzt werden.