

# Integriertes Klimaschutzkonzept Veitshöchheim



Beauftragt von: Gemeinde Veitshöchheim  
Ansprechpartner: Peter Wolf, Dipl.-Ing. (FH)



gefördert durch: Klimaschutzinitiative des BMU  
FKZ 03KS0785



erstellt von: Architekturbüro Werner Haase  
Julius-Echter-Straße 59  
97753 Karlstadt



Projektleitung: Holger Keß, Dipl.-Ing. (FH), Dipl.-Biol.  
Jochen Spieß, Dipl.-Ing. (FH)

Bearbeitung: Felicitas Nickel, Dipl.-Ing. (FH)  
Jochen Spieß, Dipl.-Ing. (FH)



Karlstadt, März 2011

# 1. Inhalt

---

<b>1. INHALT</b> .....	<b>2</b>
<b>2. EINLEITUNG</b> .....	<b>7</b>
2.1. ALLGEMEIN .....	7
2.2. AUFGABENSTELLUNG.....	8
2.3. GRUNDLAGEN .....	8
2.4. VORGEHENSWEISE .....	9
2.5. ZUSAMMENFASSUNG / FAZIT .....	9
<b>3. GEMEINDE VEITSHÖCHHEIM</b> .....	<b>11</b>
3.1. DER ORT.....	11
3.2. FLÄCHENNUTZUNG .....	12
3.3. BEVÖLKERUNGSZAHL.....	12
3.4. WOHNGEBÄUDE.....	13
3.5. STÄRKEN-SCHWÄCHEN ALLGEMEIN .....	14
<b>4. WOHNQUARTIERE</b> .....	<b>15</b>
4.1. MOMENTANER ZUSTAND DER WOHNQUARTIERE.....	15
4.1.1. <i>Altort</i> .....	15
4.1.2. <i>Schenkenfeld</i> .....	16
4.1.3. <i>Setz</i> .....	17
4.1.4. <i>Gartensiedlung</i> .....	18
4.1.5. <i>Speckert</i> .....	19
4.1.6. <i>Hofweg/Sendelbachstraße</i> .....	20
4.1.7. <i>Birkental</i> .....	21
4.1.8. <i>Übersicht</i> .....	22
4.2. ENERGIEEINSPARPOTENTIAL.....	23
4.2.1. <i>Stromverbrauch</i> .....	23
4.3. MAßNAHMEN.....	25
4.4. FINANZIERUNGSMÖGLICHKEITEN.....	25
4.5. „VISION FÜR DIE ZUKUNFT“ .....	26
<b>5. EINZELGEBÄUDE</b> .....	<b>27</b>
5.1. EINLEITUNG.....	27
5.2. ÜBERBLICK GEBÄUDE UND LIEGENSCHAFTEN.....	27
5.2.1. <i>Turnverein</i> .....	27
5.2.2. <i>Landesanstalt für Wein und Gartenbau</i> .....	28
5.2.3. <i>Markushof Gadheim</i> .....	29
5.2.4. <i>Landkreisgymnasium</i> .....	29
5.2.5. <i>Rupert-Egenberger-Schule</i> .....	30
5.2.6. <i>Liegenschaften der Pfarrgemeinde St. Vitus</i> .....	30
5.2.7. <i>Firma Wegmann automotive</i> .....	31
5.2.8. <i>Gemeindeeigener Wohnungsbau</i> .....	31
5.2.9. <i>Mainfrankensäule</i> .....	32
5.2.10. <i>Sonstige Gebäude</i> .....	32
5.3. ZUSAMMENFASSUNG .....	32



<b>6. STRAßENBELEUCHTUNG .....</b>	<b>33</b>
6.1. GRUNDLAGEN DER STRAßENBELEUCHUNGSTECHNIK .....	33
6.1.1. Gegenwärtige Situation .....	33
6.1.2. Grundbegriffe der Lichttechnik .....	34
6.1.3. Aufbau der Straßenbeleuchtung .....	35
6.1.4. Lampentypen .....	36
6.1.5. Techniken zur Steuerung .....	39
6.1.6. Qualitätskriterien der Straßenbeleuchtung .....	40
6.1.7. Grundlagen der Planung .....	42
6.1.8. Einsparmöglichkeiten .....	42
6.2. ZUSTAND DER STRAßENBELEUCHTUNG IN VEITSHÖCHHEIM .....	44
6.3. EINSPARPOTENTIAL .....	46
6.4. MAßNAHMEN .....	48
6.5. FINANZIERUNGSMÖGLICHKEITEN .....	51
6.5.1. Förderungen .....	51
6.5.2. Contracting .....	51
6.6. „VISION FÜR DIE ZUKUNFT“ .....	54
6.7. LITERATURVERZEICHNIS: .....	54
<b>7. VERKEHR .....</b>	<b>56</b>
7.1. EINLEITUNG: .....	56
7.2. BESTAND: .....	57
7.2.1. Motorisierter Individualverkehr .....	57
7.2.2. Unmotorisierter Verkehr .....	57
7.2.3. Gemeindefahrzeuge .....	57
7.2.4. ÖPNV .....	58
7.2.5. Verteilung Verkehr .....	60
7.2.6. CO <sub>2</sub> -Emission .....	62
7.3. MAßNAHMEN .....	62
7.3.1. Verkehrsvermeidung .....	63
7.3.2. Verkehrsverlagerung .....	64
7.3.3. Verkehrsoptimierung .....	65
7.3.4. Ökonomische Maßnahmen .....	66
7.3.5. Spezifische Emissionsminderung .....	66
7.3.6. Einfluss der Maßnahmen untereinander .....	67
7.4. ZUSAMMENFASSUNG .....	67
<b>8. ÜBERSICHT VERBRAUCHER .....</b>	<b>69</b>
8.1. EINLEITUNG .....	69
8.2. ANTEILE .....	70
Literaturverzeichnis: .....	71
<b>9. ALTERNATIVE ENERGIETRÄGER .....</b>	<b>72</b>
9.1. PHOTOVOLTAIK .....	72
9.1.1. Grundlagen zur Nutzung von Photovoltaik .....	72
9.1.2. Momentane Nutzung .....	73
9.1.3. Energiepotential .....	73
9.1.4. Maßnahmen .....	75
9.1.5. Finanzierungsmöglichkeiten .....	77
9.2. SOLARTHERMIE .....	79



9.2.1.	Grundlagen zur Nutzung von Solarthermie.....	79
9.2.2.	Momentane Nutzung.....	80
9.2.3.	Energiepotential.....	80
9.2.4.	Maßnahmen.....	81
9.2.5.	Finanzierungsmöglichkeiten .....	81
9.3.	BIOMASSE.....	83
9.3.1.	Momentane Nutzung.....	83
9.3.2.	Energiepotential.....	83
9.3.3.	Maßnahmen.....	86
9.3.4.	Finanzierungsmöglichkeiten .....	87
9.4.	GEOTHERMIE.....	88
9.4.1.	Grundlagen .....	88
9.4.2.	Finanzierungsmöglichkeiten .....	89
9.5.	WINDKRAFT .....	90
9.6.	WASSERKRAFT .....	91
9.7.	„VISION FÜR DIE ZUKUNFT“ .....	91
9.8.	LITERATURVERZEICHNIS:.....	93
<b>10.</b>	<b>TRINKWASSER/ABWASSER .....</b>	<b>94</b>
10.1.	GRUNDLAGEN DER ENERGIEGEWINNUNG AUS GRUND- UND ABWASSER.....	94
10.1.1.	Gegenwärtige Situation .....	94
10.1.2.	Aufbau einer Anlage zur Nutzung des Energiepotentials von Wasser .....	94
10.1.3.	Nutzungsarten .....	98
10.1.4.	Geeignete Gebäude .....	99
10.1.5.	Geeignete Kanäle zur Nutzung von Abwasserwärme .....	100
10.2.	ZUSTAND DES TRINKWASSER- UND ABWASSERSYSTEMS IN VEITSHÖCHHEIM.....	101
10.2.1.	Trinkwassersystem.....	101
10.2.2.	Abwassersystem .....	102
10.3.	ENERGIEPOTENTIAL.....	103
10.4.	MAßNAHMEN.....	105
10.5.	FINANZIERUNGSMÖGLICHKEITEN.....	106
10.5.1.	Förderprogramme.....	106
10.5.2.	Contracting .....	106
10.6.	„VISION FÜR DIE ZUKUNFT“ .....	107
<b>11.</b>	<b>KLÄRANLAGE VEITSHÖCHHEIM.....</b>	<b>109</b>
11.1.	GRUNDLAGEN DER KLÄRANLAGENTECHNIK .....	109
11.1.1.	Grundbegriffe.....	109
11.1.2.	Gegenwärtige Situation .....	109
11.1.3.	Aufbau einer Kläranlage .....	110
11.2.	ZUSTAND DER KLÄRANLAGE IN VEITSHÖCHHEIM .....	113
11.2.1.	Aufbau .....	113
11.2.2.	Energieverbrauch .....	114
11.3.	ENERGIEPOTENTIAL.....	116
11.4.	MAßNAHMEN.....	117
11.5.	FINANZIERUNGSMÖGLICHKEITEN.....	118
11.6.	„VISION FÜR DIE ZUKUNFT“ .....	119
<b>12.</b>	<b>ENERGIESTRUKTUR.....</b>	<b>120</b>
12.1.	ALLGEMEIN .....	120



12.2.	VERBRAUCHER / ERZEUGER .....	123
12.3.	ENERGIEPOTENTIALE .....	124
12.3.1.	<i>Einsparmaßnahmen</i> .....	124
12.3.2.	<i>Umweltenergie</i> .....	125
12.3.3.	<i>Effizienztechnik</i> .....	125
12.3.4.	<i>Energieträgerwechsel</i> .....	125
12.4.	ENERGIESTRUKTUR .....	126
12.4.1.	<i>Finanzierungsmöglichkeiten</i> .....	126
<b>13.</b>	<b>ÖFFENTLICHKEITSARBEIT .....</b>	<b>129</b>
13.1.	GRUNDLAGEN .....	129
13.1.1.	<i>Einleitung</i> .....	129
13.1.2.	<i>Öffentlichkeitsarbeit im Überblick</i> .....	129
13.2.	MÖGLICHKEITEN .....	130
13.2.1.	<i>Schulen</i> .....	130
13.2.2.	<i>Öffentliche Veranstaltungen</i> .....	130
13.2.3.	<i>Gemeindeverwaltung</i> .....	131
13.3.	VISUALISIERUNG / MEDIEN .....	131
13.4.	ANREIZE / FÖRDERUNGEN .....	132
13.5.	KONKRET .....	133
<b>14.</b>	<b>CONTROLLING-KONZEPT .....</b>	<b>134</b>
14.1.	BEGRIFFSERKLÄRUNG: .....	134
14.2.	AUFGABEN: .....	135
14.3.	OPTIONEN: .....	135
14.3.1.	<i>Vereinfachtes Konzept:</i> .....	135
14.3.2.	<i>internetunterstütztes Konzept</i> .....	136
14.3.3.	<i>Personell unterstütztes Konzept</i> .....	137
14.3.4.	<i>Umsetzung</i> .....	137
<b>15.</b>	<b>ZUKÜNFTIGE ENERGIESTANDARDS .....</b>	<b>139</b>
15.1.	EINLEITUNG .....	139
15.2.	MÖGLICHKEITEN .....	139
15.2.1.	<i>Einzelqualitäten</i> .....	139
15.2.2.	<i>Gesamtqualitäten</i> .....	140
15.2.3.	<i>Lebenszyklusbetrachtung</i> .....	140
15.3.	EMPFEHLUNG .....	141
<b>16.</b>	<b>INVESTITIONSKOSTEN /REGIONALE WERTSCHÖPFUNG .....</b>	<b>143</b>
16.1.	INVESTITION .....	143
16.1.1.	<i>Investitionskosten Gemeinde</i> .....	143
	Organisation .....	143
	Öffentlichkeitsarbeit .....	143
	Energiesstruktur .....	143
	Straßenbeleuchtung .....	143
	Wohnquartiere .....	143
	Einzelgebäude .....	144
	Gemeindeeigene Liegenschaften .....	144
16.1.2.	<i>Investitionskosten Gemeinde / sonstige Beteiligte</i> .....	144
	Verkehr .....	144
	Energiesstruktur .....	144



Öffentlichkeitsarbeit .....	144
16.2. KOSTENEINSPARUNG .....	144
Straßenbeleuchtung .....	144
Gemeindeeigene Liegenschaften.....	144
16.3. REGIONALE WERTSCHÖPFUNG .....	145
16.4. WIRTSCHAFTLICHKEIT .....	146
<b>17. MAßNAHMENKATALOG / ZEITPLAN .....</b>	<b>147</b>
17.1. MAßNAHMEN.....	147
17.1.1. <i>Gemeindeeigene Liegenschaften</i> .....	147
17.1.2. <i>Wohnquartiere</i> .....	147
17.1.3. <i>Einzelgebäude</i> .....	148
17.1.4. <i>Gewerbe</i> .....	148
17.1.5. <i>Straßenbeleuchtung</i> .....	148
17.1.6. <i>Verkehr</i> .....	148
17.1.7. <i>Kläranlage</i> .....	149
17.1.8. <i>Energiestruktur</i> .....	149
17.1.9. <i>Öffentlichkeitsarbeit</i> .....	149
17.1.10. <i>Organisation</i> .....	149
17.2. ZEITPLAN .....	150
17.2.1. <i>Erklärung der Maßnahmen</i> .....	150
Organisation: .....	150
Öffentlichkeitsarbeit: .....	150
Energiestruktur: .....	150
Kläranlage: .....	151
Verkehr .....	151
Straßenbeleuchtung: .....	151
Gewerbe: .....	151
Einzelgebäude:.....	151
Wohnquartiere: .....	152
eigene Liegenschaften: .....	152
17.3. FÖRDERMÖGLICHKEITEN .....	152
<b>18. VERZEICHNISSE .....</b>	<b>153</b>
18.1. ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	153
18.2. TABELLENVERZEICHNIS.....	157
18.3. ANHÄNGE: .....	158



## 2. Einleitung

---

### 2.1. Allgemein

Der Klimawandel mit seinen Auswirkungen auf die Umwelt wird sowohl politisch als auch gesellschaftlich ein immer wichtigeres Thema. Als eine Hauptursache wird die hohe weltweite CO<sub>2</sub>-Emission angenommen. Daher hat sich die Bundesregierung für folgende Ziele entschieden: Die Emission von CO<sub>2</sub> soll bis 2020 gegenüber dem Stand von 1990 um 40% reduziert werden, bis 2030 um 55%, bis 2040 um 70% und bis 2050 um 80 bis 95%. Der Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch soll bis 2020 18% erreichen, bis 2030 auf 30%, bis 2050 sogar auf 60% steigen. Diese ambitionierten Ziele sind nur zu erreichen, wenn in allen Sektoren deutliche Einsparungen erzielt werden. So soll im Verkehrsbereich der Endenergieverbrauch bis 2020 um 10%, bis 2050 um 40% zurückgehen, im Bereich Gebäude soll die Sanierungsrate von 1% auf 2% verdoppelt werden<sup>1</sup>. Daher wurden verschiedene Förderprogramme entwickelt, um einen Anreiz für Kommunen, Industrie und Privatpersonen zu schaffen, einen Beitrag zur dieser Einsparung zu leisten. Aufgrund der seit vielen Jahren kontinuierlich, und derzeit wieder stark steigenden Preise für fossile Energieträger können über Energieeinsparungen und Umstieg auf regenerative Energieträger neben den CO<sub>2</sub>-Emissionen auch die Energiekosten deutlich reduziert werden.

Auch wenn der, nur auf Ebene der Bundespolitik beeinflussbare, Sektor „Energiewirtschaft“ den größten Anteil der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland ausmacht, spielen auch die anderen Sektoren eine wichtige Rolle zum Erreichen der Ziele. Kommunen kommt beim Thema Klimaschutz eine Schlüsselrolle zu: als die Verwaltungsebene, die sich am nächsten beim Bürger befindet, hat ihr Handeln im großen Maße Vorbildcharakter. Zu betrachten sind einerseits die kommunalen Energieverbraucher und deren Bewirtschaftung, aber auch mögliche kommunale Energieerzeugung sowie die Öffentlichkeitsarbeit.

---

<sup>1</sup> Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit,  
<http://www.bmu.de/energiekonzept/doc/46498.php>, Stand: Oktober 2010



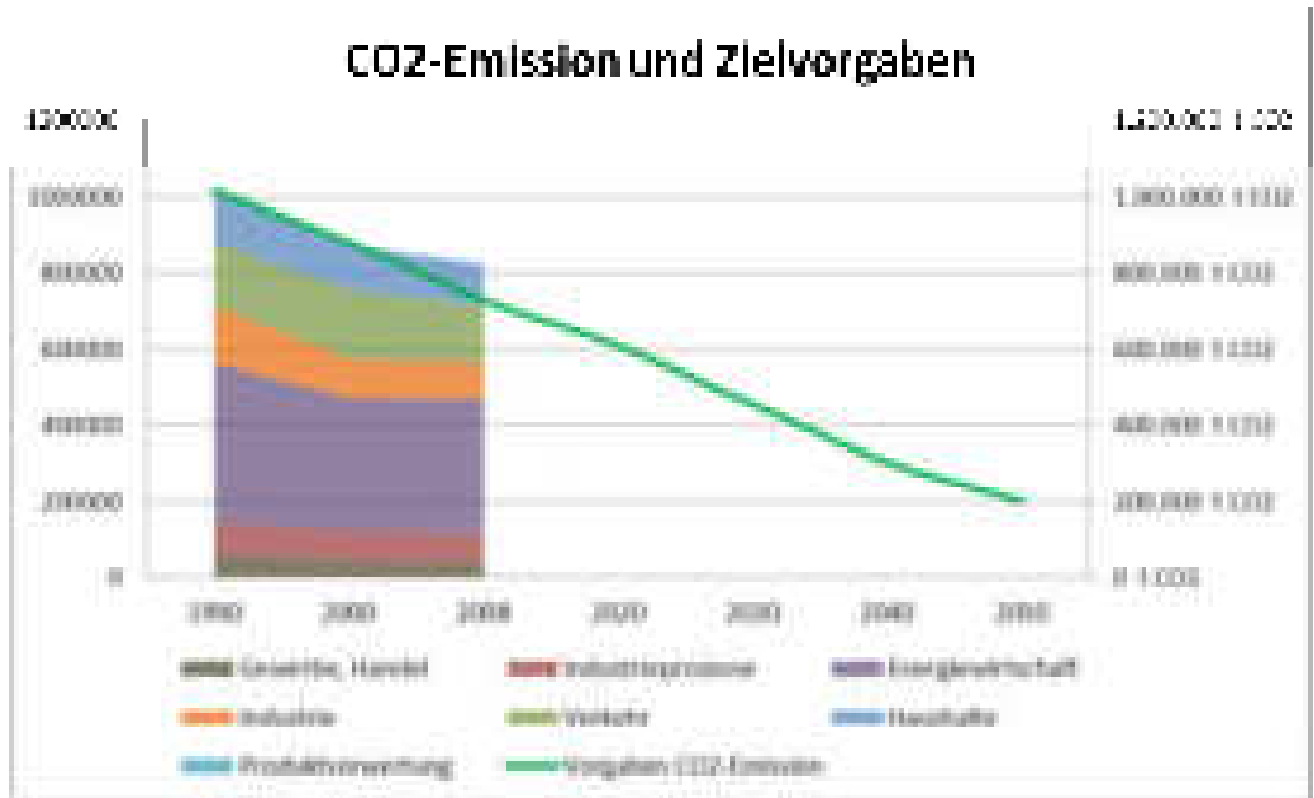


Abbildung 2.1.1: CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland; Entwicklung und Ziele (Quelle: Bundesumweltamt, BMU)

## 2.2. Aufgabenstellung

Für die Erstellung des integrierten Klimaschutzkonzeptes mit Teilkonzept Liegenschaften wurde der Gemeinde Veitshöchheim im April 2009 ein Angebot vorgelegt. Dazu wurde ein Grundgerüst mit Angaben zum Arbeitsumfang der einzelnen Punkte erstellt. Nach umfangreichem Email-Verkehr mit dem Projektträger Jülich wurde die Grundstruktur überarbeitet und der Arbeitsumfang, und damit auch die Bearbeitungstiefe, nach Vorgaben der Projektträgers deutlich reduziert. Ende 2009 wurde das Architekturbüro Werner Haase von der Gemeinde Veitshöchheim mit der Erstellung eines integrierten Klimaschutzkonzeptes und der Erstellung eines Teilkonzeptes Liegenschaften beauftragt.

## 2.3. Grundlagen

Für die Untersuchungen wurden bei der Gemeinde allgemeine Angaben und für die CO<sub>2</sub>-Emission relevante Daten der gemeindeeigenen Sektoren abgefragt. Hierzu zählen die gemeindeeigenen Liegenschaften, die Straßenbeleuchtung, Wasser-Abwasser sowie die Kläranlage. Für den Sektor Verkehr wurden die Erhebungsdaten des Verkehrskonzeptes, Angaben zum ÖPNV von der WVV (Würzburger Versorgungs- und Verkehrs-GmbH), das Tabellenwerk Mobilität in Deutschland 2008





vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, der Endbericht TREMOD, Version 5 vom IFEU 2010 sowie diverse Quellen aus Literatur und Internet als Grundlage genommen. Die Grundlagen des Sektors Wohngebäude wurden über Luftbilder, Ortsbegehungen mit persönlichen Einschätzungen sowie allgemeine statistische Daten ermittelt. Versuche, genauere Verbrauchsdaten über den örtlichen Energieversorger zu erhalten, scheiterten trotz erheblicher Bemühungen an der fehlenden Kooperation des Energieversorgers. Das örtliche Gewerbe konnte aus meist fehlendem Interesse nur bruchstückhaft in die Untersuchung integriert werden, Ausnahme war hier die Firma „Wegmann automotive“, welche durch ausführliche Informationen vor Ort und Offenlegen der Verbrauchsdaten eine Untersuchung ermöglicht hat. Örtliche Institutionen wie die Landesanstalt für Wein- und Gartenbau sowie das Don-Bosko-Werk, ebenso wie Sportvereine und die Kirchengemeinden, unterstützten die Untersuchung durch Übermittlung von Verbrauchsdaten und detaillierten Informationen vor Ort.

## 2.4. Vorgehensweise

Zur Erstellung des Klimaschutzkonzeptes wurden zuerst örtliche Daten abgefragt. Neben allgemeinen Daten wie Flächen und Einwohner, wurden auch energiespezifische und sektorenspezifische Daten angefordert. Diese wurden strukturiert, analysiert und mit Ortsbegehungen abgeglichen bzw. verifiziert. Aus diesen Grundlagen wurden Kennwerte gebildet und in Energiekarten übertragen. Fehlende Daten wurden je nach Art aus Erfahrungswerten abgeschätzt, aus vorhandenen Werten hochgerechnet oder aus statistischen Mittelwerten Deutschlands gebildet. Dabei wurden die einzelnen Sektoren zunächst getrennt betrachtet, das Einsparpotential abgeschätzt oder berechnet und in Berichten zusammengefasst. Parallel wurden Synergien zwischen den einzelnen Sektoren untersucht und in einem Überblick dargestellt. Für die Umsetzung wurde ein Grundgerüst möglicher Maßnahmen entwickelt, welches flexibel auf Änderungen reagieren kann. Dazu wurden grob die Kosten und ein Zeitplan aufgestellt, so dass ein Überblick über Aufwand und Auswirkung möglich ist.

## 2.5. Zusammenfassung / Fazit

Das Ergebnis der Bestandsuntersuchung in Veitshöchheim kann recht einfach zusammengefasst werden: In allen untersuchten Sektoren besteht ein beachtliches Einsparpotential. Der energetische Standard ist niedrig, regenerative Energieträger sind nur vereinzelt vorhanden. Synergien wie Nutzung von Produktionsabwärme gibt es keine. Das Bewusstsein in der Bevölkerung für das Thema CO<sub>2</sub>-Einsparung ist fast nicht vorhanden, was auch an der niedrigen Anzahl sanierter Gebäude, dem



hohen Anteil am motorisierten Individualverkehr und der geringen Unterstützung bei Untersuchungen im Rahmen dieses Konzeptes deutlich wird. Vereinzelt gibt es Ausnahmen, aber nicht mehr.

Daher sind eine gute Öffentlichkeitsarbeit, das Durchführen von Leuchtturmprojekten und eine Vorbildfunktion der Gemeindeverwaltung bedeutende Faktoren für die erfolgreiche Umsetzung des Klimaschutzkonzeptes. Nur wenn die Bewohner Veitshöchheims, die Industrie, das Gewerbe und sonstige Einrichtungen ihren Anteil zur CO<sub>2</sub>-Minderung beitragen, kann die ermittelte Einsparung von über 80% CO<sub>2</sub> bis zum Jahr 2050 erreicht werden. Es muss eine Eigendynamik in der Gemeinde geschaffen werden, das gemeinsame Ziel „CO<sub>2</sub>-neutrale Gemeinde“ umzusetzen.

Für die Gemeindeverwaltung heißt das, kontinuierlich und intensiv an der Umsetzung zu arbeiten, die eigenen Liegenschaften über ein Energiemanagement bewusst zu verwalten und eine auf lange Sicht ausgelegte Politik durchzuführen. Überall in Deutschland sind Kommunen dabei, einen ähnlichen Weg einzuschlagen. Die Kommunikation untereinander kann viele Probleme vereinfachen oder sogar lösen. Auch eine Kooperation mit Nachbargemeinden kann ein guter Schritt auf dem Weg zur Umsetzung des Klimaschutzkonzeptes sein.

Der alleinige Umstieg auf regenerative Energieträger ist für eine so große, städtische Gemeinde wie Veitshöchheim nicht zielführend. Nur bei einer deutlichen Reduzierung des Verbrauchs kann ein großer Teil der Energie regenerativ bereitgestellt werden, durch den Bezug nachwachsender Energieträger aus Nachbargemeinden mit niedriger Bevölkerungsdichte kann der Anteil regenerativ erzeugter Energie noch weiter erhöht und die CO<sub>2</sub>-Emissionen gesenkt werden. Auch die Beteiligung an Windkraftanlagen an günstigen Standorten kann, zumindest bilanziert, eine CO<sub>2</sub>-Minderung bewirken.

Finanziell gesehen kommt auf die Gemeinde und alle, die einen Beitrag zum Klimaschutzkonzept leisten, zunächst eine Mehrbelastung zu. Diese relativiert sich jedoch durch die geringeren Energiekosten. Mittel- bis langfristig amortisieren sich die Investitionen, so dass mit der CO<sub>2</sub>-Einsparung eine Kosteneinsparung einhergeht.

Der Weg zur CO<sub>2</sub>-neutralen Gemeinde wird seine Zeit brauchen und immer wieder einen Anschub seitens der Gemeindeverwaltung und Politik benötigen. Mit einem ähnlichen Engagement wie bei der Teilnahme am „entente florale“ kann die Umsetzung des Klimaschutzkonzeptes aber entsprechend erfolgreich abgeschlossen werden.



## 3. Gemeinde Veitshöchheim

---

### 3.1. Der Ort

Die Gemeinde Veitshöchheim liegt etwa 7 km nordwestlich von Würzburg in Unterfranken/Bayern und besteht neben Veitshöchheim selbst noch aus dem Ortsteil Gadheim. Urkundlich wurde der Ort zum ersten Mal im Jahre 1097 erwähnt. Heute umfasst die als Unterzentrum eingestufte Gemeinde etwa 10.000 Einwohner auf ca. 10 km<sup>2</sup> Fläche, ein Gewerbegebiet mit ca. 30 Betrieben sowie eine Bundeswehrkaserne. Desweiteren sind die Landesanstalt für Wein- und Gartenbau Bayern (LWG) sowie das Berufsförderwerk Würzburg (BFW), ein überregionales Kompetenzzentrum für die berufliche Bildung von erwachsenen blinden und sehbehinderten Menschen, und der Markushof in Gadheim vom Don Bosko-Berufsbildungswerk Würzburg in der Gemeinde angesiedelt.

Veitshöchheim ist vor allem in den warmen Monaten ein beliebtes Ausflugsziel, welches v.a. über die Personenschiffahrt von Würzburg aus erreicht wird. Neben einem der schönsten Rokokogärten Europas und dem dazugehörigen Schloss sind vor allem die Vituskirche, die Martinskapelle und der z.T. noch aus dem Barock stammende und im Rahmen einer Städtebauförderung sanierte Ortskern sehenswert.

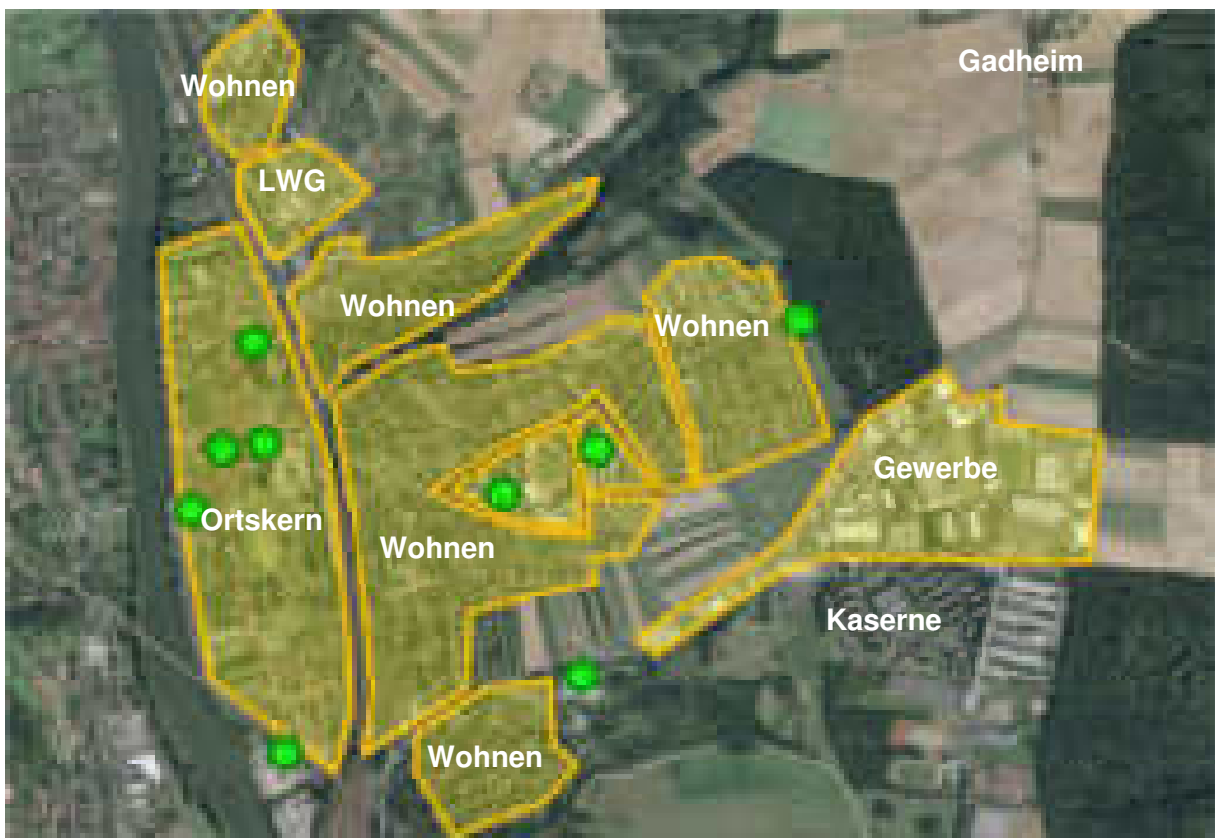


Abbildung 3.1.1: Struktur Veitshöchheim

### 3.2. Flächennutzung

Veitshöchheim ist eine von der Fläche her eher kleine Gemeinde mit einem recht geringen Anteil an Wald- (23%) und Landwirtschaftsfläche (36%). Die Siedlungs- und Verkehrsfläche hat mit fast 38% den größten Anteil. Veitshöchheim ist durch die Bahnlinie und Bundesstraße B27 zweigeteilt, im Westen, zwischen Main und Straße liegt der Altort, östlich der Straße die Baugebiete, das Gewerbegebiet und die Bundeswehrkaserne. Pro Einwohner beträgt die Gemeindefläche ca. 0,11 ha, was ungefähr einem Viertel des Bundesdurchschnitts von 0,43 ha entspricht.

Art der Nutzung	Fläche (ha)
<b>Siedlungs- und Verkehrsfläche</b>	<b>407</b>
<b>Abbauland</b>	<b>0,1</b>
<b>Landwirtschaftsfläche</b>	<b>388</b>
<b>Waldfläche</b>	<b>248</b>
<b>Wasserfläche</b>	<b>22</b>
<b>Flächen anderer Nutzung</b>	<b>11</b>
<b>insgesamt</b>	<b>1076</b>

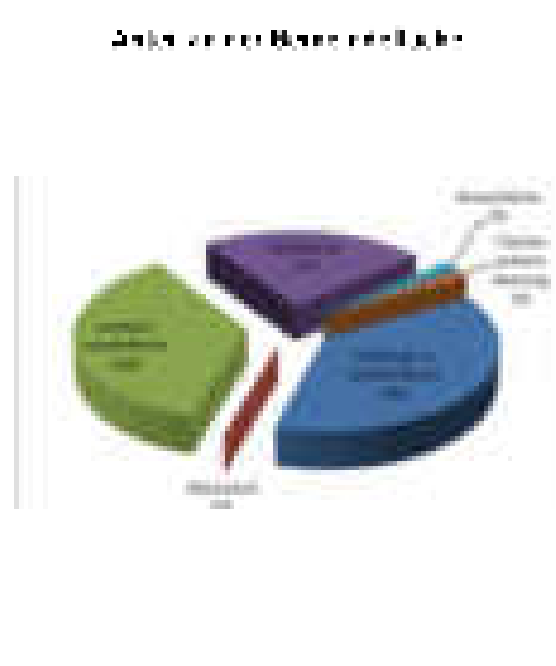


Tabelle 3.2.1: Flächennutzung in Veitshöchheim (Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung)

### 3.3. Bevölkerungszahl

Die Gemeinde Veitshöchheim hat mit ca. 10km<sup>2</sup> eine für fast 10.000 Einwohner kleine Gemeindefläche. Entsprechend liegt die Einwohnerdichte mit 924 Einwohner/km<sup>2</sup> (2008) auf einem hohen, fast städtischen Niveau, und die Forst- und Landwirtschaftsflächen fallen somit klein aus. Zum Vergleich sind hier die Bevölkerungsdichten von benachbarten Gemeinden und dem



Bundesdurchschnitt aufgeführt: Güntersleben: 273 Einw./km<sup>2</sup>, Margetshöchheim: 485 Einw./km<sup>2</sup>, Würzburg: 1520 Einw./km<sup>2</sup>, Deutschland gesamt: 235 Einw./km<sup>2</sup> (2008)<sup>2</sup>

Jahr	1950	1970	1987	1999	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>Bevölkerung</b>	<b>3 722</b>	<b>6 422</b>	<b>8 535</b>	<b>9 831</b>	<b>10 188</b>	<b>10 112</b>	<b>10 061</b>	<b>10 088</b>	<b>10 013</b>	<b>9 938</b>

Tabelle 3.3.1: Entwicklung der Bevölkerungszahl von Veitshöchheim (Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung)

Nach einem stetigen Wachstum zwischen 1950 und 2000 ist in den letzten Jahren die Bevölkerungszahl Veitshöchheims nahezu konstant geblieben bzw. leicht rückläufig.

### 3.4. Wohngebäude

Es gibt in Veitshöchheim insgesamt 4856 Haushalte, so dass 2,05 Einwohner auf einen Haushalt kommen, was ungefähr im deutschen Durchschnitt liegt.

Die Gesamtwohnfläche beträgt ca. 443.000 m<sup>2</sup>, also 44,6 m<sup>2</sup> je Einwohner, was über dem bundesdeutschen Durchschnitt von 41,5 m<sup>2</sup>/ Einw. liegt.

Zahl der Wohnungen	1 Wohnung	2 Wohnungen	3 und mehr Wohnungen	insgesamt
<b>Wohngebäude</b>	1352	522	364	<b>2238</b>
<b>Wohnfläche (m<sup>2</sup>)</b>	<b>166 855</b>	<b>96 362</b>	<b>179 525</b>	<b>442 742</b>

Tabelle 3.4.1: Wohngebäude und Wohnflächen in Veitshöchheim (Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung)

<sup>2</sup> Statistisches Bundesamt Deutschland



### 3.5. Stärken-Schwächen allgemein

Aus der Lage und Struktur Veitshöchheims ergeben sich folgende Stärken und Schwächen:

- Hohe Bevölkerungsdichte bezogen auf Gemeindegebiet, große Siedlungsfläche im Vergleich zu möglichen Flächen für Biomassenutzung
- Restriktionen durch Topographie (Berg)
- Trennung des Siedlungsgebietes durch B27, Bahntrasse
- Starker Durchgangsverkehr
- Rückgang der landwirtschaftlichen Betriebszahlen in den letzten Jahren
- + Nähe zum Oberzentrum Würzburg, verkehrsgünstig
- + Attraktiver Wohnstandort, moderates Bevölkerungswachstum
- + Tourismus aufgrund des attraktiven Ortskerns mit Hofgarten und Schloss
- + Sehr gutes Freizeit- und Kulturangebot (Bücherei, Schulen, Freibad, Sportanlagen, Einkaufsmöglichkeiten, Rokoko-Garten,...)
- + Arbeitsplätze durch Gewerbegebiet mit kleinen und mittelständischen Betrieben, LWG, Bundeswehrkaserne



## 4. Wohnquartiere

---

### 4.1. Momentaner Zustand der Wohnquartiere

Die meisten Wohngebäude in Veitshöchheim sind in schlechtem energetischem Zustand. Nur das Quartier Danziger Straße/Prager Straße entspricht annähernd dem heutigen Niveau. Die Bereiche Am Speckert, Beethovenstraße und südlich des Schulzentrums entsprechen mittlerem energetischem Standard, da manche Wohnhäuser nachträglich gedämmt wurden oder neueren Baujahrs sind. Von den großen Wohnkomplexen der 60er und 70er Jahre wurden bisher nur einzelne saniert. Auch Solarthermie und Photovoltaik wird wenig genutzt. Der Großteil der Wohngebäude wird mit Erdgas beheizt.

#### 4.1.1. Altort



Abbildung 4.1.1: Luftbild Altort (Quelle: Bing maps)

Die Wohnbebauung im Ortskern besteht hauptsächlich aus eng aneinander gebauten Einfamilienhäusern, von denen einige denkmalgeschützt sind (vgl. Abbildung 4.1.2). Nördlich und südlich des Ortskerns nimmt die Bebauungsdichte ab. Hier befinden sich Ein- bis Zweifamilienhäuser und einige unsanierte Wohnblocks. Fast alle Gebäude sind in einem schlechten energetischen Zustand. Bis auf wenige Ausnahmen wird keine Solarthermie oder Photovoltaik genutzt.



Abbildung 4.1.2: typische Wohnbebauung im Altort von Veitshöchheim (Quelle: Architekturbüro Haase)



### 4.1.2. Schenkenfeld



Abbildung 4.1.3: Luftbild Schenkenfeld (Quelle: Bing maps)

In diesem Wohnquartier gibt es hauptsächlich große Wohnkomplexe und Reihenhäuser der 70er Jahre, die in schlechtem energetischem Zustand sind. Nur ein Wohnblock wurde nachträglich gedämmt. Die Bebauungsdichte ist hier sehr hoch, während der westliche Bereich des Quartiers, der aus Ein- und Zweifamilienhäusern besteht, weniger dicht bebaut ist

(vgl. Abbildung 4.1.4). Einzelne Ein- und Zweifamilienhäuser wurden saniert. Solarthermie wird nur auf einzelnen Gebäuden genutzt.

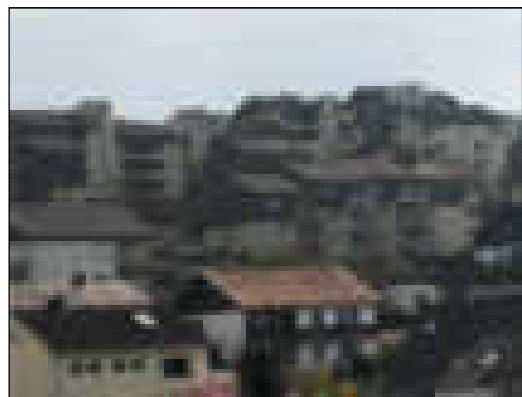


Abbildung 4.1.4: typische Wohngebäude im Quartier Schenkenfeld (Quelle: Architekturbüro Haase)





### 4.1.3. Setz

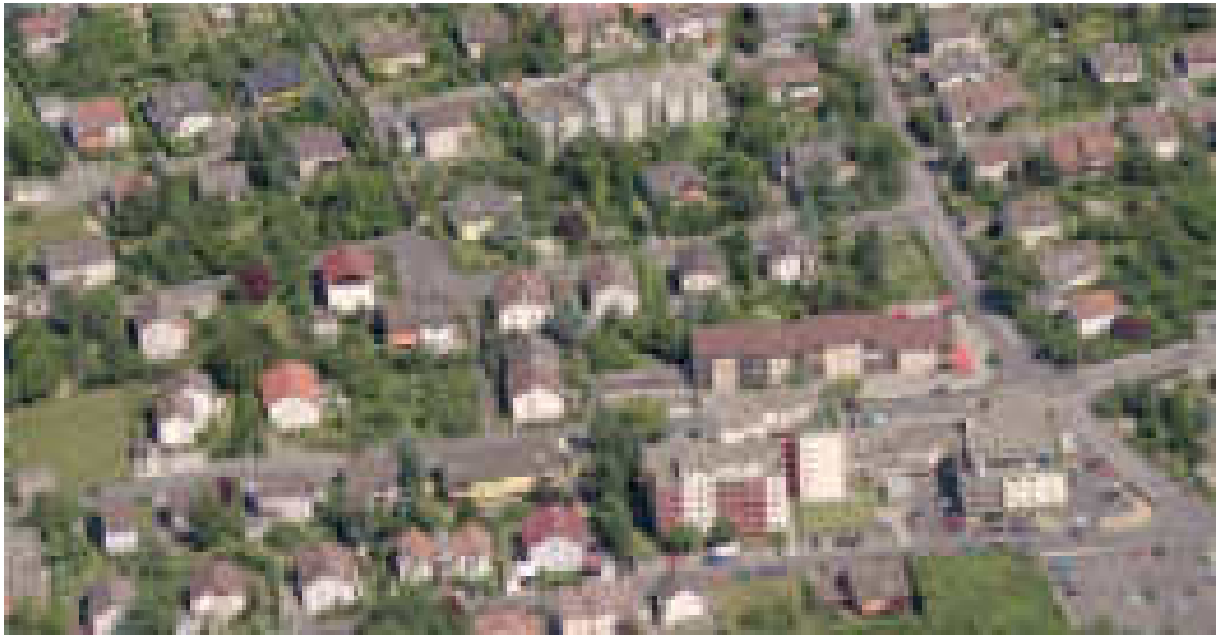


Abbildung 4.1.5: Luftbild Setz (Quelle: bing maps)

Die Wohnbebauung besteht aus freistehenden Ein- und Zweifamilienhäusern und einzelnen größeren Wohnblocks. Der energetische Zustand der Gebäude im Bereich Setzweg/Nikolaus-Fey-Straße ist schlechter als im Bereich südlich des Schulzentrums, wo es ein paar Neubauten gibt und einige Häuser und Wohnblocks nachträglich gedämmt wurden. Solarthermische Anlagen sind nur vereinzelt vorhanden.



Abbildung 4.1.6: Wohnhäuser im Bereich Setz (Quelle: Architekturbüro Haase)



#### 4.1.4. Gartensiedlung



Abbildung 4.1.7: Luftbild Gartensiedlung (Quelle: bing maps)

In diesem Quartier stehen im südlichen Teil Wohngebäude in schlechtem energetischem Zustand. Die Bebauung besteht hauptsächlich aus freistehenden Einfamilienhäusern, von denen wenige nachträglich gedämmt wurden, ein paar Mehrfamilienhäusern und Wohnblocks der 60er Jahre (vgl. Abbildung 4.1.8). Es werden einige solarthermische Anlagen genutzt. Im nördlichen Bereich der Gartensiedlung nimmt der energetische Standard zu. Das Neubaugebiet Danziger Straße/Prager Straße entspricht dem heute vorgeschriebenen energetischen Niveau (vgl. Abbildung 4.1.9). Jedoch sind hier eher wenige solarthermische Anlagen und Photovoltaik vorhanden.



Abbildung 4.1.8: typische Wohnbebauung im südlichen Teil der Gartensiedlung (Quelle: Architekturbüro Haase)



Abbildung 4.1.9: Einfamilienhäuser im Neubaugebiet Danziger Straße/Prager Straße (Quelle: Architekturbüro Haase)



#### 4.1.5. Speckert



Abbildung 4.1.10: Luftbild Speckert (Quelle: bing maps)

Die Wohnbebauung besteht im östlichen Teil aus Einfamilienhäusern der 80er und 90er Jahre und einigen Neubauten. Die Gebäude haben hier insgesamt ein mittleres energetisches Niveau. Solarthermie und Photovoltaik wird wenig genutzt. Im westlichen Bereich nimmt der energetische Standard ab. Hier stehen Ein- und Zweifamilienhäuser aus den 70er und 80er Jahren (vgl. Abbildung 4.1.11).



Abbildung 4.1.11: typische Wohngebäude im Quartier Speckert (Quelle: Architekturbüro Haase)



#### 4.1.6. Hofweg/Sendelbachstraße



Abbildung 4.1.12: Luftbild Hofweg (Quelle: bing maps)

Dieses Wohnquartier besteht vorwiegend aus Einfamilienhäuser, die einen schlechten energetischen Zustand aufweisen (vgl. Abbildung 4.1.14). Nur im Bereich der Beethovenstraße sind die Wohnhäuser von mittlerem energetischem Niveau (vgl. Abbildung 4.1.13). Außerdem gibt es hier relativ viele solarthermische Anlagen und Photovoltaik.

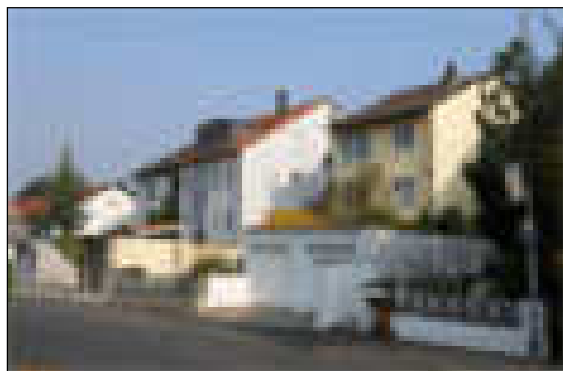


Abbildung 4.1.14: Wohnbebauung in der Sendelbachstraße (Quelle: Architekturbüro Haase)

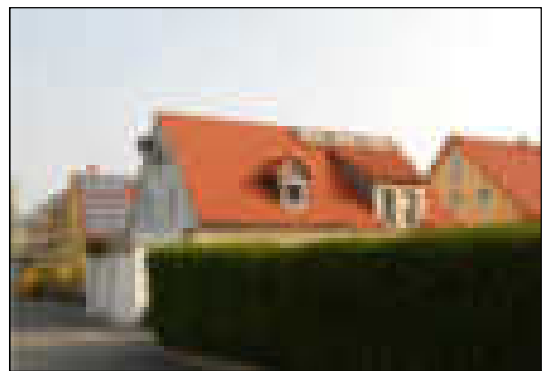


Abbildung 4.1.13: Wohnhäuser im Bereich Beethovenstraße (Quelle: Architekturbüro Haase)



### 4.1.7. Birkental



Abbildung 4.1.15: Luftbild Birkental (Quelle: bing maps)

In diesem Wohnquartier gibt es hauptsächlich terrassenförmig angelegte Wohnkomplexe und Reihenhäuser der 70er Jahre, die in schlechtem energetischem Zustand sind (vgl. Abbildung 4.1.16). Solarthermie und Photovoltaikanlagen sind kaum vorhanden



Abbildung 4.1.16: typische Wohnkomplexe im Birkental (Quelle: Architekturbüro Haase)



#### 4.1.8. Übersicht

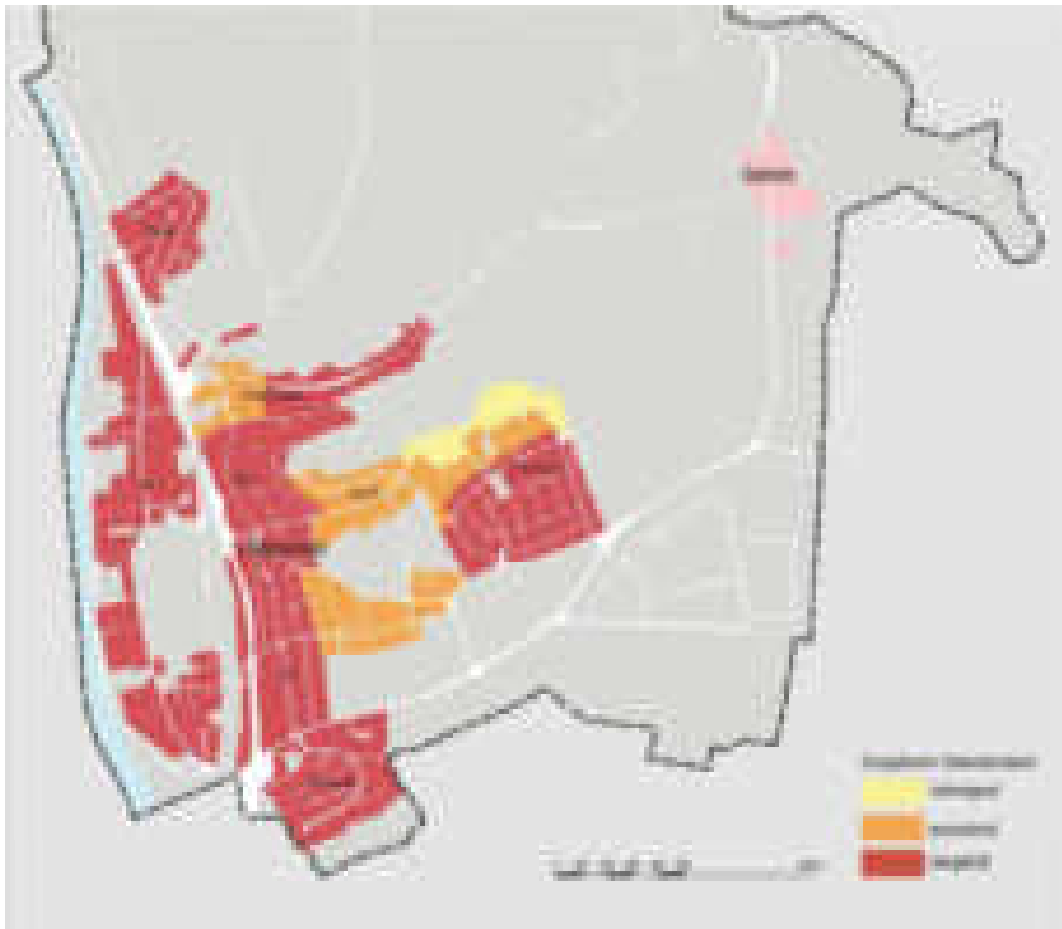


Abbildung 4.1.17: energetische Einstufung der Wohngebiete

Der Großteil der Gemeinde besteht aus älteren, unsanierten Gebäuden mit sehr niedrigem Energiestandard. Hier besteht ein Einsparpotential durch energetische Sanierungen von über 60% (ohne Berücksichtigung eines Energieträgerwechsels). Der nördliche Teil der Gartensiedlung und auch der Speckert haben einen höheren Energiestandard. Trotzdem besteht auch hier ein nicht zu unterschätzendes Einsparpotential, welches aufgrund des meist geringen Baualters der Gebäude allerdings erst langfristig ausgeschöpft werden kann.



## 4.2. Energieeinsparpotential

Ein besonders großes Einsparpotential liegt im Energieverbrauch für Raumwärme, da dieser ca. 75% des gesamten Energieverbrauchs privater Haushalte ausmacht. Durchschnittlich verbraucht ein Wohngebäude in Deutschland dafür ca. 160 kWh/m<sup>2</sup>. Da Veitshöchheim mit seinem großen Gebäudebestand aus den 60er und 70er Jahren und einem kleinen Neubaugebiet ein typisches Beispiel für die Wohnbebauung in Deutschland ist, kann dieser Wert auch für Veitshöchheim angenommen werden. Bei einer Wohnfläche von insgesamt 443.000 m<sup>2</sup><sup>3</sup> ergibt sich so ein Energieverbrauch im Bereich Wärme von ca. 70 Mio. kWh im Jahr. Der Stromverbrauch liegt bei ca. 22 Mio. kWh pro Jahr. Durch aufeinander abgestimmte energetische Sanierungsmaßnahmen, wie z.B. Außendämmung, Erneuerung der Fenster und des Heizsystems oder Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, kann der Energieverbrauch für Wärme mindestens auf 50 kWh/ m<sup>2</sup> gesenkt werden.

Geringer ist das Einsparpotential beim Energieverbrauch zur Erwärmung des Trinkwassers, da dieser nur etwa 12% des Energieverbrauchs von privaten Haushalten ausmacht. Durch Wasser sparende Duscharmaturen oder intelligente Zirkulationspumpen lässt sich der Warmwasserbedarf leicht senken. Der Energiebedarf zur Erwärmung des Trinkwassers liegt in Deutschland bei ca. 1000 kWh pro Person und Jahr. Das ergibt für Veitshöchheim mit seinen knapp 10.000 Einwohnern insgesamt einen Energiebedarf von 10 Mio. kWh. Ein Großteil davon (ca. 60-65%) könnte durch solarthermische Anlagen gedeckt werden (siehe Kapitel Solarthermie).

### 4.2.1. Stromverbrauch

Die Stromverbraucher im Haushalt sind Beleuchtung, Elektrogeräte und Haustechnik wie z.B. Heizungspumpen. In allen Bereichen werden oft noch alte Komponenten mit niedriger Effektivität verwendet. Vor allem bei der Beleuchtung ist ein riesiges Potential vorhanden, da im Haushalt noch immer größtenteils ineffiziente Leuchtmittel wie Glühlampen und Halogenstrahler verwendet werden. Effektivere Alternativen wie Kompaktleuchtstoffröhren, Leuchtstoffröhren und LEDs sind derzeit oft noch sehr teuer oder von der Lichtqualität unzureichend, so dass viele Haushalte bewusst die ineffizienteren Leuchten bevorzugen. Da die Entwicklung gerade im LED-Bereich sehr schnell voran schreitet, ist hier in den nächsten Jahren mit einem umfassenden Wechsel auf effiziente Leuchten zu rechnen. Im Bereich der Elektrogeräte ist der Stand-by-Verbrauch ein immer wichtigeres

---

<sup>3</sup> Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung



Thema. Hier ist die Industrie dabei zu reagieren und den Stand-By-Verbrauch von Geräten zu reduzieren. Durch die Einführung von Energie-Effizienzklassen bei Haushaltsgeräten spielt der Energieverbrauch beim Kauf eine immer größere Rolle. Bei Neuanschaffungen wird daher eine deutliche Reduzierung des Stromverbrauchs stattfinden.





### 4.3. Maßnahmen

Auf die Sanierung privater Wohngebäude kann die Gemeinde nur indirekt Einfluss nehmen. Dies ist auf Basis von Förderprogrammen und Öffentlichkeitsarbeit möglich. Daher kann hier keine Zeitachse bzw. Prioritätenliste angegeben werden.

In Deutschland wird die Sanierungsquote auf 1% bis 3% geschätzt<sup>4</sup>, der CO<sub>2</sub>-Gebäudereport 2007 im Auftrag des BMVBS ermittelte anhand von Umfragen eine durchschnittliche Vollsanierungsquote von 2,2% für die Jahre 2004 bis 2006. Wenn man davon ausgeht, dass diese Quote recht konstant bleibt, würde dies eine fast vollständige Sanierung der Wohngebäude innerhalb von 45 Jahren bedeuten. Dies entspricht auch ungefähr dem maximalen Sanierungszyklus von Gebäuden, was diese Annahme unterstützt. Schon heute ist bei einer energetischen Sanierung eine CO<sub>2</sub>-Einsparung von ca. 60% gut möglich (Gebäudehülle, Effizienztechnik, ohne Berücksichtigung solarer Unterstützung oder regenerativer Energieerzeugung), dies wird allerdings nur in wenigen Fällen erreicht. Durch wachsende Anforderungen und die kontinuierlich steigenden Energiepreise darf man aber davon ausgehen, dass dies in den nächsten Jahren das übliche Einsparpotential für Sanierungen sein wird, für spätere Sanierungen sollte ein Potential von 70% bis 80% Standard sein.

Die Gemeinde kann durch Förderungen und Öffentlichkeitsarbeit diese Tendenz stärken und beschleunigen, so dass eine komplette Sanierung der Wohngebäude mit einer 60%igen Einsparung vielleicht schon nach 30 bis 40 Jahren möglich ist.

### 4.4. Finanzierungsmöglichkeiten

Für Wohngebäude gibt es eine Reihe von Förderungen in Form von zinsgünstigen Krediten und Zuschüssen.

Siehe Übersichtstabelle Fördermöglichkeiten für Wohngebäude im Anhang.

---

<sup>4</sup> ENEF-Haus Wege aus dem Sanierungsstau, Dr. Frank Heidrich, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung



#### 4.5. „Vision für die Zukunft“

Auf lange Sicht sollte das Null- oder Plus-Energiehaus zum Standard werden, so dass im Bereich der Wohnhäuser der CO<sub>2</sub>-Ausstoß auf nahezu Null reduziert wird. Schon heute sind diese Häuser möglich, v.a. in der Schweiz und in Vorarlberg werden sie auch häufig umgesetzt. Bei Sanierungen ist es allerdings ungleich schwieriger diesen Standard zu erreichen als bei Neubauten, so dass wahrscheinlich dieser Standard bei Sanierungen erst mit einer Weiterentwicklung von Baustoffen und der Gebäudetechnik zum Standard werden kann.

Für die Ausweisung von Neubaugebieten sollte schon heute ein zukunftsweisender Standard vorgeschrieben werden. Neben den ökologischen Aspekten kann dies, mit entsprechender Öffentlichkeitsarbeit, die Attraktivität eines Standortes erhöhen. Gerade die direkte Nachbarschaft zu Würzburg mit der damit verbundenen guten Anbindung lässt Veitshöchheim zu einem interessanten Wohnort für junge Familien werden, bei denen häufig ein großes Umweltbewusstsein vorherrscht. Vor allem für diese Zielgruppe, aber auch für andere Interessenten, kann ein Passivhauswohngebiet ein ausschlaggebender Faktor für die Wohnortwahl bedeuten.



## 5. Einzelgebäude

---

### 5.1. Einleitung

Um einen Überblick über die wichtigen Einzelgebäude und Liegenschaften im Gemeindegebiet zu bekommen, wurden bei Gebäuden und Liegenschaften von Kirche, Gewerbe und einigen Institutionen energetische Kurzanalysen durchgeführt. Dazu wurden die Verbrauchswerte für Gas und Strom abgefragt, klimabereinigt und analysiert. Bei einer Begehung vor Ort wurden durch Ansicht und durch Informationen der Nutzer oder Hausmeister grob die energetische Qualität von Hülle und Technik abgeschätzt und mit den vorhandenen Daten abgeglichen. Darüber hinaus wurden die Besonderheiten sowie das Einsparpotential abgeschätzt. Daraus wurden die CO<sub>2</sub>-Emission in Bestand und optimiertem Zustand errechnet. Die gemeindeeigenen Liegenschaften (außer Wohngebäude) wurden im Rahmen des „Teilkonzepts Liegenschaften“ genauer untersucht.

### 5.2. Überblick Gebäude und Liegenschaften

(Das angegebene CO<sub>2</sub>-Einsparpotential wird hier ohne Wechsel der Energieträger angegeben, da die Einsparung durch regenerative Energieträger übergeordnet in der Gesamtübersicht betrachtet wird.)

#### 5.2.1. Turnverein



Abbildung 5.2.1: Luftbild Turnverein (Quelle: bing maps)



Die Gebäude des Turnvereins bestehen aus zwei Sporthallen und einer Tennishalle. Auf den Hallendächern sind großflächige Photovoltaikanlagen installiert. Der energetische Standard der beiden Turnhallen ist schlecht, vor allem durch Dach und Lichtbänder gehen erhebliche Wärmemengen verloren. Ein weiteres Problem sind die großen Undichtigkeiten vor allem im Bereich der Fenster. Die derzeitige CO<sub>2</sub>-Emission (ohne Berücksichtigung der PV-Anlage) liegt bei über **100 t** pro Jahr. Eine Nachdämmung v.a. der Dächer ist allerdings geplant, so dass hier schon ca. 15% bis 20% der Emissionen eingespart werden. Durch umfangreiche Sanierungen der Hallen könnte die CO<sub>2</sub>-Emission um über 50% reduziert werden.

### 5.2.2. Landesanstalt für Wein und Gartenbau



Abbildung 5.2.2: Luftbild LWG (Quelle: bing maps)

Die Landesanstalt besteht aus mehreren Gebäuden und Gewächshäusern, die zwischen 1965 und 2011 errichtet wurden. Entsprechend unterschiedlich ist der Energiestandard. Neben den Gaskesseln sorgen zwei Rapsöl-BHKW's für Wärme, die größtenteils zentral erzeugt und über ein Nahwärmenetz verteilt wird. Auf den Wohngebäuden ist eine solarthermische Anlage installiert. Die Hauptverbraucher sind die Gewächshäuser, für die allerdings ein energetisch optimierter Ersatz geplant ist. Die derzeitige jährliche CO<sub>2</sub>-Emission der LWG beträgt ca. **1600 t** abzüglich der Gutschriften durch die Einspeisung von regenerativ erzeugtem Strom. Durch umfangreiche Sanierungen könnte diese CO<sub>2</sub>-Emission um 40% bis 50% reduziert werden.



### 5.2.3. Markushof Gadheim



Abbildung 5.2.3: Luftbild Markushof (Quelle: bing maps)

Der ehemalige Gutshof besteht aus mehreren Gebäuden unterschiedlichen Baualters. Der durchschnittliche Dämmstandard der Hauptgebäude ist gut, Hauptverbraucher sind die energetisch schlechten Gewächshäuser. Die Wärme wird in mehreren Zentralen mit Gaskesseln (teilweise Brennwerttechnologie) erzeugt. Derzeit beträgt die CO<sub>2</sub>-Emission pro Jahr ca. **440 t**. Durch bauliche Maßnahmen ist theoretisch eine Einsparung von ca. 30% möglich.

### 5.2.4. Landkreisgymnasium



Abbildung 5.2.4: Luftbild Landkreisgymnasium (Quelle: bing maps)

Das ca. 10 Jahre alte Landkreisgymnasium hat einen guten energetischen Standard vorzuweisen, entsprechend niedrig sind, trotz des großen Glasflächenanteils und der großen Hüllfläche, die Verbrauchszahlen für Wärme. Beheizt wird das Gebäude über eine Wärmeleitung durch die Heizzentrale im Sportzentrum. Im Gegensatz zum Wärmeverbrauch ist der Stromverbrauch des Gebäudes überdurchschnittlich hoch. Die jährliche CO<sub>2</sub>-Emission des Gebäudes liegt bei ca. **230 t**. Durch bauliche Maßnahmen könnte diese Emission theoretisch um ca. 30% reduziert werden.



### 5.2.5. Rupert-Egenberger-Schule



Abbildung 5.2.5: Luftbild Rupert-Egenberger-Schule (Quelle: Bing maps)

Die Förderschule des Landkreises wurde 1963 erbaut und weist einen entsprechend schlechten energetischen Standard auf. Das Gebäude wird wie das Landkreisgymnasium durch die Heizzentrale im Sportzentrum beheizt. Die jährliche CO<sub>2</sub>-Emission beträgt ca. **160 t**, durch eine Generalsanierung könnte eine Einsparung von über 70% erreicht werden.

### 5.2.6. Liegenschaften der Pfarrgemeinde St. Vitus

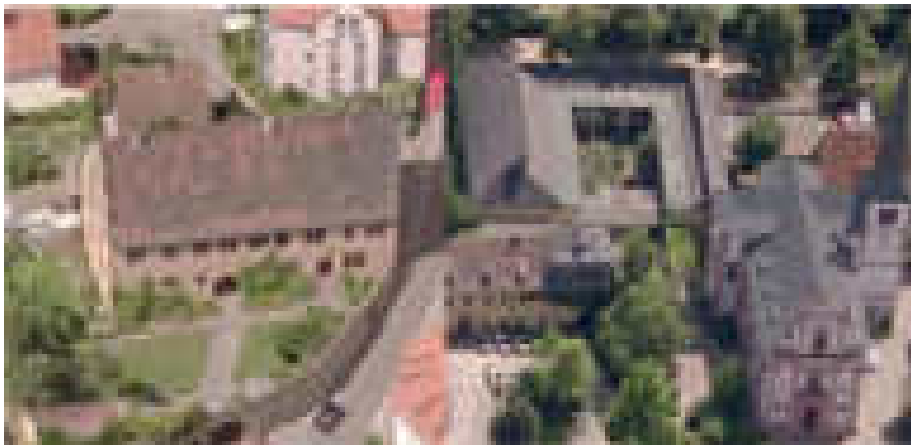


Abbildung 5.2.6: Luftbild Liegenschaften St. Vitus (Quelle: Bing maps)

Die Liegenschaften von St. Vitus bestehen aus einem Pfarrhaus von 1613, der Vitus-Kirche von 1691 und dem Haus der Begegnung von 1974. Alle Gebäude haben einen schlechten energetischen Standard, das Haus der Begegnung ist aufgrund der großen Glasflächen und der ungedämmten Betonbauteile besonders schlecht. Entsprechend hoch ist der Energieverbrauch, und damit auch die CO<sub>2</sub>-Emission von fast **150 t** pro Jahr. Beheizt wird das Pfarrhaus mit einem Gaskessel von 1974 (der Brenner ist aus den 90er Jahren), Kirche und Haus der Begegnung mit einem gemeinsamen Gaskessel aus dem Jahr 2001. Durch umfangreiche Sanierungsmaßnahmen ist eine theoretische Einsparung von abgeschätzt über 60% möglich



### 5.2.7. Firma Wegmann automotive



Abbildung 5.2.7: Eingang Wegmann automotive (Quelle: AB Haase)

Die Firma Wegmann automotive im Gewerbegebiet stellt hauptsächlich Auswuchtgewichte her. Der Betrieb ist in den letzten Jahren kontinuierlich gewachsen, so dass durchschnittliche Verbrauchswerte über mehrere Jahre nicht aussagekräftig sind. Der Anteil der Gebäude am Strom und Wärmeverbrauch ist sehr gering, über 80% werden für die Produktion benötigt. Die jährliche CO<sub>2</sub>-Emission beträgt **7100 t**. Das Einsparpotential ist schwierig abschätzbar, wird aber unter 20% liegen.

### 5.2.8. Gemeindeeigener Wohnungsbau



Abbildung 5.2.8: Wohngebäude Heidenfelder Straße (Quelle: AB Haase)

Der gemeindeeigene Wohnungsbau umfasst 10 Gebäude mit insgesamt über 100 Wohneinheiten. Die CO<sub>2</sub>-Emission, die bei der Wärmeerzeugung entsteht, liegt bei **300 t** pro Jahr. Der energetische Standard ist bei den meisten Gebäuden schlecht. Durch umfangreiche Sanierungen können ca. 60% der CO<sub>2</sub>-Emission eingespart werden.



### 5.2.9. Mainfrankensäle

Für die Mainfrankensäle ist eine Sanierung auf ein zukunftsweisendes energetisches Niveau geplant. Daher wurde das Gebäude im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes nicht näher untersucht.

### 5.2.10. Sonstige Gebäude

Von weiteren Gebäuden und Liegenschaften wurden Verbrauchsdaten abgefragt, die für die Gesamtbilanz berücksichtigt wurden. Leider waren weitere große Institutionen und Betriebe nicht an einer Untersuchung Ihrer Liegenschaften interessiert, so dass hier keine Untersuchungen durchgeführt werden konnten.

## 5.3. Zusammenfassung

Der energetische Standard der meisten Liegenschaften und Einzelgebäude auf dem Gemeindegebiet ist eher niedrig. Bis auf einige Ausnahmen besteht ein großes Einsparpotential, welches allerdings oft nur durch umfangreiche Sanierungsmaßnahmen ausgeschöpft werden kann. Da die untersuchten Gebäude und Liegenschaften nur einen Teil der Liegenschaften auf dem Gemeindegebiet ausmachen, kann hier keine aussagekräftige Zusammenstellung von Verbräuchen und CO<sub>2</sub>-Emissionen gemacht werden. Allgemein kann aber gesagt werden, dass es nur wenige Gebäude gibt, bei denen kein oder nur geringes Einsparpotential vorhanden ist. Wie auch bei den Liegenschaften der Gemeinde ist hier neben der direkten Einsparung auch die Leuchtturmwirkung einer Sanierung ein wichtiger Punkt, so dass Maßnahmen an besonderen Gebäuden als besonders wichtig einzustufen sind.

Im Sektor des produzierenden Gewerbes spielen die Gebäude oft eine nur untergeordnete Rolle. Die Optimierung der Produktionsprozesse ist ein wichtiger Faktor, um eine effektive CO<sub>2</sub>-Minderung im Bereich Industrie zu bewirken. Aufgrund der dort geringen Energiepreise sind aufwendige Umstrukturierungen derzeit oft noch nicht wirtschaftlich. Die zweite Möglichkeit wäre die Nutzung der entstehenden Abwärme der Industrie, also beispielsweise die Einspeisung in ein Wärmenetz. Allerdings gibt es auch hier wirtschaftliche, technische und rechtliche Aspekte, die geprüft werden müssen.





## 6. Straßenbeleuchtung

### 6.1. Grundlagen der Straßenbeleuchtungstechnik

#### 6.1.1. Gegenwärtige Situation

In den letzten Jahrzehnten ist im Hinblick auf die Straßenbeleuchtung ein massiver Investitionsstau entstanden. Das hat dazu geführt, dass etwa ein Drittel der Straßenbeleuchtung in Deutschland über 20 Jahre alt ist und hohe Energie- und Wartungskosten verursacht. Häufig werden noch veraltete Quecksilberdampflampen verwendet, deren Handel ab 2015 auf Grundlage einer europäischen Richtlinie verboten sein wird. Drei bis vier Milliarden Kilowattstunden Strom werden für die Straßenbeleuchtung in Deutschland pro Jahr verbraucht, was ca. 8% des Gesamtverbrauchs an elektrischer Energie für Beleuchtung ausmacht. Dadurch entsteht ein klimaschädlicher CO<sub>2</sub>-Ausstoß von über zwei Millionen Tonnen pro Jahr. Unerwünschte Lichtemissionen alter Leuchten tragen außer zum hohen Stromverbrauch auch zur Lichtverschmutzung der Umwelt und Störung nachtaktiver Tiere bei. Bereits mit der heute verfügbaren Technik könnte der Energieverbrauch der Straßenbeleuchtung in Deutschland um 50 % gesenkt werden. Zwar ist eine moderne, energiesparende Straßenbeleuchtung in der Anschaffung möglicherweise teuer. Auf längere Sicht werden aber damit die Betriebskosten erheblich gesenkt und die Lichtqualität deutlich verbessert. Bisher werden jedes Jahr aber nur ca. 3 % der Straßenbeleuchtung in Deutschland erneuert.

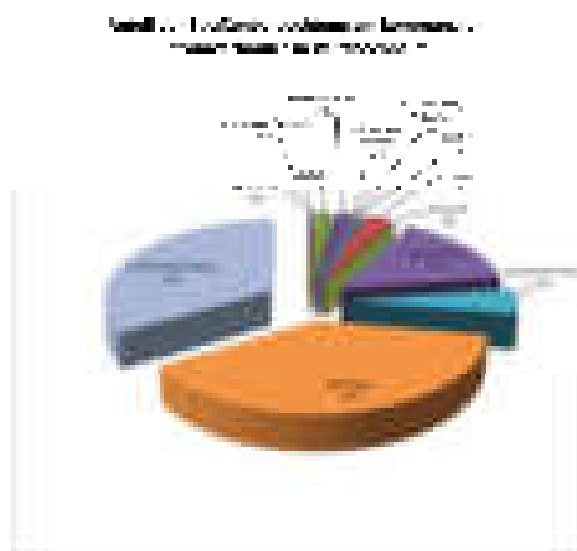
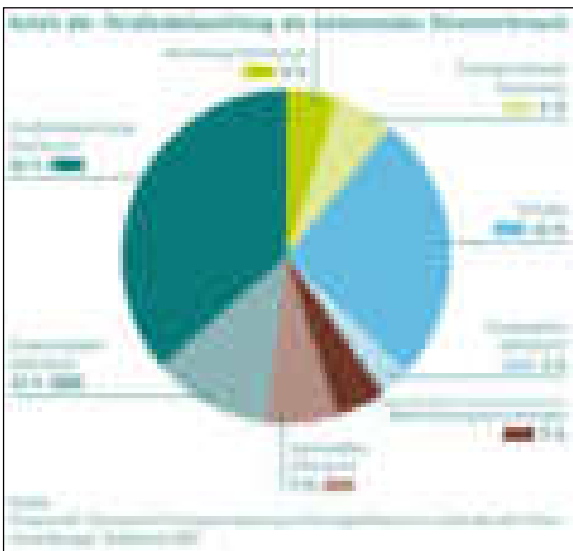


Abbildung 6.1.1: Anteil der Straßenbeleuchtung am kommunalen Stromverbrauch (Quelle: Sächsische Energieagentur: Energieeffiziente Straßenbeleuchtung / AB Haase)



Wegen der finanziellen Situation vieler Kommunen werden oft nur notwendige Reparaturen erledigt und größere Erneuerungen und die damit zusammenhängenden Investitionen häufig gescheut.<sup>5</sup> Aufgrund steigender Energiepreise belasten die Betriebskosten von ineffizienten Beleuchtungsanlagen die Haushalte der Kommunen besonders stark. Auch die Wartungsanfälligkeit veralteter Anlagen erhöht zunehmend die Betriebskosten. In den Gemeinden können so über 35% des kommunalen Stromverbrauchs durch die Straßenbeleuchtung verursacht werden (vgl. Abbildung 6.1.1).

### 6.1.2. Grundbegriffe der Lichttechnik

Eine **Lampe** ist ein Gerät zur Erzeugung von Licht. Dazu gehören Glühlampen, Leuchtstofflampen, Hochdrucklampen usw.

Eine **Leuchte** ist eine technische Vorrichtung zur Verteilung von Licht. Dieses verteilte Licht wird durch Lampen, die in die Leuchten eingebaut sind, erzeugt.

**Lichtstrom** ist die Lichtleistung einer Lampe. Gemessen in Lumen (lm), beschreibt er die von der Lichtquelle in alle Richtungen abgestrahlte Leistung im sichtbaren Bereich.

**Beleuchtungsstärke** gemessen in Lux (lx), ist der Lichtstrom, der von einer Lichtquelle auf eine bestimmte Fläche trifft. Sie beträgt 1 Lux, wenn der Lichtstrom von 1 Lumen 1 Quadratmeter Fläche gleichmäßig beleuchtet. Beispiel: Eine normale Kerzenflamme erzeugt

im Abstand von 1 m ungefähr 1 lx.

**Lichtstärke** ist der Teil des Lichtstroms, der in eine bestimmte Richtung strahlt. Die räumliche Verteilung der in Candela (cd) gemessenen Lichtstärke charakterisiert die Lichtausstrahlung von Leuchten.

**Leuchtdichte** ist der Helligkeitseindruck, den das Auge von einer leuchtenden oder beleuchteten Fläche hat. Gemessen in  $\text{cd/m}^2$  oder  $\text{cd/cm}^2$ , setzt sie die Lichtstärke in Beziehung zu der Größe der Fläche, die leuchtet oder von der Licht reflektiert wird.

---

<sup>5</sup> Umweltbundesamt: Sammlung energieeffizienter Techniken für die Stadtbeleuchtung, 2009, S. 7



**Lichtausbeute** gibt das Verhältnis von Gesamtlichtstrom einer Lampe zu der dafür notwendigen Anschlussleistung. Die Lichtausbeute wird in Lumen pro Watt (lm/W) gemessen. Die Lichtausbeute ist ein Maß für die Effizienz eines Leuchtmittels.

**Lebensdauer** Die mittlere Lebensdauer ist das Zeitintervall, innerhalb dessen 50% der Lampen einer Lichtanlage ausgefallen sind, bzw. der Erwartungswert für den Ausfall einer einzelnen Lampe. 5% Lebensdauer hingegen bedeutet, dass innerhalb dieser Zeit 5% der Lampen einer Lichtanlage ausgefallen sind. Gegen Ende der Nutzlebensdauer beträgt der Lichtstrom einer Lichtanlage nur noch 80% seines Anfangswertes, verursacht durch Lampenausfälle und Lichtstromrückgang der noch brennenden Lampen.

### 6.1.3. Aufbau der Straßenbeleuchtung

Eine Leuchtstelle besteht aus der elektrischen Versorgung (Schaltkasten und Kabel), einem Trägersystem (Mast) und der Leuchte mit Lampe (Leuchtmittel).

Die **Leuchte** muss den Lichtstrom der eingesetzten Lampe lenken und optimal auf die zu beleuchtende Fläche bringen sowie eine unzulässige Blendung der Verkehrsteilnehmer und unerwünschte Lichtimmissionen von Anliegern vermeiden. Da in Fußgängerzonen und denkmalgeschützten Bereichen außerdem Form und Aussehen der Leuchte eine Rolle spielen, werden hier oft dekorative Leuchten eingesetzt. Früher oft verwendet wurden Kugelleuchten oder Pilzleuchten. Sie sind veraltet und beeinträchtigen die Umwelt durch hohe Lichtemissionen. Der Anteil des nutzbaren Lichts ist deshalb sehr gering. Langfeldleuchten und Kofferleuchten haben

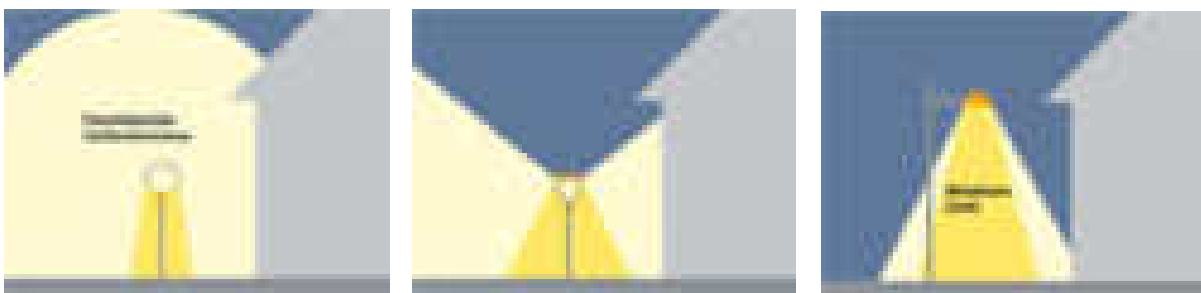


Abbildung 6.1.2: Lichtemissionen unterschiedlicher Leuchtentypen (Quelle: Schweizerische Agentur für Energieeffizienz: Straßenbeleuchtung, 2008)

niedrigere Lichtemissionen. Sehr effizient sind moderne Mastaufsatzleuchten mit Spiegeloptik, da sie hohe Beleuchtungswirkungsgrade durch gute Lichtlenkung erreichen. Trotz Reflektoren geht dabei jedoch immer noch ein Teil als Streulicht verloren. Demgegenüber haben LED den Vorteil, gerichtet zu strahlen. Dadurch entstehen kaum Lichtemissionen.



### 6.1.4. Lampentypen

In der Beleuchtungstechnik gibt es viele Arten von **Lampen**. Jede Lampenart kann entsprechend des Anwendungsfalls Vor- oder Nachteile besitzen. Folgende Lampentypen werden heute in der Straßenbeleuchtung hauptsächlich eingesetzt:

#### **Quecksilberdampfhochdrucklampen (HQL)**

Diese Lampen haben eine weiße Lichtfarbe und sind in Deutschland weit verbreitet. Heute sind sie wegen ihrer schlechten Energieeffizienz und ihres insektenschädigenden

Lichtspektrums nicht mehr zeitgemäß. Trotzdem sind sie immer noch das am meisten genutzte Leuchtmittel für die Straßenbeleuchtung in Deutschland. Die EU-Ökodesign-Richtlinie (EU-RL 2005/32/EG) und deren nationale Umsetzung, das Energiebetriebene-Produkte-Gesetz (EBPG) geben vor, dass Quecksilberdampflampen ab 2015 nicht mehr in den Verkehr gebracht werden dürfen.

#### **Leuchtstofflampen**

Leuchtstofflampen sind oft noch in älteren Leuchten im Einsatz. Wegen ihrer hohen Lichtausbeute eignen sie sich vor allem zur Innenbeleuchtung und zum Beispiel in Fußgängerunterführungen oder Tunnel. Je nach Typ sind die Lampen sehr temperaturabhängig; bei niedrigen Außentemperaturen sinkt ihr Lichtstrom stark ab. Zudem kann er schlechter gelenkt werden als der von kleinformatigen, punktförmigen Entladungslampen. Der Beleuchtungswirkungsgrad von Leuchten mit Leuchtstofflampen ist deshalb schlechter als der von Halogenmetалldampf- oder Natriumdampfhochdrucklampen.

#### **Kompaktleuchtstofflampen**

Die Lichtausbeute von Kompaktleuchtstofflampen liegt in der Regel unterhalb der von Leuchtstofflampen. Deshalb werden sie nur bei besonderen Anforderungen wie z. B. geringen Lichtpunkthöhen oder einer gewünschten symmetrischen Lichtverteilung eingesetzt. Weil sie in weißen und warmen Lichtfarben sowie mit kleinen Leistungen und einer gute Farbwiedergabe verfügbar sind, eignen sie sich für den Einsatz in Fußgängerzonen. Für die Außenbeleuchtung müssen spezielle Lampentypen gewählt werden, denn auch hier sinkt der Lichtstrom bei niedrigen Außentemperaturen stark ab.

#### **Halogenmetалldampflampen (HMI)**

Die Lichtausbeute von Halogenmetалldampflampen hat sich stark verbessert. Kommen sie mit einem elektronischen Vorschaltgerät und einer genau angepassten Spiegeloptik zum Einsatz, bieten sie sehr



hohe Beleuchtungswirkungsgrad. Für die Stadtgestaltung mit weißem Licht, insbesondere im Innenstadtbereich, gewinnt die Halogenmetaldampflampe deshalb zunehmend an Bedeutung. Allerdings lockt ihr Licht Insekten an. Da dieser Lampentyp teurer ist und eine kürzere Lebensdauer hat als Natriumdampfhochdrucklampen, sind die Betriebskosten meist höher.

**Natriumniederdruckdampflampen (NA, SOX)**

Mitte der sechziger Jahre wurde diese Lampe zur Beleuchtung von Bundes- und Hauptverkehrsstraßen eingeführt. Zwar weist sie eine hohe Energieeffizienz auf und lockt kaum Insekten an. Trotzdem wird sie immer seltener eingesetzt, weil ihr Licht aufgrund ihrer Ausmaße nicht richtig gebündelt werden kann. Zudem verhindert das monochromatische Licht die Farberkennung.

**Natriumhochdruckdampflampen (NAV)**

Seit Mitte der achtziger Jahre setzt man auf die Natriumdampfhochdrucklampe. Sie ist bei Sanierungen und Neuplanungen der am häufigsten eingesetzte Lampentyp. In Verbindung mit einer entsprechenden Leuchte mit Spiegeloptik ist sie derzeit die wirtschaftlichste Straßenlampe auf dem Markt. Außerdem ist die Anlockwirkung auf Insekten gering. Allerdings bringt ihr gelbliches Licht eine etwas schlechtere Sehleistung als das weißliche Licht der Halogenmetaldampflampen.

Lampentyp	Lebensdauer (h)	Leistung (W)	Leuchtdichte (lm/W)	Farbwiedergabe (CRI)	Merkmale
Halogenmetaldampflampe (HDL)	10.000 - 15.000	100 - 150	100 - 120	90 - 95	Hohe Lichtleistung, gute Farberkennung, lockt Insekten an
Natriumniederdruckdampflampe (NA)	10.000 - 15.000	100 - 150	100 - 120	20 - 25	Hohe Energieeffizienz, lockt kaum Insekten an, monochromatisches Licht
Natriumhochdruckdampflampe (NAV)	10.000 - 15.000	100 - 150	100 - 120	20 - 25	Wirtschaftlichste Straßenlampe, geringe Anlockwirkung auf Insekten
LED-Lampe	10.000 - 15.000	100 - 150	100 - 120	80 - 90	Hohe Energieeffizienz, gute Farberkennung, lockt kaum Insekten an

Abbildung 6.1.3: Eigenschaften verschiedener Lampentypen (Quelle: Umweltministerium Baden-Württemberg: Effizientere Straßenbeleuchtung, 2009)



**LED-Lampen** „die Straßenlampen der Zukunft“

Es ist davon auszugehen, dass sich LED (Light Emitting Diode) in den nächsten Jahren gegenüber anderen Lichtquellen vielerorts durchsetzen werden. So sind schon erste Straßenbeleuchtungen mit LED z.B. in Darmstadt, Ludwigshafen, Düsseldorf oder Thüngersheim als Leuchtmittel realisiert (vgl. Abbildung 6.1.4).

Zurzeit gibt es aber noch Nachteile, die den Einsatz der LED in der Straßenbeleuchtung nur beschränkt möglich machen. Dies sind zum einen die hohen Anschaffungskosten, die momentan noch ungefähr zwei- bis dreimal so hoch wie bei Natriumhochdrucklampen sind. Allerdings kann man davon ausgehen, dass die Beschaffungspreise für LED-Produkte in Zukunft weiterhin sinken werden. Auch die Lichtausbeute ist momentan noch etwas niedriger als bei Natriumhochdrucklampen, steigt aber seit Jahren stark an (vgl. Abbildung 6.1.5 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Manche LED-Lampen erreichen bereits eine Lichtausbeute bis zu 140 lumen/Watt. Je nach Hersteller schwankt die Qualität der LEDs jedoch sehr stark. Weiterhin gestaltet sich eine ausreichende Wärmeabfuhr schwierig. Zu hohe Temperaturen verkürzen die Lebensdauer der Leuchtdiode stark. Die Wärmeabfuhr kann über das Leuchtengehäuse oder über Kühlkörper geschehen. Nicht alle erhältlichen LED-Leuchten werden jedoch ausreichend gekühlt. Ein weiteres Problem ist, dass die sich die LED-Technik noch in der Entwicklung befindet. Durch kurze Entwicklungszyklen und fehlende Langzeiterfahrungen sind die Ersatzteilbeschaffung und Kosten des LED-Tausches oft unklar. Auch gibt es noch keinen LED-Standard zur Normung der Bauteile.

Gegenüber derzeitiger Lichttechnik bieten LEDs jedoch auch einige große Vorteile. Sie besitzen eine sehr lange Lebensdauer (12 - 15 Jahre), was die Wartungskosten gering hält. Außerdem sind durch die kompakte Bauform variable Leuchtenformen möglich. LED lassen sich beliebig oft ein- und ausschalten sowie stufenlos von 0% bis 100% dimmen. Weiterhin haben sie den Vorteil, gerichtet zu strahlen, so dass kaum Lichtemissionen entstehen und die Straße sehr homogen beleuchtet werden kann. Ein weiterer Vorteil der LED ist, dass sie UV-freies Licht erzeugen, das wenige Insekten anlockt. Auch fallen sie in der Regel nicht plötzlich aus, sondern werden nach und nach schwächer.

Ein Einsatz von LED in der Straßenbeleuchtung bietet sich vor allem für niedrige Beleuchtungsstärken an, wie sie z.B. in Anlieger- und kleinen Sammelstraßen gebraucht werden. Gemeinden bestehen zu einem Großteil aus Anliegerstraßen, die zumeist mit veralteten Quecksilberdampflampen ausgestattet sind. Gerade hier besteht in naher Zukunft ein hoher Auswechselbedarf an Leuchten. In Form von Modellversuchen für einzelne Straßen ist der Einsatz von LED auch heute schon empfehlenswert, bei positiven Erfahrungen kann man dann die eingesetzte Technik auf andere Straßen übertragen.



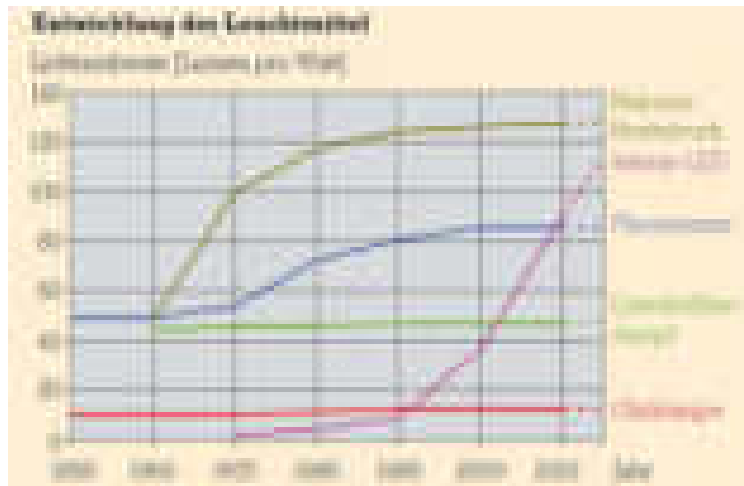


Abbildung 6.1.5: Entwicklung der Lichtausbeute von Lampen Quelle: Schweizerische Agentur für Energieeffiziente Straßenbeleuchtung, 2009)



Abbildung 6.1.4: LED-Straßenbeleuchtung in Darmstadt (Quelle: Siteco)

### 6.1.5. Techniken zur Steuerung

Es gibt unterschiedliche Arten der Steuerung, um die Straßenbeleuchtung ein- und auszuschalten oder in den verkehrsarmen Zeiten Strom zu sparen.

Man kann den Einschaltzeitpunkt der Beleuchtung über eine **Schaltuhr** bestimmen. Dies ist allerdings sehr ungenau, da die tägliche Zu- oder Abnahme der Dämmerung nicht berücksichtigt wird. Sinnvoller ist der Einsatz von **Dämmerungsschaltern** in Verbindung mit einer Zeitschaltuhr, damit die Straßenbeleuchtung nicht auch bei ungünstigen Witterungsverhältnissen eingeschaltet wird.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, ein **Rundsteuersignal** zu verwenden. Dabei wird über einen zentralen Dämmerungsschalter für eine Region ein Rundsteuersignal abgesetzt. Hiermit sind die Ein- und Ausschaltzeiten nicht immer den örtlichen Gegebenheiten (Witterung) angepasst.

In vielen Gemeinden wird in der verkehrsarmen Zeit **jede zweite Leuchte abgeschaltet**, um Kosten zu sparen. Dies ist jedoch nicht empfehlenswert, da durch starke Hell-Dunkel-Kontraste die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung beträchtlich abnimmt und das Unfallrisiko steigt. Außerdem werden die Leuchtmittel in einem Straßenzug nicht gleichmäßig abgebrannt.

Besser ist dafür die Halbnachtschaltung durch **Abschalten einer von zwei Lampen** in einer Leuchte. In jede Leuchte werden statt einem, zwei Leuchtmittel eingebaut. Das gesamte Beleuchtungsniveau wird um 50% reduziert, dabei bleibt aber Anzahl der Lichtpunkte und damit die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung erhalten. Damit die beiden Leuchtmittel gleichmäßig abgebrannt werden, sollten sie jede Nacht abwechselnd betrieben werden.



Außerdem kann man die Beleuchtungsstärke durch **Leistungsreduzierung** oder **Spannungsabsenkung** verringern. Hierfür sind aber nicht alle Lampentypen geeignet. Grundsätzlich sind immer die Angaben der einzelnen Hersteller zu beachten.

In einzelnen Anwendungsfällen ist das **Einschalten** der Beleuchtung **auf Anforderung** sinnvoll. Dies kann z.B. bei nachts wenig genutzten Fußwegen über Handy oder Bewegungsmelder geschehen. Diese Methode wurde z.B. in der Gemeinde Dörentrup-Schwelentrup schon umgesetzt und wird dort gut akzeptiert und angenommen

### 6.1.6. Qualitätskriterien der Straßenbeleuchtung

Zu den Aufgaben der Straßenbeleuchtung gehören neben der Verbesserung der Verkehrssicherheit in der Nacht auch eine Erhöhung des Sicherheitsempfindens und damit eine Verringerung des Kriminalitätsrisikos. Außerdem soll die Straßenbeleuchtung zur Aufwertung des Stadtbildes beitragen und Atmosphäre schaffen.

Für die Erfüllung dieser Aufgaben sind folgende Qualitätskriterien von Bedeutung:

#### **Beleuchtungsniveau:**

Grundvoraussetzung für gutes Sehen ist ein an den Sehfunktionen orientiertes ausreichendes Beleuchtungsniveau. Das Helligkeitsniveau wird bestimmt von der

Beleuchtungsstärke und den Reflexionseigenschaften der beleuchteten Fläche

oder der Leuchtdichte der leuchtenden Flächen.

#### **Gleichmäßigkeit der Beleuchtung:**

Die Einhaltung des Beleuchtungsniveaus allein reicht nicht aus, damit die Sehaufgabe ausreichend erfüllt werden kann. Die Helligkeit muss außerdem gleichmäßig verteilt sein, denn in dunklen Zonen können Gefahren nur schwer erkannt werden. Solche Dunkelzonen entstehen, wenn zu wenige Lichtpunkte installiert sind oder einzelne Leuchten abgeschaltet werden oder defekt sind.

#### **Lichtfarbe und Farbwiedergabe:**

Die Lichtfarbe ist die Eigenfarbe des von Lampen abgestrahlten Lichts. Die Farbwiedergabe kennzeichnet die farbliche Wirkung, die das Licht auf Gegenständen hervorruft. In der





Außenbeleuchtung spielen beide Eigenschaften eine eher untergeordnete Rolle. Trotzdem ist der Einsatz von Lampen mit besserer Farbwiedergabeeigenschaft sinnvoll, um Farbunterschiede erkennbar zu machen und so die Informationsdichte zu erhöhen. Lampen mit schlechter Farbwiedergabe wie Natriumdampf-Niederdrucklampen sind nur für bestimmte Bereiche wie z.B. Häfen und Objektschutz geeignet. Die Lichtfarbe hat außerdem großen Einfluss auf die Anlockung nachtaktiver Tiere. Insekten reagieren besonders empfindlich auf die spektrale Zusammensetzung des Lichts von Leuchtstofflampen und Quecksilberdampf-Hochdrucklampen, während sie von Natriumdampflampen und LED weniger angezogen werden.

Zur Kennzeichnung werden Lampen entsprechend der Lichtfarbe (warmweiß, neutralweiß, tageslichtweiß), der Güte der Farbwiedergabe (Stufe 1 sehr gut bis 4 schlecht) und des Farbwiedergabeindex Ra (100 bis 20) klassifiziert.

#### **Geringe Blendung:**

Blendung kann die Sehleistung so stören, dass sicheres Wahrnehmen und Erkennen unmöglich sind. Starke Blendung führt zu einer messbaren Abnahme der Sehleistung und löst Unbehagen, Konzentrationsschwäche und damit Unfallgefahr aus.

#### **Hohe Lichtausbeute:**

Wie wirtschaftlich eine Lampe Licht erzeugt, beschreibt ihre Lichtausbeute. Sie setzt den Lichtstrom in Lumen in Relation zur elektrischen Leistungsaufnahme: Je höher das Verhältnis  $\text{lm/W}$ , desto besser wandelt eine Lampe die eingebrachte Energie in Licht um.

#### **Konstanter Lichtstrom auch bei wechselnden Außentemperaturen:**

Bei manchen Lampentypen nimmt der Lichtstrom bei bestimmten Temperaturen stark ab. So erzeugen z. B. Kompakt-Leuchtstofflampen bei niedrigen Temperaturen im Winter kaum noch Licht.

#### **Geringe Ausfallsrate und lange Lebensdauer:**

Langlebige Leuchtmittel sparen Kosten für den Lampenersatz. Längere Intervalle beim Lampenwechsel senken den Wartungsaufwand.

#### **Zündverhalten und Anlaufzeit:**

Der volle Lichtstrom wird erst nach einer lampenspezifischen Anlaufzeit erreicht. Nach einer Abschaltung oder Netzunterbrechung benötigen gerade Hochdrucklampen mehrere Minuten bis zu einer Wiederezündung.



Anhand dieser unterschiedlichen Qualitätskriterien lässt sich leicht erkennen, dass bei der Auswahl der Straßenbeleuchtung viele Faktoren wie z.B. Sicherheit, Ästhetik, Energieeinsatz, Beleuchtungsstärke und Preis abgewogen werden müssen, um eine optimale Beleuchtung zu erreichen.

### 6.1.7. Grundlagen der Planung

Die DIN EN 13201 klassifiziert die Gegebenheiten in mehreren Schritten und leitet aus diesem Auswahlverfahren die Anforderungen an die Beleuchtung ab. Um das geeignete Beleuchtungsniveau für die Straßenbeleuchtung zu bestimmen, wird die Straße zuerst je nach Hauptnutzer, typischer Geschwindigkeit, anderen zugelassenen Nutzern und ausgeschlossenen Nutzern in die Beleuchtungssituationen A1 bis E2 eingeteilt. Danach erfolgt in Abhängigkeit von der Beleuchtungssituation die Auswahl der Beleuchtungsklasse.

Mit Hilfe von Basis- und Zusatztabellen wird unter Berücksichtigung bestimmter Kriterien

die entsprechende Beleuchtungsklasse bestimmt. Diese Kriterien sind z.B. Kreuzungsdichte, bauliche Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung oder Gesichtserkennung.

Zur Berechnung der Straßenbeleuchtung nach DIN EN 13201 werden außer den Vorgaben zur lichttechnischen Güte weitere Angaben benötigt, z.B. Typ, Hersteller, und Bestückung

sowie die Lichtstärkeverteilung, Angaben zum Wartungsfaktor der Beleuchtungsanlage, Angaben zur Geometrie der Straße, die Definition der Berechnungsfläche, Angaben zur Aufstellung der Leuchten (Abstand zur Straße, einseitig / beidseitig, auf einem Mittelstreifen) und die Lichtpunkthöhe.

### 6.1.8. Einsparmöglichkeiten

In Gemeinden verschlingt die Straßenbeleuchtung ca. 30% des gesamten Strombezugs und ist damit ein beachtlicher Kostenfaktor. Doch durch verschiedene Maßnahmen lassen sich die Kosten stark reduzieren.

So betragen z.B. die Wartungskosten ca. 15% der Gesamtkosten für die Straßenbeleuchtung (vgl. Abbildung 6.1.6). Sie lassen sich durch Auswahl von Lampen mit langer Lebensdauer oder Gruppenwechsel der Lampen statt Einzelaktionen verringern. Gruppenwechsel bedeutet, dass alle Lampen gleichzeitig ausgetauscht werden, wenn etwa 5 – 10% von ihnen ausgefallen sind. Die Investitionskosten für einen Lampen- oder Leuchtenwechsel machen ca. 20% der Gesamtkosten aus. Sie sind im Vergleich zu den Betriebskosten eher gering, weshalb die Investitionskosten bei der Auswahl einer geeigneten Straßenbeleuchtung nicht die Hauptrolle spielen sollten. Den größten Teil



der Kosten stellen die Energiekosten mit ca. 65%. Sie lassen sich durch effizientere Leuchten, elektronische Vorschaltgeräte oder Halbnachtschaltung senken. Außerdem lassen sich Kosten durch günstige Entsorgung der Leuchtmittel und Überprüfung der Anzahl der Lichtpunkte einsparen. In den 70er Jahren achtete man kaum auf den Energieverbrauch, weshalb oft Lampen eingesetzt wurden, die aus heutiger Sicht überdimensioniert sind. Häufig liegen alte Straßenbeleuchtungsanlagen hinsichtlich der Beleuchtungsstärken und Leuchtdichten sowie deren Gleichmäßigkeit allerdings auch weit unter der Norm.



Abbildung 6.1.6: Kostenanteile der öffentlichen Straßenbeleuchtung (Quelle: Präsentation Stadtwerke Herne, Deutscher Städte- und Gemeindebund)



## 6.2. Zustand der Straßenbeleuchtung in Veitshöchheim

Die Straßenbeleuchtung in Veitshöchheim setzt sich aus ungefähr 1400 Leuchtstellen auf ca. 40 km Straßenlänge zusammen. Im Ortskern besteht sie aus historisch wirkenden Altstadt-Leuchten, während um die Mainfrankensäle sehr ineffiziente Kugelleuchten verwendet werden. Ansonsten werden hauptsächlich Kofferleuchten unterschiedlichen Alters genutzt, Pilzleuchten kommen nur vereinzelt vor. Die meisten Leuchten werden noch mit Quecksilberdampflampen betrieben, deren Handel in der EU ab 2015 aufgrund des hohen Stromverbrauchs und der Umweltschädigung durch Quecksilber verboten sein wird. Vereinzelt werden auch Natriumhochdruckdampflampen verwendet, da defekte Quecksilberdampflampen gegen diese derzeit wirtschaftlichsten Lampen ausgetauscht wurden. Komplette Straßenzüge sind in der Pont-l'Eveque-Allee (früher: Mainuferstraße), Geithainer Allee (früher: Querspange) und im Gewerbegebiet auf Natriumhochdruckdampflampen umgestellt.

Der Stromverbrauch für die Straßenbeleuchtung beträgt in Veitshöchheim insgesamt ca. 665.000 kWh im Jahr und kostet die Gemeinde rund 100.000 Euro. Besonders hoch ist der Stromverbrauch entlang der Mainpromenade, im hinteren Teil der Sendelbachstraße, An der Steige und im Bereich Seinsheimstraße/Schönstraße. Die Wartung der Straßenbeleuchtung erfolgt momentan noch durch Einzelaktionen, das heißt defekte Lampen werden einzeln ausgetauscht, wenn Bedarf besteht. Es ist aber geplant, von Einzelwechsel auf Gruppenwechsel umzustellen. Beim Gruppenwechsel werden in einem festgelegten Zeitintervall alle Lampen eines Bereichs ausgetauscht. So können Personal- und Gerätekosten eingespart werden.

Das Ein- und Ausschalten der Straßenbeleuchtung erfolgt in Veitshöchheim über Dämmerungsschalter, wird aber aktuell auf eine Steuerung über Rundsteuersignal umgestellt. Außerdem gibt es in Teilbereichen eine Halbnachtschaltung um während der verkehrsarmen Zeiten Strom zu sparen. Meist geschieht dies durch Abschalten einer von zwei Lampen in einer Leuchte. Vereinzelt gibt es noch Bereiche in denen jede zweite Leuchte abgeschaltet wird, wodurch starke Hell-Dunkel-Kontraste entstehen. In den Straßen, die bereits komplett auf Natriumhochdruckdampflampen umgestellt sind, erfolgt die Halbnachtschaltung durch Leistungsreduzierung. Ein Beispiel dafür ist die Pont-l'Eveque-Allee. Hier liegt der durchschnittliche Stromverbrauch pro Lichtpunkt bei nur 186 kWh, bzw. 8030 kWh/km während der Stromverbrauch insgesamt durchschnittlich ca. 500 kWh pro Lichtpunkt, bzw. 16.600 kWh/km beträgt.



Es existiert in der Gemeinde momentan noch keine Übersicht über die gesamte Straßenbeleuchtung sowie über die Wartungs- und Reparaturkosten. Einzelne defekte Leuchten werden vom Energiedienstleister „Die Energie“ ausgetauscht, jedoch nicht von der Gemeinde erfasst.



### 6.3. Einsparpotential

Der Stromverbrauch für die Straßenbeleuchtung liegt in Veitshöchheim bei ca. 665.000 kWh pro Jahr bei einer Straßenlänge von insgesamt 40 km. Daraus ergibt sich ein durchschnittlicher Verbrauch von 16.625 kWh/km. Der durchschnittliche Verbrauch energieeffizienter neuer Leuchten beträgt hingegen nur 7890 kWh/km. Dieser Wert ergibt sich aus dem Mittelwert der Leuchten über alle Straßenbreiten über alle betrachteten Beleuchtungsstärken in der Sammlung energieeffizienter Techniken für die Stadtbeleuchtung des Umweltbundesamtes (vgl. Tabelle 6.3.1 bis Tabelle 6.3.3). Es kann also durch die Sanierung mit energieeffizienter Beleuchtungstechnik ca. 50% des Energieverbrauchs eingespart werden. In Veitshöchheim sind das 333.000 kWh pro Jahr, was einer CO<sub>2</sub>-Einsparung von 210 t pro Jahr entspricht.

Beleuchtungs- bzw. Lichtstärke	5 lux	0,5 cand	1,0 cand
Verbrauch (kWh/km a)	5.680	7.270	-
Investition (€/km) (Leuchtmittel, Betriebsgeräte und Leuchte)	10.850	10.510	-
Betrieb (€/km a) (inkl. Energie- und Ersatzteilkosten, ohne Personal und Zusatzgeräte)	867	1.282	-

**Tabelle 6.3.1: Kennwerte der Beleuchtung für eine Straßenbreite von 5,5 m (Quelle: Umweltbundesamt: Bundeswettbewerb energieeffiziente Stadtbeleuchtung. Sammlung energieeffizienter Techniken für die Stadtbeleuchtung, 2009)**

Beleuchtungs- bzw. Lichtstärke	5 lux	0,5 cand	1,0 cand
Verbrauch (kWh/km a)	5.820	7.490	10.040
Investition (€/km) (Leuchtmittel, Betriebsgeräte und Leuchte)	9.630	12.750	13.700
Betrieb (€/km a) (inkl. Energie- und Ersatzteilkosten, ohne Personal und Zusatzgeräte)	846	1.120	1.382

**Tabelle 6.3.2: Kennwerte der Beleuchtung für eine Straßenbreite von 6,5 m (Quelle: Umweltbundesamt: Bundeswettbewerb energieeffiziente Stadtbeleuchtung. Sammlung energieeffizienter Techniken für die Stadtbeleuchtung, 2009)**



Beleuchtungs- bzw. Lichtstärke	5 lux	0,5 cand	1,0 cand
Verbrauch (kWh/km a)	6.440	7.330	13.050
Investition (€/km) (Leuchtmittel, Betriebsgeräte und Leuchte)	9.700	11.240	25.140
Betrieb (€/km a) (inkl. Energie- und Ersatzteilkosten, ohne Personal und Zusatzgeräte)	953	1.050	953

**Tabelle 6.3.3: Kennwerte der Beleuchtung für eine Straßenbreite von 7,5 m (Quelle: Umweltbundesamt: Bundeswettbewerb energieeffiziente Stadtbeleuchtung. Sammlung energieeffizienter Techniken für die Stadtbeleuchtung, 2009)**



## 6.4. Maßnahmen

Möglichst bald sollte eine genaue Aufnahme des Ist-Zustandes der Stadtbeleuchtung erfolgen, da diese als Grundlage jedes Sanierungskonzeptes dient. Für jeden Lichtpunkt müssen Standort, Typ und Leistungsaufnahme des Leuchtmittels, Typ und Alter der Leuchte, Typ des Vorschaltgeräts, sowie der Zustand des Mastes ermittelt werden. Auf dieser Basis können dann die effektivsten Sanierungsmaßnahmen ausgewählt und Fehlinvestitionen verhindert werden, z. B. weil alte Leuchtenköpfe und neue Leuchtmittel inkompatibel sind. Das Ziel der Bestandsaufnahme ist ein umfassendes Leuchtenkataster, das für jeden Lichtpunkt alle relevanten Informationen bereithält. Daneben sollten Informationen über die vorhandenen technischen Voraussetzungen für Lichtsteuerungstechnologien, bestehende Verträge (Lichtlieferung, Stromlieferung, Wartung etc.), die Energieabrechnungen sowie die Wartungs- und Reparaturkosten der letzten drei Jahre vor Beginn der Sanierungsmaßnahmen zusammengestellt werden. Das Leuchtenkataster und der Energieverbrauch ist kontinuierlich fortzuschreiben, um Sanierungsmaßnahmen auf ihren Erfolg hin überprüfen zu können.

Außerdem sollte bald die Umstellung von Einzelwechsel auf Gruppenwechsel der Leuchten erfolgen, da so Personal- und Gerätekosten eingespart werden können, ohne dass Investitionen nötig sind.

Um den Stromverbrauch zu reduzieren, ohne Gefahren durch starke Hell-Dunkel-Kontraste zu erzeugen, sollte die Halbnachtschaltung komplett auf Leistungsreduzierung umgestellt werden, anstatt jede 2. Leuchte abzuschalten.

Eine weitere wichtige Maßnahme ist die großflächige Umstellung von Quecksilberdampflampen auf hocheffiziente Lampen. Dies sollte in den nächsten Jahren geschehen, da so bis zu 50% Strom eingespart werden können und der Handel mit Quecksilberdampflampen ab 2015 verboten ist. Die neuen Leuchten sollten außerdem über eine moderne Spiegeloptik verfügen, um Streulicht zu vermeiden. Die Auswahl der geeigneten Lampe muss entsprechend des Standortes und der Anforderungen stattfinden. Die Investitionskosten für eine solche Sanierungsmaßnahme amortisieren sich durch das große Einsparpotential in der Regel relativ schnell. Die Kosten für neue Leuchten betragen ca. 13.000 Euro/km (Mittelwert aus der Sammlung energieeffizienter Techniken für die Stadtbeleuchtung des Umweltbundesamtes). So würde eine komplette Umstellung der 40 km Straßenbeleuchtung auf energieeffiziente Techniken in Veitshöchheim ca. 520.000 Euro kosten (Kosten für Leuchte, Leuchtmittel und Betriebsgeräte, ohne Mast). Durch die Einsparung von 50% des Stromverbrauchs hätte sich die Investition bei gleichbleibendem Strompreis nach 11 Jahren





amortisiert. Da der Strompreis jedoch wahrscheinlich weiter ansteigen wird, liegt die Amortisationszeit sogar darunter. Inwieweit Mast und Kabelführung erneuert werden müssen, lässt sich schwer beurteilen und ist daher nicht mit aufgenommen. Ebenso ist die Reduzierung der Wartungskosten nicht berücksichtigt

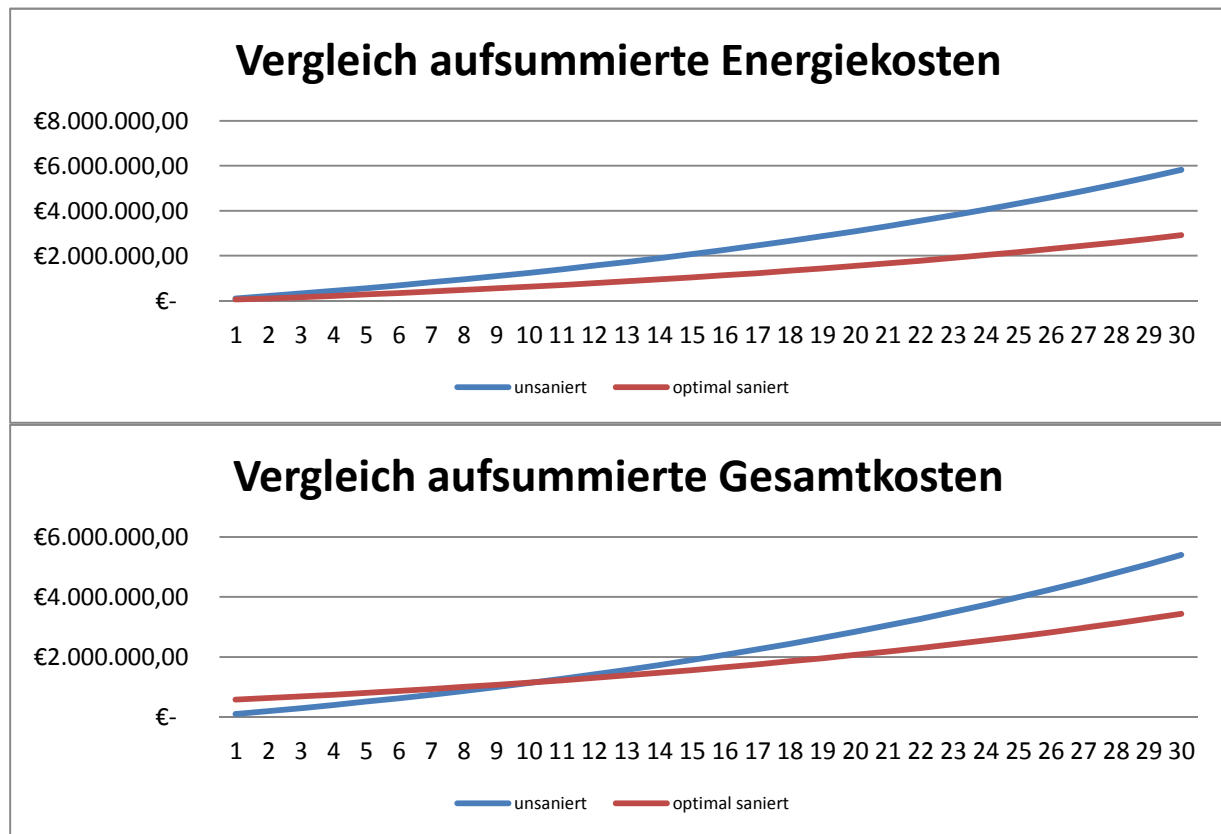


Abbildung 6.4.1: Wirtschaftlichkeit von effektiver Straßenbeleuchtung

Eine weitere Maßnahme besteht darin, eine LED-Modellstraße in einer Anlieger- oder kleinen Sammelstraße anzulegen, um Erfahrungen mit der neuen Technik zu sammeln und diese dann auf andere Straßen zu übertragen. Dabei ist es sinnvoll, eine Straße zu verwenden, die sowieso komplett erneuert werden muss, da so der Aufwand für neue Kabelverlegung, usw. gering bleibt. Wichtig bei der Nutzung von LED-Straßenbeleuchtung ist eine sorgfältige Auswahl des Herstellers, weil durch fehlende Normen große Unterschiede in der Qualität bestehen. Außerdem sollten neue Entwicklungen am Markt beobachtet werden, da die LED-Technik ständig weiter optimiert wird.



Der Weg zur energie- und kosteneffizienten Straßenbeleuchtung sollte in nachstehenden Schritten erfolgen<sup>6</sup>

1. Analyse IST-Zustand  
(Bestandserfassung, Wertanalyse Bestandsanlage, Analyse der bisherigen Betriebsführung)
2. Auswahl und Planung von Modernisierungsmaßnahmen  
(Leuchtmittel, Leuchte, Betriebsgeräte, Beleuchtungssteuerung)
3. Finanzierung klären  
(Fördermöglichkeiten, Finanzierungsoptionen und –modelle)
4. Ausschreibung und Vergabe der Leistungen
5. Umsetzung der Maßnahmen
6. Dokumentation und Erfolgskontrolle

---

<sup>6</sup> Sächsische Energieagentur



## 6.5. Finanzierungsmöglichkeiten

### 6.5.1. Förderungen

Siehe Übersichtstabelle Fördermöglichkeiten für die Straßenbeleuchtung. im Anhang

### 6.5.2. Contracting

Straßenbeleuchtungs-Contracting umfasst die Finanzierung und Durchführung von Verfahren zur Bereitstellung spezifischer Energiedienstleistungen für Betreiber von Straßenbeleuchtungssystemen. Dies kann auch eine Versorgung mit Energie beinhalten. Die verschiedenen Modelle können kombiniert werden mit erneuerbaren Energien, Erneuerungsmaßnahmen von existierenden Komponenten und Systemen, Energieverbrauchs- und Gebührenerfassung und Life-Cycle-Kostenbewertung. Eine charakteristische Eigenschaft des Contractings ist, dass das vertraglich gebundene Dienstleistungsunternehmen den größten Teil des Risikos für das Projekt übernimmt, was sowohl den Energieverbrauch als auch die Instandhaltung umfasst.

In der Straßenbeleuchtung werden hauptsächlich drei Contracting-Modelle unterschieden:

#### **Beleuchtungs-Contracting**

wird angewendet zur Betriebsoptimierung und Modernisierung der Beleuchtungsanlagen. Die Dienstleistung umfasst dabei die Betriebsführung und ggf. Finanzierung, Planung der Modernisierung, Errichtung und Instandhaltung. Der Contractor erhält für die erbrachten Leistungen ein Nutzungsentgelt als Vergütung. Dieses Modell ist für einfache Modernisierungsmaßnahmen inklusive Instandhaltung geeignet.

#### **Lichtliefer-Contracting**

wird angewendet zur Betriebsoptimierung und Modernisierung der Beleuchtungsanlagen. Zusätzlich zu den beim Beleuchtungs-Contracting genannten Dienstleistungen erbringt der Contractor die Energieversorgung der Straßenbeleuchtung. Er erhält ein Nutzungsentgelt zuzüglich der Energiekosten. Dieses Verfahren ist geeignet für komplexere Lösungen, inklusive Betrieb der Anlagen.



**Einspar-Contracting**

wird für Maßnahmen zur Einsparung von Energie- und Instandhaltungskosten angewendet. Die vom Contractor zu erbringenden Dienstleistungen sind die Finanzierung, Planung, Errichtung, Durchführung und Instandhaltung von Einsparmaßnahmen. Dabei garantiert er für bestimmte verbindlich festgelegte Einsparziele. Zur Finanzierung erhält er eine Vergütung für die erzielten Betriebskosteneinsparungen. Werden die vom Contractor garantierten Einsparungen übertroffen, kann er einen größeren Gewinn erzielen. Kann er die Einsparungen dagegen nicht erreichen, geht dies finanziell zu seinen Lasten.

Voraussetzungen für wirtschaftliches Einspar-Contracting:

- überdurchschnittlich hoher Energieverbrauch, hohe Energie- und Instandhaltungskosten
- ein langfristiges Nutzungskonzept
- gesicherte Vertrags- und Eigentumsverhältnisse

**Vorteile:**

- Finanzierung von Modernisierungsmaßnahmen trotz angespannter Haushaltslage
- technisches und wirtschaftliches Risiko bei einem externen Dienstleistungsunternehmen
- Nutzung vorhandenen umfangreichen Know-hows
- Service aus einer Hand von der Planung bis zum Betrieb
- besonders effiziente Ausnutzung der Einsparpotentiale durch finanzielle Anreize und vertragliche Verpflichtungen des Contractors

**Hindernisse:**

- technisch und organisatorisch (Datenzusammenstellung, erhöhter Organisationsaufwand)
- rechtliche (Bereitstellung eines sicheren und fairen Vertrages, Unsicherheiten bzgl. Haushaltsreglung und Ausschreibungsverfahren)



- menschliche Barrieren (fehlendes Vertrauen in ein größtenteils unbekanntes Konzept sowie externe Dienstleister, Befürchtungen von Stellenwegfall)
- Problem des Nachweises von Energieeinsparung und damit Kosteneinsparungen
- Fehlen von angemessenen Kosten-Nutzen Analysen und Planungsinstrumenten für Außenbeleuchtung
- Einspargewinne gehen der Gemeinde teilweise verloren (Gewinn des Contractors)

Voraussetzung für jedes Projekt ist eine gute Vorbereitung und eine vertrauensvolle Zusammenarbeit auf der Basis eines sicheren und fairen Vertragsmodells. Der ökologische und ökonomische Gewinn von Einspar-Contracting hängt stark von der Qualität der Ausschreibung und der Bewertung der Angebote ab.

**Ausgeführte Beispiele für Einspar-Contracting:**

Stadt Kempten, Stadt Hagen, Stadt Mechernich

**Anbieter:**

E.ON Mitte AG

Nuon Stadtlicht GmbH

Luretec

Bayerische Landessiedlung GmbH

HessAG



## 6.6. „Vision für die Zukunft“

Die Straßenbeleuchtung der gesamten Gemeinde wird mit hocheffizienten Leuchten und intelligenten Steuerungen betrieben, die sich beliebig dimmen lassen, die Helligkeit je nach Bedarf anpassen und mit anderen Verkehrseinrichtungen zusammenschaltet werden können. Der Lichtstrahl kann in bestimmte Richtungen gelenkt werden, wodurch die Abstrahlung in den Nachthimmel und die Anlockung von Insekten minimiert werden. Die Wartungskosten sind durch eine sehr lange Lebensdauer von mind. 15 Jahren sehr gering. Die Verkehrssicherheit wird durch eine gleichmäßige Ausleuchtung der Straßen, eine gute Farbwiedergabe und die individuelle Wahl der Lichtfarbe erhöht. Aufgrund der fortschreitenden Entwicklung von LED's ist damit zu rechnen, dass sich die Effizienz der Straßenbeleuchtung noch weiter steigern lässt, so dass der nach heutigem Stand der Technik optimierte Verbrauch nochmals um mehr als 30% reduziert werden kann.

## 6.7. Literaturverzeichnis:

- 1) Fördergemeinschaft Gutes Licht: licht.wissen 03 Straßen, Wege und Plätze

Download auf [www.licht.de](http://www.licht.de)

- 2) Energieinstitut Vorarlberg: Leitfaden energieeffiziente Straßenbeleuchtung, 2000

- 3) Schweizerische Agentur für Energieeffizienz: Straßenbeleuchtung, 2008

Download auf [www.topten.ch/sb](http://www.topten.ch/sb)

- 4) Umweltministerium Baden-Württemberg: Effizientere Straßenbeleuchtung, 2009

- 5) Umweltbundesamt: Bundeswettbewerb energieeffiziente Stadtbeleuchtung. Sammlung energieeffizienter Techniken für die Stadtbeleuchtung, 2009

- 6) NABU-Bundesverband: Fahrplan für die Sanierung der Stadtbeleuchtung

Download auf [www.nabu.de/aktionenundprojekte/stadtbeleuchtung/fachinformationen](http://www.nabu.de/aktionenundprojekte/stadtbeleuchtung/fachinformationen)



- 7) <http://www.keds-online.de/>
- 8) [www.strassenlicht.de](http://www.strassenlicht.de)
- 9) [www.energiesparende-beleuchtung.de](http://www.energiesparende-beleuchtung.de)



## 7. Verkehr

### 7.1. Einleitung:

Der Sektor Verkehr ist neben der Heizwärme und der Industrie einer der großen CO<sub>2</sub>-Verursacher. Im Gegensatz zur Heizwärme ist die CO<sub>2</sub>-Emission im Sektor Verkehr in den letzten Jahren leicht angestiegen. Hierfür ist vor allem ein erhöhtes Verkehrsaufkommen sowie eine Verschiebung Richtung Flugverkehr verantwortlich.

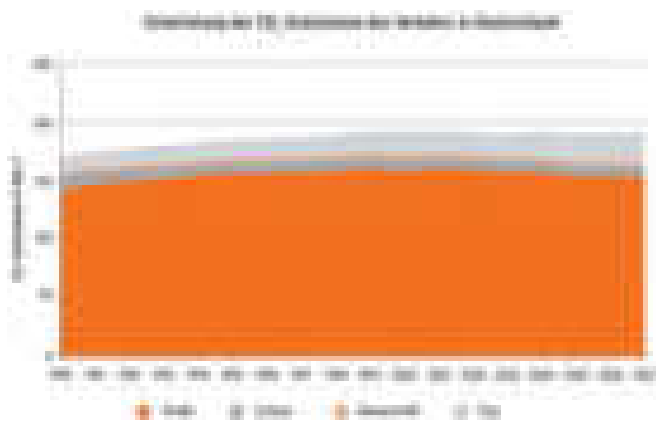


Abbildung 7.1.1: Entwicklung CO<sub>2</sub>-Emission im Verkehr (Quelle: CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland, Bundesumweltamt)

Nach dem Flugzeug ist der PKW das Verkehrsmittel mit dem größten CO<sub>2</sub>-Ausstoß pro Personenkilometer. Bei den öffentlichen Verkehrsmitteln ist vor allem die Auslastung maßgebend für den CO<sub>2</sub>-Ausstoß, so dass hier je nach örtlichen Begebenheiten die Zahlen deutlich Variieren können.

	Flugzeug	PKW	Eisenbahn, Nah	Linienbus	Metro/Tram	Eisenbahn Fern	Reisebus
<b>Auslastung</b>	73%	1,5 Pers.	21%	21%	20%	44%	60%
<b>CO<sub>2</sub> (g/Pers-km)</b>	369	144	95	75	72	52	32

Tabelle 7.1.1: Vergleich der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen im Personenverkehr (Quelle: CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland, Bundesumweltamt)

Im Bereich des Güterverkehrs kann man von relativ konstanten, guten Auslastungen ausgehen, so dass die Zahlen hier recht absolut sind. Bahn und Binnenschiff sind somit die Verkehrsmittel mit dem geringsten CO<sub>2</sub>-Ausstoß pro Tonnenkilometer.

LKW	Bahn	Binnenschiff	Flugzeug
-----	------	--------------	----------





CO <sub>2</sub> (g/Tonnen-km)	104	31	35	2039
-------------------------------	-----	----	----	------

Tabelle 7.1.2: Vergleich der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen im Güterverkehr (Quelle: CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland, Bundesumweltamt)

## 7.2. Bestand:

### 7.2.1. Motorisierter Individualverkehr

Veitshöchheim liegt direkt an der Stadtgrenze zu Würzburg, die Entfernung zur Innenstadt beträgt weniger als 10 km. Für den motorisierten Individualverkehr gibt es eine sehr gute Anbindung über die in beide Richtungen zweispurig ausgebaute B27, welche direkt von Veitshöchheim aus über 2 Auffahrten zu erreichen ist.

### 7.2.2. Unmotorisierter Verkehr

Parallel zu der stark befahrenen B27 läuft ein Radweg Richtung Würzburg und Retzbach, auf der anderen Mainseite ist direkt am Main ein hochwertiger Rad- und Fußweg in ebenfalls beide Richtungen vorhanden.

Für den unmotorisierten Individualverkehr gibt folgende Randbedingungen: maximale Entfernung innerhalb des Altortes: ca. 1 km; Höhenprofil: eben (0 bis 10m)

Maximale Entfernung innerhalb des Ortes (ohne Gadheim): ca. 3km; Höhenprofil: Hanglage mit maximal 80m Höhendifferenz.

Radwege sind innerhalb Veitshöchheims im Prinzip nicht vorhanden, v.a. die Nebenstraßen sind allerdings nicht stark befahren und somit recht gut zum Fahrrad fahren geeignet.

### 7.2.3. Gemeindefahrzeuge

Neben den für den Bauhof notwendigen Nutzfahrzeugen besitzt die Gemeinde derzeit noch zwei Fahrzeuge für die Gemeindeverwaltung. Beide sind erdgasbetriebene Kompakt-Vans. Mit einer CO<sub>2</sub>-Emission von ca. 140 g/km bzw. 155 g/km liegen beide unter dem Durchschnitt von ca. 165g/km (Stand 2008) der in Deutschland zugelassenen PKW's, allerdings deutlich über den besten Neuwagen dieser Klasse (ca. 120 g/km) und erst recht über den besten PKW (unter 100 g/km). Die Fahrzeuge werden überwiegend innerorts eingesetzt.



### 7.2.4. ÖPNV

Im ÖPNV wird Veitshöchheim primär über die Buslinien 11 und 19 des WVV sowie die Züge der DB angebunden. Zusätzlich fahren auch Regionalbusse in großen Abständen von Würzburg über Veitshöchheim ins Umland. Innerhalb Veitshöchheims gibt es keine regelmäßigen Verbindungen durch den ÖPNV, lediglich die aus Würzburg kommenden Buslinien fahren in unregelmäßigen Abständen die unterschiedlichen Wohngebiete an den Ortskern an.

Die Busse von Würzburg sind wie folgt getaktet:

Ortsmitte: Der ca. 200m von der Ortsmitte entfernte Bahnhof wird regelmäßig stündlich durch eine Regionalbahn von und nach Würzburg angefahren. Des Weiteren fahren in recht unregelmäßigen aber geringen Abständen (meist zwischen 15 und 30min) Busse der Linie 11 (und 19) in die Ortsmitte.



Abbildung 7.2.1: Taktung Busse WVV Würzburg - Ortsmitte

Wohngebiete: Die Linien 11 (und 19) fahren nahezu alle Wohngebiete an, allerdings in vollkommen unregelmäßigen und zum Teil sehr großen Abständen.



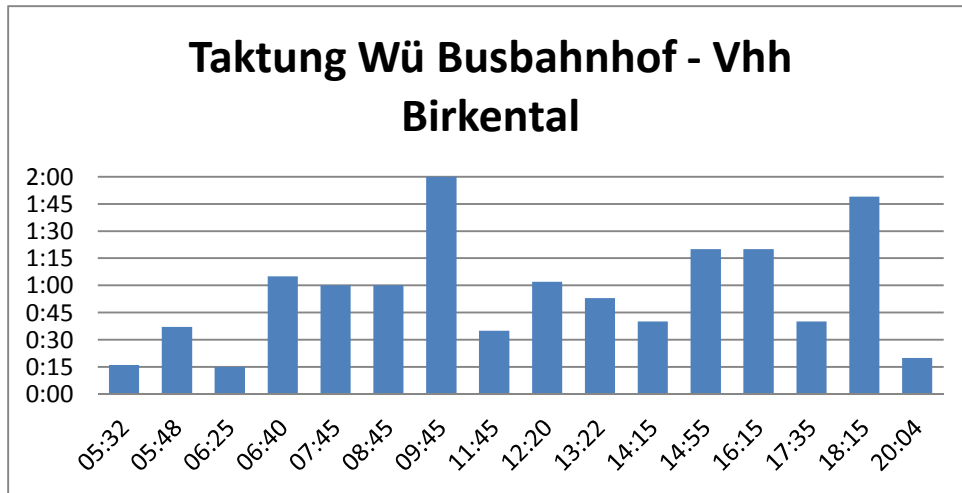


Abbildung 7.2.2: Taktung Busse WVV Würzburg - Birkental

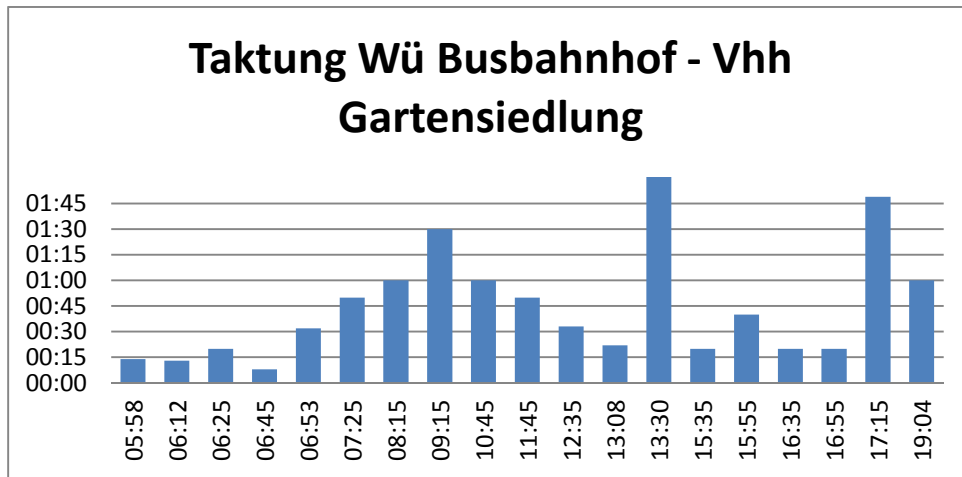


Abbildung 7.2.3: Taktung Busse WVV Würzburg Gartensiedlung

So variiert der zeitliche Abstand zweier Busse z.B ins Birkental von 15 min bis 2 h. Die anderen Wohngebiete werden ähnlich unregelmäßig angebunden.

Entsprechend ist die Nutzung des ÖPNV innerorts sehr gering. Im Quell-Ziel-Verkehr nach Würzburg dagegen ist die Auslastung der Busse sehr hoch:





Abbildung 7.2.4: Auslastung der Buslinien zwischen Veitshöchheim und Würzburg

### 7.2.5. Verteilung Verkehr

Aus dem von der Gemeinde beauftragten Verkehrsgutachten ergibt sich folgende Verteilung des Personenverkehrs:

*Verteilung der Wege / Fahrten innerhalb von Veitshöchheim (Binnenverkehr):*

Motorisierter Individualverkehr: 55%  
 ÖPNV: 2%  
 Fahrrad: 11%  
 Zu Fuß: 32%

*Verteilung der Wege / Fahrten von oder nach Veitshöchheim (Ziel- /Quellverkehr):*

Motorisierter Individualverkehr: 75%  
 ÖPNV: 15%  
 Fahrrad: 7%  
 Zu Fuß: 2%

Hierbei ist zu beachten dass die Zahlen nicht die zurückgelegten Kilometer angeben, sondern die Anzahl der Wege, unabhängig von ihrer Länge. So werden zum Beispiel zu Fuß zurück gelegt Wege im Durchschnitt nur wenige hundert Meter lang sein, Fahrten mit dem Fahrrad sich meist im Bereich von 1 bis 10 km bewegen, Autofahrten (außer im Binnenverkehr) meistens eine Länge von 10 km und mehr haben . Somit sind die oben beschriebenen Anteil, bezogen auf die CO<sub>2</sub>-Emission nur bedingt aussagekräftig, der tatsächliche Anteil am MIV in der Verkehrsverteilung deutlich größer.



Für den Binnenverkehr gibt es in Veitshöchheim im Verkehrskonzept eine Aussage über die Weglängen. Über die Anzahl und einen Mittelwert der einzelnen Entfernungsbereiche ergibt sich folgende Verteilung an zurückgelegten km:



Abbildung 7.2.5: Anteil an zurückgelegten km im Binnenverkehr Vhh (Daten zur Grafik: Verkehrskonzept Vhh)

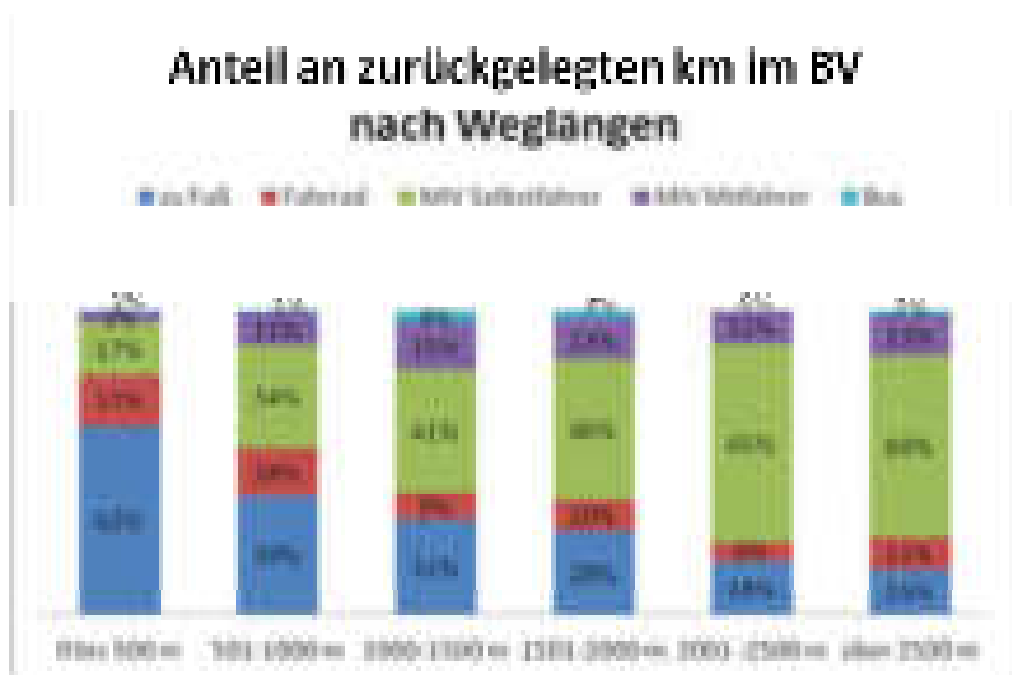


Abbildung 7.2.6: Anteil der zurückgelegten km im Binnenverkehr Vhh nach Weglängen (Daten zur Grafik: Verkehrskonzept Gemeinde Veitshöchheim)

Insgesamt kann man sagen, der MIV sowohl im Binnen- als auch im Ziel-Quell-Verkehr den deutlich größten Anteil an Fahrten – und erst recht an zurückgelegten Kilometern – hat. Innerorts spielt der



ÖPNV nahezu keine Rolle, gemessen an der Nähe zu Würzburg ist der Anteil am ZQV mit 15% auch eher gering. Der Fußverkehr hat im Bereich bis ca. 1km im BV den größten Anteil, mit zunehmender Weglänge nimmt dieser deutlich ab. Der Anteil des Fahrrads als Verkehrsmittel ist über alle Wegstrecken geringer als der Anteil des Fußverkehrs, was bei Weglängen über 1km möglicherweise an den zu überwindenden Höhenunterschieden in Veitshöchheim liegt.

Im Bundesmittel ergeben sich folgende Anteile an der Verkehrsleistung:

MIV: 81% der Personen-km (Anteil der CO<sub>2</sub>-Emission: ca. 89%)

Öffentliche Verkehrsmittel: 19% der Personen-km (Anteil der CO<sub>2</sub>-Emission: ca. 11%)

### 7.2.6. CO<sub>2</sub>-Emission

Anhand der bekannten Zahlen sowie dem in der Zählung nicht berücksichtigtem Güterverkehr sind konkrete Aussagen zum CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Sektor Verkehr in Veitshöchheim nicht möglich. Daher muss man hier über den Durchschnittsenergieverbrauch pro Einwohner in Deutschland auf die CO<sub>2</sub>-Emission schließen.

In Deutschland beträgt der Energieverbrauch durch den Individualverkehr ca. 4300 kWh pro Einwohner und Jahr<sup>7</sup>, durch den gesamten Verkehr – dieser beinhaltet den gesamten notwendigen Güterverkehr - ca. 8900 kWh pro Einwohner und Jahr. Auf die Einwohnerzahl Veitshöchheims hochgerechnet ergibt dies einen Energieverbrauch von ca. 43 Mio. kWh für private Fahrten bzw. ca. 89 Mio. kWh für den Gesamtverkehr. Die entspricht ungefähr einer CO<sub>2</sub>-Emission von 13.500 t<sup>8</sup> für Individualverkehr bzw. 28.000 t für den gesamten Verkehr. Die Umfragewerte MID2008 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung ergeben pro Person einen CO<sub>2</sub>-Ausstoß von ca. 1,64 t pro Jahr, was einem Gesamtausstoß für Veitshöchheim von ca. 16400 t entspricht.

## 7.3. Maßnahmen

Aufgrund der Komplexität der Produktionsketten und Wege ist das Einsparpotential im Gesamtverkehr kaum abschätzbar, der regionale Güterverkehr wird hier nur einen geringen Anteil

---

<sup>7</sup> stat. Bundesamt Wirtschaft und Statistik 12/2008

<sup>8</sup> Faktor auf Grundlage der Daten aus „CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland“ des Umweltbundesamtes



am Gesamten ausmachen. Daher wird im Folgenden nur noch der Bereich Individualverkehr untersucht.

Zur CO<sub>2</sub>-Einsparung im Sektor Verkehr gibt es grundsätzlich fünf Möglichkeiten:

- Den Bedarf nach Verkehr zu beeinflussen und die Wegstrecken zu verkürzen: *Verkehrsvermeidung*
- Den Verkehr auf umweltverträglichere Verkehrsträger zu verlagern: *Verkehrsverlagerung*
- Die bestehenden Kapazitäten im Verkehr besser auszulasten: *Verkehrsoptimierung*
- *Ökonomische Maßnahmen*
- Die spezifischen Emissionen der Fahrzeuge zu verringern: *Emissionsminderung*

### 7.3.1. Verkehrsvermeidung

Um Verkehr zu vermeiden, müssen die Wege verkürzt werden. Die Hauptverkehrslast entsteht durch Freizeitverkehr(38%), Fahrten zum und vom Arbeitsplatz (16%) sowie durch Einkäufe für den täglichen Bedarf (19%) im Bereich des Personenverkehrs und durch den überregionalen Transport im Bereich des Güterverkehrs. Letzterer kann nur durch eine verstärkte Nachfrage nach regionalen Produkten reduziert werden. Dazu muss in der Bevölkerung ein Bewusstsein geschaffen werden und die Konkurrenzfähigkeit regionaler Produkte gestärkt werden. Eine Möglichkeit seitens der Gemeinde ist die **Schaffung und Unterstützung eines Wochenmarktes für regionale Produkte.**

Für den Personenverkehr muss man zuerst die Frage stellen, wo der tägliche Bedarf gedeckt werden kann und welche Möglichkeiten für Freizeitaktivitäten bestehen. Ist die Versorgung mit Lebensmitteln innerhalb Veitshöchheims ausreichend möglich? Wie sind die Geschäfte im Ort verteilt? Gibt es ausreichend Geschäfte für Kleidung, Haushaltswaren u.ä.? Wie gut ist das Angebot an Vereinen, Sportstätten, Gaststätten und Kulturveranstaltungen?

Im Bereich der Versorgung mit Artikel des täglichen Bedarfs kann man deutlich sehen, dass die Hauptversorgungsachse im südlichen Ortsteil entlang des Geisbergs liegt, für einen Großteil der Bewohner ergeben sich so recht lange Wege zu täglichen Einkauf, was wiederum zu einer bevorzugten Nutzung der PKWs führt.





Abbildung 7.3.1: Verteilung Einkaufsmärkte

#### Möglichkeiten:

- Durch Schaffung von entsprechenden Flächen sowie Anreizen für die Betreiber kann die Gemeinde versuchen, die Möglichkeiten für die tägliche Versorgung in Veitshöchheim zu verbessern, und damit die Wege für den täglichen Einkauf zu verkürzen.

*Einsparpotential: nicht abschätzbar, je 1 % vermiedener km MIV können ca. 0,8 bis 0,9% an der CO<sub>2</sub>-Emission im Personenverkehrs eingespart werden.*

### 7.3.2. Verkehrsverlagerung

Im regionalen bzw. örtlichen Verkehr ist der motorisierte Individualverkehr in Veitshöchheim das dominierende Verkehrsmittel. Zugleich ist der spezifische CO<sub>2</sub>-Ausstoß im MIV deutlich höher als im ÖPNV. Die klimatechnisch idealen Verkehrsmitteln sind durch die CO<sub>2</sub>-Neutralität Fahrrad und Fuß. Durch eine Verlagerung des Verkehrs vom MIV Richtung ÖPNV und unmotorisierten Verkehr ist eine große CO<sub>2</sub>-Einsparung möglich. Dazu müssen die Bedingungen für Radfahrer und Fußgänger ebenso verbessert werden, wie die des ÖPNV. Gerade die innerörtlichen Bedingungen des ÖPNVs sind (s. „Bestand“) so unattraktiv, dass die Busse für den Binnenverkehr nahezu nicht genutzt werden.

#### Möglichkeiten für den ÖPNV:

- Regelmäßige Taktung der Buslinien 11 und 19 zwischen Würzburg und Ortsmitte.





- Verkürzung des Taktes vor allen während der Stoßzeiten.
- Regelmäßige Anbindung der Ortsteile an die Dorfmitte (z.B. Minibus mit Anbindung an Linien 11 und 19) und zu den Einkaufsmärkten.
- Vergünstigte Zeitkarten für ortsinternen Bus und Verbindung nach Würzburg (evtl. kostenlose Jahreskarte vor den innerörtlichen Busverkehr)
- Elektronische Anzeigen der Wartezeit und nächsten Busverbindungen an den Haupthaltestellen

#### *Möglichkeiten für den unmotorisierten Verkehr:*

- Ersetzen von PKW-Stellplätzen durch Fahrradstellplätze im Bereich der Ortsmitte
- Bike-sharing im Gemeindegebiet (Fahrradstationen an einigen Punkten)
- Pedelec-Stationen zum Einkaufen oder Freizeit (2-rädrig? 2-rädrig mit Anhänger? Dreirädrig überdacht? Als Einkaufsmöglichkeit; als Touristenattraktion)
- Imagekampagnen pro Fahrrad
- Vergünstigte Fahrradmitnahme im ÖPNV

*Einsparpotential: Bei der Verlagerung des MIVs auf den ÖPNV ist pro 1% verlagerter km eine CO<sub>2</sub>-Einsparung von 0,5% möglich. Bei der Verlagerung auf unmotorisierten Verkehr ist je 1% Verlagerung eine Einsparung von 1% möglich.*

### **7.3.3. Verkehrsoptimierung**

Die Auslastung der meisten Verkehrsmittel ist in Deutschland sehr gering. In Veitshöchheim liegt der Anteil an Mitfahrern im PKW bei nur 27 % bei Fahrten innerhalb Veitshöchheims und bei 20% im Ziel-Quell-Verkehr. Durch eine Verbesserung der Auslastung kann die Anzahl der Fahrten deutlich reduziert werden.

#### *Möglichkeiten der Gemeinde:*

- Unterstützen der Bildung von Fahrgemeinschaften z.B. durch Schaffen eines schwarzen Brettes im Rathaus oder einer Seite im Gemeindeblatt.(Struktur Mitfahrerzentrale?)
- Car-sharing im Gemeindegebiet (gemeindeeigen oder unterstützt) mit Privilegfunktion (besondere Parkplätze, vergünstigte Parkscheine, ...)
- Bessere Auslastung der Busse durch attraktivere Bedingungen wie dichtere Taktung, günstigere Fahrpreise (vergünstigte Fahrkarten)und bessere Informationen zur Nutzung.

#### *Einsparpotential:*

Eine Auslastungssteigerung der bestehenden Verkehrsmittel von 20% bis 30%, was z.B. für den MIV eine zusätzliche Person auf ungefähr jeder dritten Fahrt bedeuten würde, bringt eine ebenso hohe CO<sub>2</sub>-Einsparung.



### 7.3.4. Ökonomische Maßnahmen

Durch finanzielle Anreize kann ein Bewusstsein gestärkt bzw. unterstützt werden, CO<sub>2</sub>-Emissionen zu vermeiden.

*Möglichkeiten der Gemeinde:*

- Höhere Parkgebühren im Ortskern
- Förderung zur Anschaffung emissionsarmer Fahrzeuge
- Subventionierte Fahrkarten ÖPNV

*Einsparpotential:*

Hier ist das Einsparpotential stark von der genauen Art der Maßnahmen abhängig; z.B. kann durch die Mehreinnahme von Parkgebühren evtl. der ÖPNV unterstützt werden, so dass hier ein zweifacher Effekt auftreten kann.

### 7.3.5. Spezifische Emissionsminderung

CO<sub>2</sub>-Emissionen lassen sich auch durch einen geringeren spezifischen CO<sub>2</sub>-Ausstoß vermeiden. Dieser ist vor allem durch effizientere Fahrzeuge, die Verwendung von Leichtlaufreifen und -ölen sowie effizienteres individuelles Fahrverhalten zu erreichen.

*Möglichkeiten der Gemeinde:*

- Förderung zur Anschaffung emissionsarmer Fahrzeuge
- Verbraucherinformation zur Fahrzeugbeschaffung
- Förderung von Schulungen zur energieeffizienten Fahrweise in der Gemeindeverwaltung und allgemein

*Einsparpotential:*

Vor allem durch treibstoffsparendes Fahren kann eine deutliche CO<sub>2</sub>-Einsparung erreicht werden, diese liegt normalerweise bei ca. 10%. Durch den Wechsel auf emissionsarme Fahrzeuge können auf lange Sicht ebenfalls deutliche Einsparungen erzielt werden. Die CO<sub>2</sub>-Emission neuer Fahrzeuge liegt meist mehr als 20% unter dem Durchschnitt, mit der nächsten Generation von Verbrennungsmotoren sowie Elektrofahrzeugen werden weiter deutlicher Verringerungen der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emission stattfinden.



### 7.3.6. Einfluss der Maßnahmen untereinander

Die unterschiedlichen aufgezeigten Maßnahmen haben einen gegenseitigen teils positiven, teils negativen Einfluss. Im Folgenden Schaubild wird dieser vereinfacht dargestellt

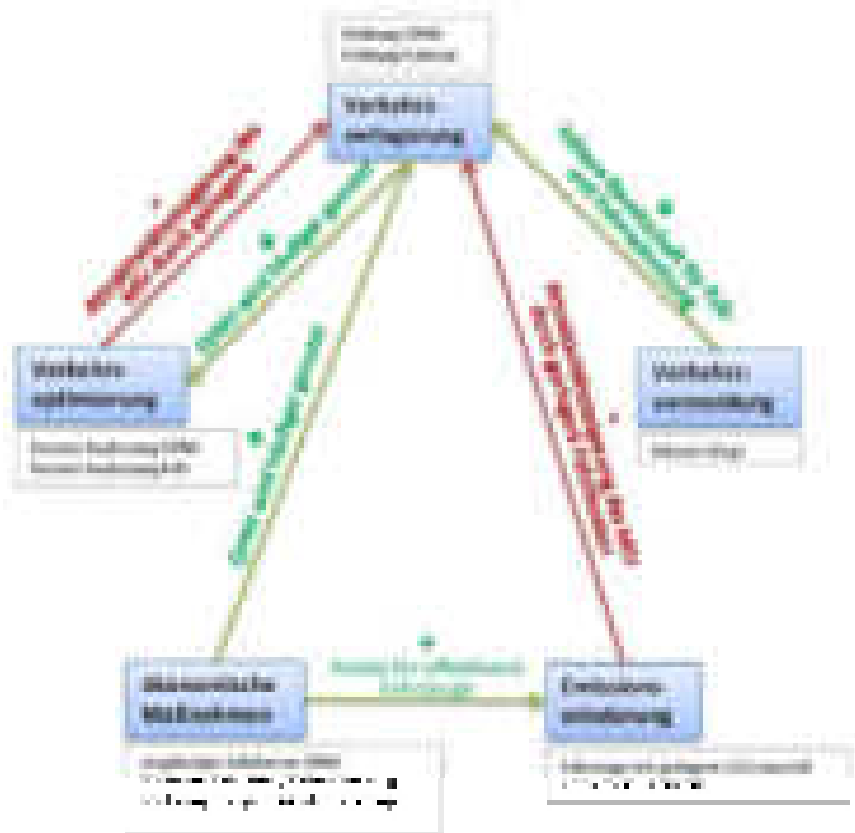


Abbildung 7.3.2: Einfluss verschiedener Maßnahmen untereinander (Quelle: Architekturbüro Haase)

## 7.4. Zusammenfassung

Viele der oben genannten Möglichkeiten hängen stark von der Akzeptanz und dem Umweltbewusstsein der Einwohner Veitshöchheims ab. Die Akzeptanz wiederum steht in direktem Bezug mit Komfort, finanziellen Überlegungen und Motivation. Durch gute Öffentlichkeitsarbeit wie Infoveranstaltungen, evtl. Beratungsstellen und Workshops gibt es die Möglichkeit, seitens der Gemeinde ein Bewusstsein zu schaffen und die Bewohner zu motivieren. Wenn nun die Randbedingungen so sind, dass CO<sub>2</sub>-Einsparung weder eine finanzielle Mehrbelastung ist, sondern evtl. monetäre Vorteile mit sich bringt, noch größere Komforteinbußen bedeutet, kann im Sektor Verkehr ein großer Anteil der CO<sub>2</sub>-Emission vermieden werden.

Auf dem Sektor der Automobilindustrie wird die Verbesserung von Verbrennungsmotoren ebenso wie die Entwicklung von Elektrofahrzeugen derzeit stark vorangetrieben. Mit durchschnittlichen



effektiven Wirkungsgraden von 95% bis 97% liegen Elektromotoren deutlich über denen von Diesel- (im Mittel 23% bis 25%) und Ottomotor (Im Mittel 14% bis 15%)<sup>9</sup>. Neue Generationen von Verbrennungsmotoren haben einen ca. 20% bis 30 % höheren Wirkungsgrad als derzeitige Modelle, so dass hier in einem ersten Schritt schon ein hohes Einsparpotential besteht. Bei einer kompletten Umstellung auf Elektrofahrzeuge ist sogar eine CO<sub>2</sub>-Einsparung von über 50 % möglich, ohne den kontinuierlich steigenden Anteil von erneuerbaren Energien am Strommix zu berücksichtigen. Gelingt es zudem die oben genannten Maßnahmen weitgehend umzusetzen, sollte es möglich sein, weitere 25% der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verkehr einzusparen, so dass für das Jahr 2040 eine Gesamteinsparung im Verkehrssektor von über 75% möglich erscheint. Ein Teil dieser Entwicklung wird automatisch stattfinden, allerdings nur langsam. Daher ist es wichtig durch die angesprochenen Maßnahmen diese Entwicklung zu forcieren und zu unterstützen.

---

<sup>9</sup> Wikipedia (Stand 10/2010)



## 8. Übersicht Verbraucher

### 8.1. Einleitung

Die gesamte CO<sub>2</sub>-Emission auf dem Gemeindegebiet beträgt ca. 70.000 t pro Jahr. Dies entspricht einer Schicht aus reinem CO<sub>2</sub> über dem kompletten Gemeindegebiet von ca. 3,5 m Höhe. In der gleichen Zeit bauen die Bäume und sonstigen Grünpflanzen auf dem Gemeindegebiet ca. 0,2 m dieser CO<sub>2</sub>-Schicht ab. Insgesamt verteilt sich die Emission sehr gleichmäßig über das Gemeindegebiet, mit einem kleinen Schwerpunkt im Gewerbegebiet.

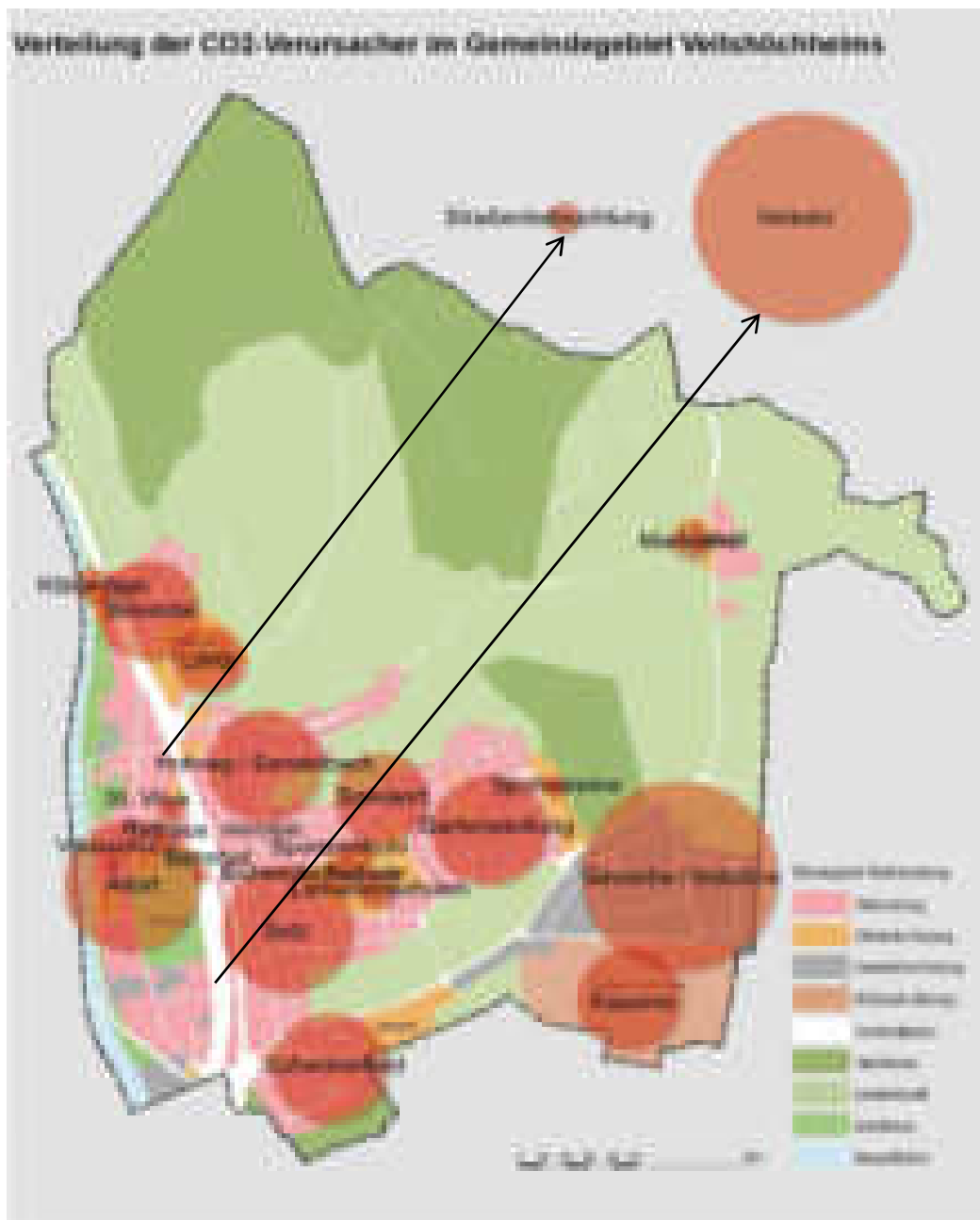


Abbildung 8.1.1: Verteilung der CO<sub>2</sub>-Verursacher in Veitshöchheim



Die Energieverbraucher (und damit auch CO<sub>2</sub>-Verursacher) auf dem Gemeindegebiet sind sowohl von Art als auch von der Größe sehr unterschiedlich. Die Hauptverbraucher Verkehr und Wohngebäude setzen sich wiederum aus vielen kleinen Einzelverbrauchern zusammen. Für eine deutliche CO<sub>2</sub>-Minderung ist hier neben der Effektivität einer einzelnen Maßnahme auch die Anzahl der Sanierungen / Einsparmaßnahmen maßgebend. Derzeit liegt die Sanierungsrate in Deutschland für Wohngebäude bei ca. 1%. Die Bundesregierung möchte diese Rate auf 2% erhöhen (Quell: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Stand: Oktober 2010), also eine Durchsanierung aller Gebäude innerhalb 50 Jahren. Wann diese 2% erreicht werden sollen, ist allerdings unklar. Um diese Verdopplung der Sanierungen pro Jahr zu erreichen sind allerdings umfangreiche Maßnahmen erforderlich: neben dem Schaffen eines Bewusstseins für die Dringlichkeit der CO<sub>2</sub>-Minderung müssen auch finanzielle Anreize und Unterstützungen geschaffen werden. Das Bewusstsein wird vor allem durch Öffentlichkeitsarbeit und Leuchtturmobjekte geschaffen, Anreize durch Förderungen und Zuschüsse.

## 8.2. Anteile

Die CO<sub>2</sub>-Emission im Gemeindegebiet teilt sich gemäß nachstehender Grafik auf:

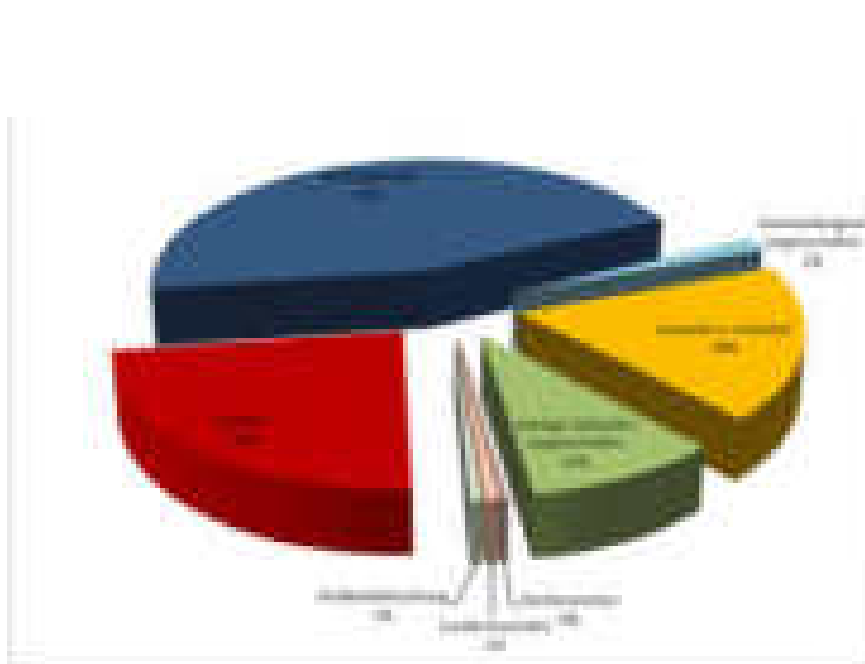


Abbildung 8.2.1: Verteilung der CO<sub>2</sub>-Emissionen auf dem Gemeindegebiet

Die Wohngebäude (einschließlich kleiner Geschäfte, Läden und Dienstleister) sind für fast die Hälfte der CO<sub>2</sub>-Emission verantwortlich, der Verkehr (hier wurde der bundesdeutsche Durchschnitt aus Grundlage genommen) emittiert ungefähr ein Viertel des CO<sub>2</sub> in Veitshöchheim, Gewerbe und Industrie ungefähr ein Fünftel, besondere Einzelgebäude und Liegenschaften den Rest.



Die Straßenbeleuchtung erscheint mit ca. 1% der Gesamt-CO<sub>2</sub>-Emission unbedeutend, ist aber einzeln gesehen einer der größeren CO<sub>2</sub>-Emittenten.

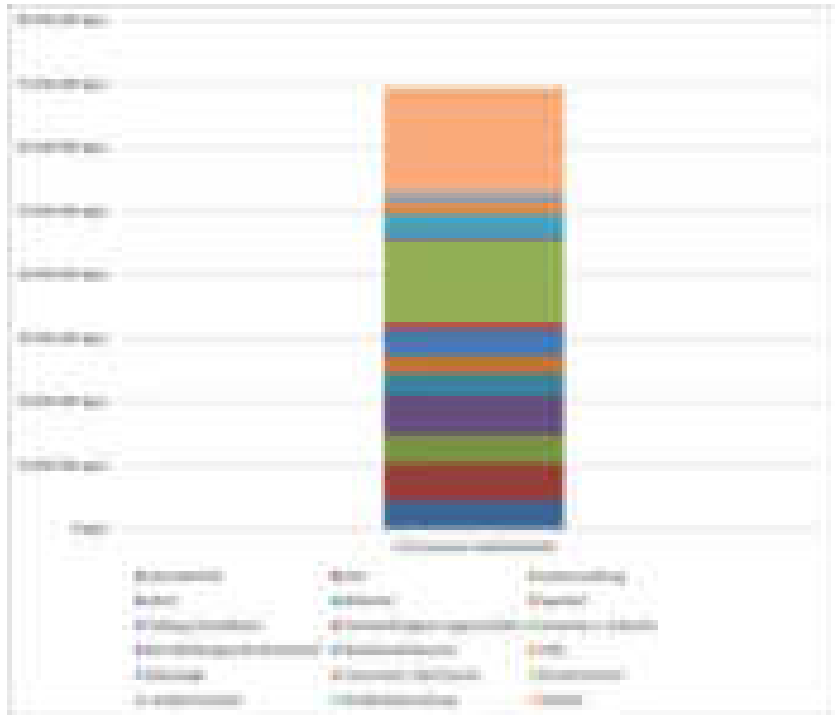


Abbildung 8.2.2: jährliche CO<sub>2</sub>-Emission Veitshöchheim

Aufgrund nicht vollständiger Daten wurden fehlende Bereiche abgeschätzt.

### Literaturverzeichnis:

CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland Mögliche Maßnahmen und ihre Minderungspotenziale Ein Sachstandsbericht des Umweltbundesamtes; Bundesumweltamt

Fortschreibung und Erweiterung "Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030 (TREMOT, Version 5) Endbericht; ifeu - Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH

Verkehrskonzept Gemeinde Veitshöchheim; Lang und Burkard

MID Mobilität in Deutschland 2008, Tabellenband; infas, DLR



# 9. Alternative Energieträger

---

## 9.1. Photovoltaik

### 9.1.1. Grundlagen zur Nutzung von Photovoltaik

Photovoltaik bezeichnet die direkte Umwandlung von Sonnenenergie in elektrische Energie durch Solarzellen. Der große Vorteil dabei ist, dass keinerlei Abgase, kein Lärm oder radioaktiven Abfälle entstehen. Allerdings wird für die Herstellung von Solarzellen relativ viel Energie benötigt, weshalb die energetische Amortisationszeit höher liegt als z. B. bei Windkraft. Je nach Solarzellentyp liegt sie zwischen 2 und 7 Jahren. Die maximale Lebensdauer einer heute installierten Photovoltaikanlage liegt bei ca. 25 Jahren. Obwohl die insgesamt zur Verfügung stehende Sonneneinstrahlung riesig erscheint, ist die Leistung pro Fläche verhältnismäßig gering. Deshalb benötigt Solarzellen recht viel Fläche, was aber dadurch ausgeglichen wird, dass Photovoltaik im Gegensatz zu Großkraftwerken auf bereits bebauten Flächen, wie z.B. Dächer, Fassaden oder Schallschutzwände installiert werden kann.

Solarzellen kann man nach verschiedenen Kriterien einordnen. Einerseits werden sie nach Materialdicke in Dickschicht- und Dünnschichtzellen unterteilt. Andererseits gibt es verschiedene Materialien wie z.B. die Halbleitermaterialien CdTe, GaAs oder Kupfer-Indium-Selen-Verbindungen. Weltweit am häufigsten wird jedoch Silizium eingesetzt, das im Gegensatz zu den meisten anderen Materialien in nahezu unbegrenzter Menge zur Verfügung steht. Die verschiedenen Solarzellen unterscheiden sich in Wirkungsgrad, Preis, Lebensdauer oder Temperaturabhängigkeit. Je nach Einsatzort und gewünschter Eigenschaften muss die geeignete Solarzelle ausgewählt werden.

Ein aktueller Forschungsbereich bei Photovoltaik sind aktuell aufgrund der Möglichkeiten bezüglich günstiger und vielseitiger Herstellungsverfahren **organische Solarzellen**. Sie bestehen aus Werkstoffen der organischen Chemie, d. h. Kohlenwasserstoff-Verbindungen (Kunststoffen). Der Wirkungsgrad, mit dem Sonnenenergie in elektrische Energie umgewandelt wird, liegt zurzeit noch weit unter dem von Solarzellen aus anorganischem Halbleitermaterial.

Die installierte Leistung und Energieerzeugung von Photovoltaik in Deutschland steigt seit Jahren stark an und hatte im Jahr 2009 einen Anteil von 1,1% am Stromverbrauch<sup>10</sup>. Sie kann in Zukunft im Verbund mit anderen erneuerbaren Energien einen wichtigen Beitrag zur Stromversorgung leisten.

---

<sup>10</sup> BMU: Erneuerbare Energien in Zahlen, Berlin 2010, S.10





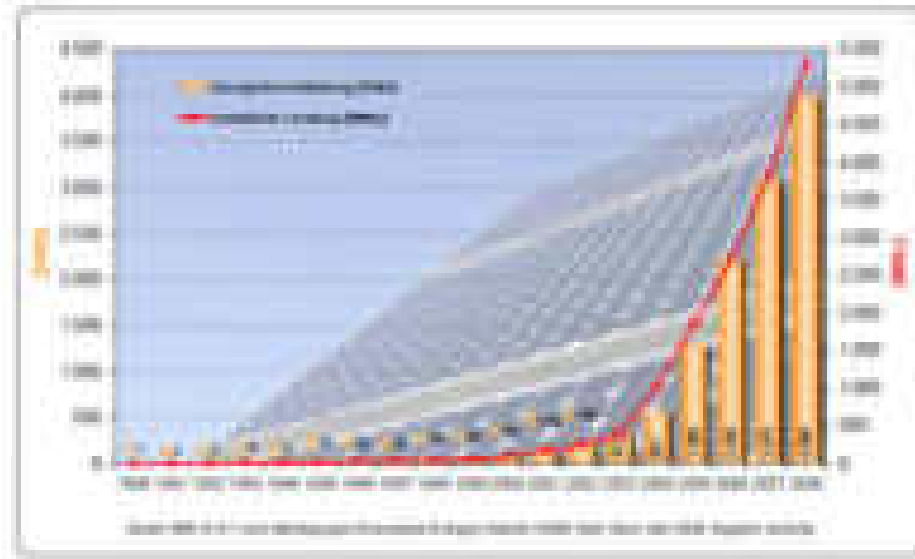


Abbildung 9.1.1: Leistung und Stromerzeugung aus PV-Anlagen in Deutschland (Quelle: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Erneuerbare Energien 2008 in Deutschland, 2009; S. 31)

### 9.1.2. Momentane Nutzung

Zurzeit wird Photovoltaik nur auf vereinzelt Dachflächen der Gemeinde Veitshöchheim genutzt. Der ins Netz eingespeiste, durch Photovoltaik erzeugte Strom hat derzeit einen nur geringen Anteil, und beträgt einen Bruchteil des verbrauchten Stroms. Auf der Landwirtschaftlich genutzten Fläche zwischen Veitshöchheim und Gadheim wurde vor kurzem allerdings ein „Solarkraftwerk“ mit ca. 10.000 PV-Modulen gebaut, der Ertrag wird voraussichtlich zwischen 1 Mio. kWh und 1,5 Mio. kWh betragen.

### 9.1.3. Energiepotential

Veitshöchheim liegt in einer der sonnenreicheren Regionen Deutschlands und besitzt daher gute Voraussetzungen für die Nutzung von Photovoltaik oder Solarthermie. Die jährliche Globalstrahlung in Veitshöchheim beträgt ca. 1100 kWh/m<sup>2</sup>, die mittlere jährliche Sonnenscheindauer ungefähr 1600 Stunden<sup>11</sup>. Den größten Ertrag erreichen Photovoltaik-Module mit einer Ausrichtung nach Süden und einem Neigungswinkel zwischen 30° und 45°. Da jedoch viele Dachflächen in Veitshöchheim eine Ost-West-Ausrichtung haben, ist nur ein Teil der Gebäude optimal geeignet. Im Altort kann Photovoltaik aufgrund der engen Bebauung und der vielen denkmalgeschützten Häuser nur bedingt genutzt werden und wurde deshalb in der Berechnung des Energiepotentials nicht betrachtet (vgl. Karte Photovoltaik/Solarthermie auf Dachflächen). Es wurde davon ausgegangen, dass auf sehr gut geeigneten Dachflächen, die nach Süden ausgerichtet sind, ein Ertrag von 110 kWh/m<sup>2</sup> (Mischwert mit Anteil an Dünnschichtmodulen) und auf Dachflächen mit einer Ausrichtung nach Südwest/Südost oder geringer Verschattung 100 kWh/m<sup>2</sup> im Jahr erzielt werden. Der für Photovoltaik auf dem Dach nutzbare Anteil an der Grundfläche eines Gebäudes beträgt nach Abzug von Dachaufbauten, Gauben und Flächen für Solarthermie ca. 30% (vgl. Tabelle 9.1.1).

<sup>11</sup>StMWVT: Bayerischer Solar- und Windatlas, München 2001, S.8-9



Beispielgebäude: Grundfläche 20m x 10m, Satteldach, Dachneigung 30°	
Grundfläche	200 m <sup>2</sup>
davon Dachfläche mit Südneigung	115 m <sup>2</sup>
20% Abzug Dachaufbauten	-23 m <sup>2</sup>
15% Abzug Solarthermie	-17 m <sup>2</sup>
10% Abzug durch feste Modulgröße	-12 m <sup>2</sup>
Ergebnis Nutzfläche Photovoltaik	64 m <sup>2</sup>
Anteil der nutzbaren Dachfläche an der Gebäudegrundfläche ca.	30%

Tabelle 9.1.1: Berechnung des Anteils der für Photovoltaik nutzbaren Dachfläche

Das Energiepotential für die Nutzung von Photovoltaik auf Dachflächen beträgt in Veitshöchheim ca. 6,7 Millionen kWh im Jahr bei einer Fläche von 65.000 m<sup>2</sup>. Dazu kommt der Ertrag des Solarkraftwerks zwischen Veitshöchheim und Gadheim von 1,5 Millionen kWh pro Jahr. Insgesamt ergibt sich also ein Energiepotential von 8,2 Millionen kWh/a (vgl. Tabelle 9.1.2). Das sind ca. 12,6 % des derzeitigen Gesamtstromverbrauchs (Haushalte, Industrie und Dienstleistung) von Veitshöchheim, bzw. 47 % des Stromverbrauchs der Haushalte. Würde man das komplette Energiepotential von Photovoltaik in Veitshöchheim nutzen, ließen sich fast 4.200 t CO<sub>2</sub> pro Jahr einsparen (vgl. Tabelle 9.1.3).



	Eignung sehr gut	Eignung gut
Grundfläche	59.722 m <sup>2</sup>	156.497 m <sup>2</sup>
Nutzfläche (30%)	17.917 m <sup>2</sup>	46.949 m <sup>2</sup>
Potential pro m <sup>2</sup>	110 kWh/m <sup>2</sup> a	100 kWh/m <sup>2</sup> a
Potential pro Jahr	1.970.826 kWh/a	4.694.910 kWh/a
Potential Dachflächen	6.665.736 kWh/a	
Ertrag Solarkraftwerk	1.500.000 kWh/a	
<b>Gesamtpotential</b>	<b>8.165.736 kWh/a</b>	

Tabelle 9.1.2: Berechnung des Energiepotentials von Photovoltaik in Veitshöchheim

	Gesamtpotential PV	CO <sub>2</sub> -Ausstoß	CO <sub>2</sub> -Ausstoß
Strom (Durchschnitt Deutschland)	8.165.736 kWh/a	633 g/kWh	5.169 t/a
Photovoltaik		120 g/kWh	-980 t/a
<b>Einsparung</b>	<b>4.200 t/a</b>		

Tabelle 9.1.3: Einsparpotential von CO<sub>2</sub> durch Photovoltaiknutzung in Veitshöchheim

#### 9.1.4. Maßnahmen

Es besteht die Möglichkeit für Gemeinden, ein sogenanntes Solarkataster erstellen lassen, das Aufschluss über geeignete Flächen zum Bau von Solar- und Photovoltaikanlagen liefert. Durch Laserscanner-Daten, die bei Überfliegungen gewonnen werden, können Dachflächen von Gebäuden erkannt und nach ihrer unterschiedlichen Solar-Eignung unterschieden werden. Es ist dann möglich, diese Daten im Internet zu veröffentlichen und für alle Bürger zugänglich zu machen. In der einem Stadtplan ähnlichen Darstellung ist es möglich, ein einzelnes Dach auszuwählen, um dessen Solarpotenzial und die damit verbundene CO<sub>2</sub>-Einsparung zu ermitteln. Städte, die bereits über ein Solarkataster verfügen, sind z.B. Osnabrück, Offenbach oder Wiesbaden (vgl. Abbildung 9.1.2: Internetseite des Solarkatasters von Wiesbaden). Bei der Gemeindegröße von Veitshöchheim ist es sinnvoll sich für die Erstellung eines Solarkatasters mit den umliegenden Städten und Gemeinden zusammenzuschließen.





Abbildung 9.1.2: Internetseite des Solarkatasters von Wiesbaden

Außerdem sollte die Gemeinde den Bürgern Informationen über Photovoltaik-Anlagen zur Verfügung stellen und durch den Bau von Anlagen auf gemeindeeigenen Gebäuden mit gutem Beispiel vorangehen. Das kann auch in Form von „Bürgersolaranlagen“ geschehen, d.h. es werden Dächer auf Gemeindegebäuden für Interessenten zum Bau von Photovoltaikanlagen bereitgestellt. Zusätzlich zum geplanten Solarkraftwerk zwischen Veitshöchheim und Gadheim könnten weitere Freiflächen auf eine mögliche solare Nutzung hin untersucht werden. Allerdings sollte die solare Nutzung von Dächern vorrangig gefördert werden, da dadurch bereits vorhandene unbenutzte Flächen genutzt werden können und keine neuen Flächen bebaut werden müssen.

Die Investitionskosten für eine Photovoltaik-Anlage betragen heute ca. 3000 Euro pro Kilowatt peak installierter Leistung, was ca. 300 Euro/m<sup>2</sup> entspricht. Würde man in Veitshöchheim auf den geeigneten Dachflächen von insgesamt 65.000 m<sup>2</sup> Solarzellen installieren, müsste man heute ca. 20 Millionen Euro investieren. Das entspricht ca. 4.800 Euro pro t eingespartes CO<sub>2</sub>.

Die durchschnittlichen Kosten für Photovoltaikanlagen sinken allerdings seit Jahren, während der Wirkungsgrad zunimmt. So betrug der Preis für eine schlüsselfertige Anlage im Jahr 2009 im Vergleich zum Vorjahr rund 20 % weniger.<sup>12</sup> Es ist davon auszugehen, dass der Preis in den nächsten Jahren weiter zurückgeht, während die Kosten für konventionell erzeugten Strom aufgrund der Verknappung fossiler Energieträger und der Endlagerproblematik von Kernenergie steigen. Der Grund für diese Entwicklung ist unter anderem die steigende Kapazität der Hersteller und die Weiterentwicklung der Fertigungstechnik. Außerdem bekommen deutsche Hersteller zunehmend Konkurrenz aus anderen europäischen Ländern und China. Wenn man nun davon ausgeht, dass man bis zum Jahr 2040 kontinuierlich alle geeigneten Dachflächen mit PV belegt, wären das ca. 2200m<sup>2</sup> pro Jahr. Diese Zahl scheint erst einmal sehr groß, pro Einwohner ist das aber nur ca. ¼ m<sup>2</sup> pro Jahr,

<sup>12</sup> [www.recyclingportal.eu/artikel/23440.shtml](http://www.recyclingportal.eu/artikel/23440.shtml)



was derzeit ca. 75 € entspricht. Mit entsprechenden Modellen und Förderungen könnte diese Vision durchaus realisiert werden. (z.B. PV-Fonds mit fester Rendite)

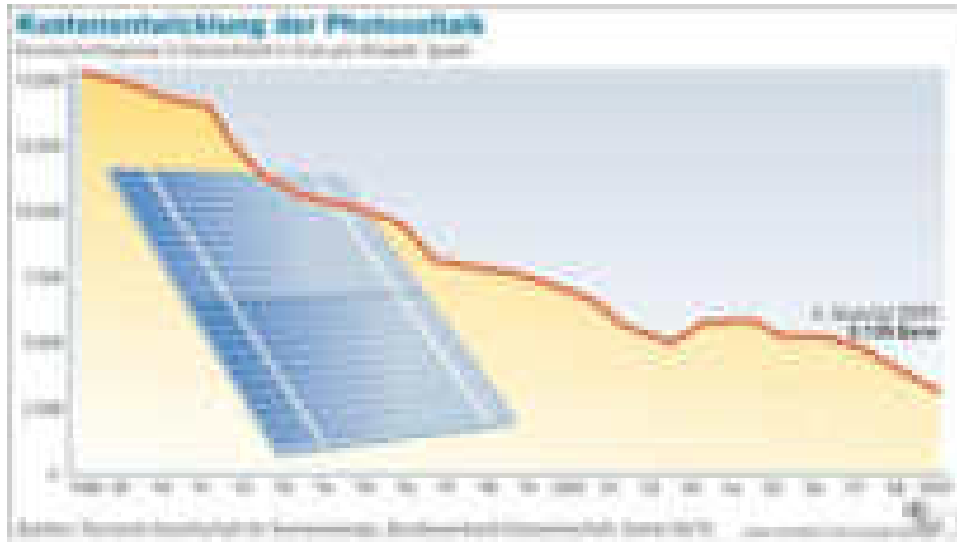


Abbildung 9.1.3: Kostenentwicklung für eine schlüsselfertige Photovoltaikanlage (Quelle: deutsche Gesellschaft für Solarenergie, Bundesverband Solarwirtschaft, Stand 06/10)

### 9.1.5. Finanzierungsmöglichkeiten

Im Mai 2010 hat der Bundestag eine Kürzung der staatlichen Solarförderung beschlossen. Trotz der geringeren staatlichen Förderung ab Juli 2010, bleibt der Bau von Photovoltaik-Anlagen aufgrund der seit Jahren sinkenden Modulpreise auch künftig wirtschaftlich interessant. Weiterhin gibt es zur Förderung von Photovoltaik das KfW-Programm Erneuerbare Energien Programmteil „Standard“. Jeder, der Solarstrom erzeugt und ins Netz einspeist, kann hier langfristige, zinsgünstige Darlehen mit tilgungsfreien Anlaufjahren beantragen. Es werden bis zu 100 % der förderfähigen Nettoinvestitionskosten, höchstens jedoch 10 Mio. Euro, gefördert. Eine Kombination mit anderen KfW-Programmen ist nicht möglich<sup>13</sup>. Außerdem erhält man für den Strom aufgrund des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) eine Einspeisevergütung von 32,88Cent/kWh bei Anlagen bis 30 kW mit einer jährlichen Degression von 9%. Bei größeren Anlagen sinkt die Vergütung bis auf 26,14 Cent/kWh für Anlagen über 1 MW Leistung mit einer jährlichen Degression von 11%. Für Photovoltaik-Anlagen auf Freilandflächen erhält man 24,17 Cent/kWh, Ackerflächen erhalten jedoch keine Förderung mehr<sup>14</sup>.

<sup>13</sup> [www.kfw-mittelstandsbank.de/DE\\_Home/Kredite/Umweltschutz\\_im\\_Unternehmen/KfW-Erneuerbare\\_Energien](http://www.kfw-mittelstandsbank.de/DE_Home/Kredite/Umweltschutz_im_Unternehmen/KfW-Erneuerbare_Energien)

<sup>14</sup> [www.solar-und-windenergie.de/photovoltaik/einspeiseverguetung-photovoltaik](http://www.solar-und-windenergie.de/photovoltaik/einspeiseverguetung-photovoltaik), Stand Jan 2010



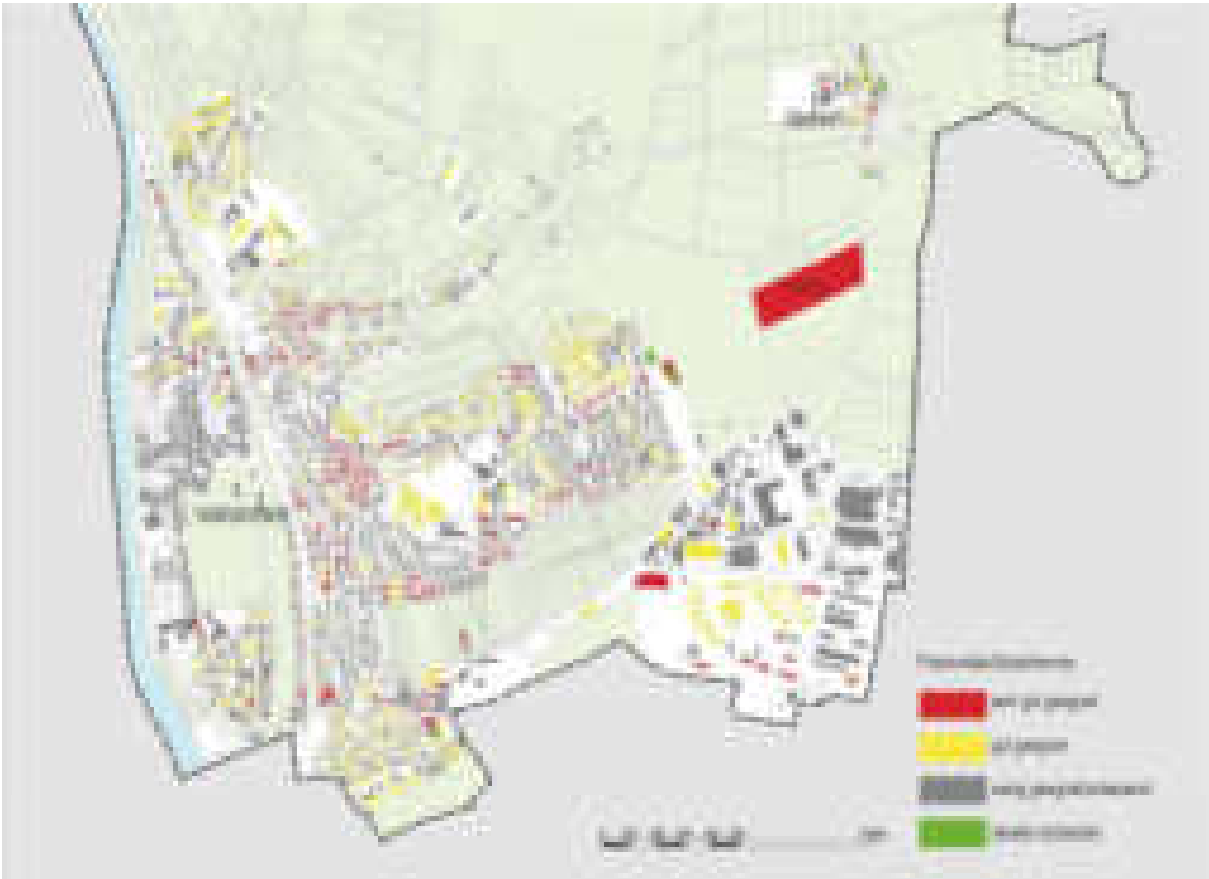


Abbildung 9.1.4: Solarkarte (Quelle: Architekturbüro Haase)



## 9.2. Solarthermie

### 9.2.1. Grundlagen zur Nutzung von Solarthermie

Unter Solarthermie versteht man die Umwandlung der Sonnenenergie in nutzbare Wärmeenergie mit Hilfe von thermischen Sonnenkollektoren. Sie erreichen relativ hohe Wirkungsgrade zwischen 60 und 75 %<sup>15</sup> und ist damit ein recht wirtschaftlicher alternativer Energieerzeuger. Wichtigster Bestandteil des Kollektors ist der Solarabsorber, der Lichtenergie der Sonne in Wärme umwandelt und diese an einen ihn durchfließenden Wärmeträger abgibt. Mit Hilfe dieses Wärmeträgers wird die Wärme aus dem Kollektor abgeführt und anschließend direkt verwendet oder gespeichert.

Meistens werden Flachkollektoren oder Vakuumröhrenkollektoren verwendet. In Flachkollektoren wird das Licht nicht gebündelt, sondern erwärmt direkt eine flache wärmeabsorbierende Fläche, die mit Röhren durchzogen ist, in denen sich das Wärmeträgermedium befindet. Inzwischen gibt es neuere Flachkollektoren, die anstelle des Dämmmaterials mit einer Vakuum-Isolierung ausgestattet sind. Dies steigert durch geringere Energieverluste den Wirkungsgrad. Vakuumröhrenkollektoren hingegen bestehen aus zwei ineinander gebauten Glasröhren, zwischen denen sich ein Vakuum befindet, das die Übertragung der Strahlungsenergie des Lichts zum Absorber zulässt, aber einen Wärmeverlust stark verringert. In der inneren Röhre befindet sich ein Wärmeübertragungsmedium, das sich erwärmt und durch Pumpen angetrieben die Wärme transportiert. Vakuumröhrenkollektoren haben höhere Wirkungsgrade als Flachkollektoren, aber sind teuer in der Anschaffung und deshalb besonders dort geeignet, wo nur geringe Flächen zur Verfügung stehen. Daneben gibt es noch Einfachabsorber ohne zusätzliche Dämmung, die meist aus Kunststoff bestehen und als Niedertemperatur-Kollektoren in Freibädern zur Wassererwärmung verwendet werden.

In unseren Breitengraden kann Solarthermie vor allem zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung von Wohngebäuden verwendet werden. Die komplette Wärmeversorgung von Wohnhäusern ist nur in Verbindung mit Saisonwärmespeichern möglich, was aufgrund der notwendigen Größe und der Kosten des Speichers bis jetzt sehr selten angewendet wird. Die besten Erträge lassen sich in Deutschland bei einer Kollektorneigung von 30° bis 45° und einer Ausrichtung nach Süden erzielen. Die Aufstellwinkel von Kollektoranlagen, die auch zur Heizungsunterstützung gedacht sind, sind mit etwa 40 bis 45° steiler, da sie auf einen größtmöglichen Ertrag während der Wintermonate hin optimiert werden. Entsprechend der Erzeugung von Wärme kann solare Wärmeenergie auch zur Kühlung eingesetzt werden. Da der höchste Kühlbedarf oft mit dem Zeitpunkt der höchsten Sonneneinstrahlung zusammenfällt, eignet sich solare Wärme auch ohne Zwischenspeicherung sehr gut als Treibenergie für Kühlsysteme.

---

<sup>15</sup> [www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de)



Im Jahr 2009 betrug der Anteil der Solarthermie an der Wärmeerzeugung in Deutschland 0,4%<sup>16</sup>. Wird Solarthermie zur Trinkwassererwärmung in Wohngebäuden eingesetzt, kann sie zwei Drittel des Energiebedarfs dafür decken.

### 9.2.2. Momentane Nutzung

Zurzeit wird Solarthermie nur auf vereinzelt Dachflächen in den Wohngebieten der Gemeinde Veitshöchheim genutzt. Vor allem in den Bereichen Gartensiedlung und Hofweg / Sendelbachstraße gibt es einzelne Anlagen zur Trinkwassererwärmung.



Abbildung 9.2.1: Solarthermie auf Wohnhäusern in Veitshöchheim (Quelle: Architekturbüro Haase)

### 9.2.3. Energiepotential

Wie bereits in Kapitel 9.1.3 beschrieben, besitzt Veitshöchheim gute Voraussetzungen für die Nutzung von Solarthermie und Photovoltaik. Den größten Ertrag erreichen Solarthermie-Module mit einer Ausrichtung zwischen Südost und Südwest und einem Neigungswinkel zwischen 30 und 45°. Wie schon bei der Betrachtung des Energiepotentials von Photovoltaik wurde der Altort nicht mit eingerechnet (vgl. Karte Photovoltaik/Solarthermie auf Dachflächen). Es wurde davon ausgegangen, dass auf sehr gut geeigneten Dachflächen, die nach Süden ausgerichtet sind, ein Ertrag von 450 kWh/m<sup>2</sup> und auf Dachflächen mit einer Ausrichtung nach Südwest/Südost oder teilweiser Verschattung 350 kWh/m<sup>2</sup> im Jahr erzielt werden. Die Fläche der Solarthermie-Module beträgt durchschnittlich ca. 8% der Gebäudegrundfläche, wenn der Energiebedarf zur Trinkwassererwärmung zu zwei Dritteln gedeckt werden soll und die Dachfläche auch für Photovoltaik genutzt werden soll.

Das Energiepotential für die Nutzung von Solarthermie zur Trinkwassererwärmung beträgt in Veitshöchheim ca. 6,5 Millionen kWh im Jahr (vgl. Tabelle 9.2.1). Das sind ca. 66% des Energiebedarfs zur Trinkwassererwärmung der Haushalte und 8,4% des Gesamtwärmebedarfs der Haushalte von Veitshöchheim. Der Anteil am Gesamtwärmebedarf (Haushalte, Industrie und Dienstleistung) beträgt

<sup>16</sup> BMU: Erneuerbare Energien in Zahlen, Berlin 2010, S.10





4,1%. Durch die Nutzung dieses Energiepotentials ließen sich 1.400 t CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Jahr vermeiden (vgl. Tabelle 9.2.2).

	Eignung sehr gut	Eignung gut
Grundfläche	59.722 m <sup>2</sup>	156.497 m <sup>2</sup>
Nutzfläche (8%)	4.778 m <sup>2</sup>	12.520 m <sup>2</sup>
Potential pro m <sup>2</sup>	450 kWh/m <sup>2</sup> a	350 kWh/m <sup>2</sup> a
Potential pro Jahr	2.149.992 kWh/a	4.381.916 kWh/a
<b>Gesamtpotential</b>	<b>6.531.908 kWh/a</b>	

Tabelle 9.2.1: Berechnung des Energiepotentials von Solarthermie in Veitshöchheim

	Gesamtpotential ST	CO <sub>2</sub> -Ausstoß	CO <sub>2</sub> -Ausstoß
Erdgas (Durchschnitt Deutschland)	6.531.908 kWh/a	244 g/kWh	1.594 t/a
Solarthermie		30 g/kWh	-196 t/a
<b>Einsparung</b>	<b>1.400 t/a</b>		

Tabelle 9.2.2: Einsparpotential von CO<sub>2</sub> durch Solarthermie in Veitshöchheim

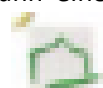
#### 9.2.4. Maßnahmen

Wie bereits im Kapitel 1.4 erwähnt kann ein Solarkataster den Bürgern Aufschluss über für geeignete Dachflächen und den möglichen Ertrag geben. Außerdem sollte die Gemeinde auch hier den Bürgern Informationen zur Verfügung stellen und durch den Bau von Anlagen auf gemeindeeigenen Gebäuden mit gutem Beispiel vorangehen. Dafür kommen Gebäude mit hohem Warmwasserverbrauch in Frage, wie z.B. Wohnhäuser, Sporthallen oder Schwimmbäder.

Die Investitionskosten einer Solaranlage zur Trinkwassererwärmung betragen heute ca. 4.000 Euro für einen 4-Personen-Haushalt. Würde man in Veitshöchheim auf allen geeigneten Dachflächen solarthermische Anlagen installieren, müsste man heute ca. 12,3 Millionen Euro investieren. Das entspricht ca. 7.000 Euro pro t eingespartes CO<sub>2</sub>.

#### 9.2.5. Finanzierungsmöglichkeiten

Solarkollektoren werden durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) seit Juli 2010 nur noch gefördert, wenn sie Wärme für Heizung und Warmwasserbereitung bereitstellen oder der Kühlung von bestehenden Gebäuden dienen. Anlagen in Neubauten erhalten nur dann eine



Förderung, wenn sie Prozesswärme erzeugen.<sup>17</sup> Es besteht außerdem die Möglichkeit für den Bau von solarthermischen Anlagen auf Wohnhäusern, die vor 1995 gebaut wurden, das KfW-Programm „Energieeffizient Sanieren“ in Anspruch zu nehmen. Gefördert werden alle energetischen Maßnahmen, die dazu beitragen, das energetische Niveau eines KfW-Effizienzhauses zu erreichen. Thermische Solaranlagen sind förderfähig, sofern sie zur Ergänzung der neuen Heizung installiert werden und keine BAFA-Förderung in Anspruch genommen wird. Die Förderung wird in Form eines Zuschusses von 5 % der förderfähigen Kosten gewährt, max. jedoch 2.500 Euro pro Wohneinheit. Das Mindestinvestitionsvolumen beträgt 6.000 Euro.<sup>18</sup>

---

<sup>17</sup> [www.bafa.de/bafa/de/energie/erneuerbare\\_energien](http://www.bafa.de/bafa/de/energie/erneuerbare_energien)

<sup>18</sup> [www.kfw-foerderbank.de/foerderbank/DE\\_Home/BauenWohnen/Privatpersonen](http://www.kfw-foerderbank.de/foerderbank/DE_Home/BauenWohnen/Privatpersonen)



## 9.3. Biomasse

### 9.3.1. Momentane Nutzung

Veitshöchheim hat eine Waldfläche von insgesamt rund 250 Hektar<sup>19</sup>, wovon ca. 220 Hektar der Gemeinde gehören. Aus dem gemeindeeigenen Wald entsteht ein jährlicher Ertrag von ungefähr 850 Festmeter<sup>20</sup>. Vereinzelt wird Stückholz zum Heizen verwendet, insgesamt wird jedoch kaum Biomasse als Energieträger genutzt. Die landwirtschaftlich genutzte Fläche beträgt ca. 390 ha<sup>19</sup>. Der anfallender Bioabfall von jährlich ca. 1.100 t und der Heckenschnitt der Gemeinde von 140 t werden in einem Kompostwerk in der näheren Umgebung kompostiert.



Abbildung 9.3.1: Brennholzstapel in Veitshöchheim (Quelle: Architekturbüro Haase)

### 9.3.2. Energiepotential

Der Holzertrag aus den gemeindeeigenen Waldflächen von Veitshöchheim beträgt insgesamt ca. 850 Festmeter pro Jahr. Das sind 3,9 fm/ha, was deutlich unter dem deutschen Durchschnittswert von ungefähr 6,5 fm/ha liegt. Da Veitshöchheim jedoch in einer eher trockenen Region liegt und der Wald nicht nur Holzlieferant ist, sondern auch dem Naturschutz und der Erholung dient, wurde davon ausgegangen, dass der Ertrag nur auf 5 fm/ha gesteigert werden kann. Würde das gesamte Holz energetisch genutzt, hätte man bei einem Heizwert von 2.300 kWh/fm einen Wärmeertrag von ca. 2,85 Mio kWh, das entspricht dem Wärmebedarf von ca. 125 Einfamilienhäusern. Da jedoch ein Teil des Holzes für andere Zwecke, wie z.B. Bauholz, verwendet wird, verringert sich die energetisch nutzbare Holzmenge auf ca. 75%. Daraus ergibt sich ein Wärmeertrag von ca. 2,15 Mio kWh/a (vgl. Tabelle 9.3.1). Das sind 1,3% des momentanen Gesamtwärmebedarfs bzw. 2,7% des Wärmebedarfs der Haushalte von Veitshöchheim. Die dadurch erzielte Einsparung an CO<sub>2</sub> beträgt 460 t/a (vgl.

<sup>19</sup> Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung

<sup>20</sup> Angabe der Kämmerei Gemeinde Veitshöchheim, Frau Schmitt



Tabelle 9.3.2). Bei der Berechnung wurde davon ausgegangen, dass das Holz sowohl als Stückholz, als auch für Hackschnitzel und Pellets verwendet wird.

Fläche	248 ha
Ertrag	1.240 fm/a
davon Energieholz (75%)	930 fm/a
Heizwert	2.300 kWh/fm
<b>Potential Waldholz</b>	<b>2.139.000 kWh/a</b>

Tabelle 9.3.1: Berechnung des Energiepotentials von Waldholz in Veitshöchheim

	Gesamtpotential ST	CO <sub>2</sub> -Ausstoß	CO <sub>2</sub> -Ausstoß
Erdgas (Durchschnitt Deutschland)	2.139.000 kWh/a	244 g/kWh	1.594 t/a
Waldholz		30 g/kWh	-196 t/a
<b>Einsparung</b>	<b>1.400 t/a</b>		

Tabelle 9.3.2: Einsparpotential von CO<sub>2</sub> durch Waldholz in Veitshöchheim

Eine weitere Möglichkeit Biomasse zu nutzen, besteht darin, schnell wachsende Hölzer wie z.B. Pappel oder Weide auf landwirtschaftlichen Flächen anzupflanzen. Die Zeitspanne zwischen den Erntevorgängen liegt dabei zwischen 2 und 5 Jahren. Für diese Kurzumtriebsplantagen kommen vor allem Flächen in Frage, die für die konventionelle landwirtschaftliche Nutzung ungeeignet sind, brach liegen oder aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes spezielle Funktionen wie z.B. Sichtschutz oder Rekultivierung erfüllen sollen. Würde man in Veitshöchheim die komplette landwirtschaftliche Fläche als Kurzumtriebsplantagen nutzen und die daraus erzeugten Holzpellets in BHKWs verstromen, hätte man einen Wärmeertrag von 11,6 Mio kWh/a und einen Stromertrag von 5,8 Mio kWh/a. Da jedoch der Großteil der landwirtschaftlichen Fläche auch weiterhin der Nahrungsmittelproduktion dienen soll, können nur ca. 20% davon mit Kurzumtriebsplantagen bepflanzt werden. Daraus ergibt sich ein Wärmeertrag von 2,3 Mio. kWh (1,5% des gesamten Wärmebedarfs, 3% des Wärmebedarfs der Haushalte) und ein Stromertrag von 1,16 Mio. kWh (1,8% des Gesamtstromverbrauchs, 6,7% des Stromverbrauchs der Haushalte) im Jahr (vgl. Tabelle 9.3.3). Der dadurch eingesparte CO<sub>2</sub>-Ausstoß beträgt 1.210 t/a (vgl. Tabelle 9.3.4).



Landwirtschaftliche Fläche	388 ha
Fläche für Kurzumtriebsplantagen (20%)	78 ha
Wärmeertrag	30.000 kWh/ha*a
<b>Potential Wärmeerzeugung</b>	<b>2.328.000 kWh/a</b>
Stromertrag	15.000 kWh/ha*a
<b>Potential Stromerzeugung</b>	<b>1.164.000 kWh/a</b>

Tabelle 9.3.3: Berechnung des Energiepotentials von Kurzumtriebsplantagen in Veitshöchheim

	Gesamtpotential ST	CO <sub>2</sub> -Ausstoß	CO <sub>2</sub> -Ausstoß
Strom (Durchschnitt Deutschland)	2.139.000 kWh/a	244 g/kWh	737 t/a
Erdgas (Durchschnitt Deutschland)		633 g/kWh	568 t/a
Pellets		41 g/kWh	-143 t/a
<b>Einsparung</b>	<b>1.162 t/a</b>		

Tabelle 9.3.4: Einsparpotential von CO<sub>2</sub> durch Kurzumtriebsplantagen in Veitshöchheim

Eine ökologisch interessante Alternative zu den Kurzumtriebsplantagen ist die Bepflanzung freier Flächen mit einem speziellen Wildpflanzenmix, der hohe Biomasseerträge erreichen kann. In der LWG wird derzeit erforscht, inwiefern diese für Insekten und Niederwild wertvollen Pflanzen ökonomisch mit anderen Energiepflanzen konkurrieren können. Erste Ergebnisse gehen von Biomasserträgen von 10 t bis 20 t Trockenmasse pro Hektar und Jahr je nach Auslegung der Pflanzen aus. Dies würde bei den für den Kurzumtrieb angenommenen 78 ha einen Trockenmasseertrag von 780 bis 1560 t pro Jahr ergeben, die z.B. in einer HTC-Anlage zu Biokohle umgewandelt werden könnten. Die Verbrennung dieser Kohle in KWK-Anlagen würde einen jährlichen Ertrag von ca. 2,8 (5,6) Mio. kWh Wärme und 1,1 (2,2) Mio kWh Strom ergeben, also auch bei einer ökologisch ausgelegten Bepflanzung ähnliche Zahlen wie Kurzumtriebsplantagen.

Der in Veitshöchheim jährlich anfallende Bioabfall von 1.100 t und Heckenschnitt von 140 t kann zusätzlich zum Klärschlamm in einer HTC-Anlage zu Kohle verarbeitet und dann in einem BHKW verstromt werden (vgl. Kapitel Kläranlage). Der Energieertrag der HTC-Anlage kann durch in der



Landwirtschaft anfallende Bioabfälle, wie z.B. Gülle, weiter gesteigert werden. Obwohl landwirtschaftliche Abfälle meist zur Düngung verwendet werden, ist es auch hier sinnvoll, den Abfall zu HTC-Kohle zu verarbeiten, da sich die flüssigen Reste der Kohleherstellung, die vor allem Stickstoff enthalten, sehr gut zur Düngung eignen. Es besteht außerdem die Möglichkeit Biogasanlagen und HTC miteinander zu kombinieren, da die Bakterien bei der Biogaserzeugung nur einen Teil der landwirtschaftlichen Abfälle zu Gas machen. Die entstehenden schwarzen Schlammreste könnten dann durch HTC in Kohle umgewandelt werden. Da in Veitshöchheim jedoch nur 52 Großvieheinheiten<sup>21</sup> (1 Großvieheinheit entspricht 500 kg Lebendgewicht) gehalten werden und die unterschiedlichen Arten von Biomasse meist nicht in derselben Anlage genutzt werden können, würde sich eine Biogasanlage nicht lohnen. Durch die Umwandlung des Bioabfalls, Heckenschnitts und landwirtschaftlichen Abfalls in HTC-Kohle und anschließende Verstromung in einem BHKW/einer Brennstoffzelle?? würden 600.000 kWh Strom und 1,18 Millionen kWh Wärme entstehen und t CO<sub>2</sub> pro Jahr eingespart (Berechnung vgl. Tabelle HTC Kläranlage).

So wie Veitshöchheim eine sehr hohe Bevölkerungsdichte ausweist, gibt es ebenso Gebiete mit sehr geringer Bevölkerungsdichte und entsprechend großen Flächen für Landwirtschaft und Wald. In unmittelbarer Nähe Veitshöchheims sind dies zum Beispiel Retzstadt, Leinach, Birkenfeld, und bedingt Rimpar. Wenn Veitshöchheim von diesem bevölkerungsarmen Gemeinden Biomasse bezieht und man dafür virtuell eine zusätzliche Fläche von ca. 3200 ha ansetzt (zusammen mit der tatsächlichen Fläche Veitshöchheim entspricht dies der durchschnittlichen Fläche für 10.000 Einwohner in Deutschland), von der wiederum 20% für Biomasse genutzt wird, entsteht ein zusätzliches Energiepotential von ca. 19 Mio. kWh (Annahme: Ertrag aus Kurzumtrieb oder Wildpflanzensaat: 30.000kWh pro ha und Jahr).

### 9.3.3. Maßnahmen

Um eine ökologisch und ökonomisch sinnvolle Lösung zur Nutzung der Biomasse zu erhalten, sollten potentielle Flächen auf ihre Nutzbarkeit untersucht und die verschiedenen Möglichkeiten verglichen werden. Um eine größtmögliche Umsetzung zu gewährleisten, müssen die Landwirte und andere Betroffene möglichst umfangreich informiert werden. Förderungen können auch hier Anreize schaffen. Das zwar geringe aber wichtige Potential der Biomasse sollte unbedingt möglichst vollständig genutzt werden, die noch neue Technik der hydrothermalen Carbonisierung (HTC) bietet hier neue Wege.

---

<sup>21</sup> Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung



#### 9.3.4. Finanzierungsmöglichkeiten

Wie auch bei solarthermische Anlagen werden Anlagen zur Verfeuerung fester Biomasse durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) nur noch gefördert, wenn sie in bestehende Gebäude eingebaut werden. Außerdem muss ein hydraulischer Abgleich vorgenommen werden und die Umwälzpumpen in der Anlage die Effizienz-Anforderungen entsprechend der Effizienzklasse A erfüllen.

Das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten fördert den Neubau von Biomasseheizkraftwerke in Bayern, die mit Holzbrennstoffen aus heimischer Produktion betrieben werden. Die Höhe der Förderung beträgt 20 Euro pro Jahrestonne kalkulatorisch eingespartes CO<sub>2</sub> und wird für eine Laufzeit von 7 Jahren berechnet.<sup>22</sup>

Zur Finanzierung der notwendigen Anlagen zur Wärme- (und Strom-) Erzeugung gibt es die Möglichkeit eines Energieliefer-Contractings. Hierbei werden die Anlagen von einer externen Firma aufgestellt und finanziert, die dann die Energie zu einen bestimmten Preis (meist Grundpreis + Arbeitspreis) liefert. Dies hat den Vorteil, dass die Gemeinde hier keine Investitionskosten aufbringen muss und das Risiko des Betriebs auf Seite des Contractors liegt. Dafür ist die Gemeinde an die Preise des Contractors gebunden, der auch sämtliche anfallenden Vergütungen und Gewinne behält. Grundsätzlich muss bei der Beteiligung eines Contractors bedacht werden, dass dieser auch Gewinne erwirtschaften will. Daher ist das Einbeziehen eines Contractors selten der wirtschaftlich günstigste Weg.

---

<sup>22</sup> [www.tfz.bayern.de/foerderung](http://www.tfz.bayern.de/foerderung)



## 9.4. Geothermie

### 9.4.1. Grundlagen

Das geothermische Potential in Deutschland übersteigt den Energiegehalt der fossilen Energieträger um ein Vielfaches. Laut einem Bericht des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim deutschen Bundestag könnten ca. 300 TWh Strom pro Jahr durch Geothermie erzeugt werden, was etwa der Hälfte der gegenwärtigen Stromerzeugung entspricht.<sup>23</sup> Solche geothermischen Kraftwerke zur Wärme- und Stromerzeugung sind durch Tiefengeothermie nutzbar, d.h. in Tiefen von 400 bis 6.000m. Besonders wirtschaftlich ist dabei die hydrothermale Geothermie, bei der direkt heißes Wasser aus dem Untergrund genutzt wird. Dafür geeignete Gebiete befinden sich vor allem in den oberrheinischen und norddeutschen Tiefebene sowie im süddeutschen Molassegebiet. Veitshöchheim liegt dagegen in einer Region, in der nur petrothermale Geothermie möglich ist, d.h. es befindet sich kein heißes Wasser im Untergrund, sondern Wasser wird in 2.000 bis 6.000 m Tiefe ins Gestein gepresst und durch die Wärme des Gesteins erhitzt.

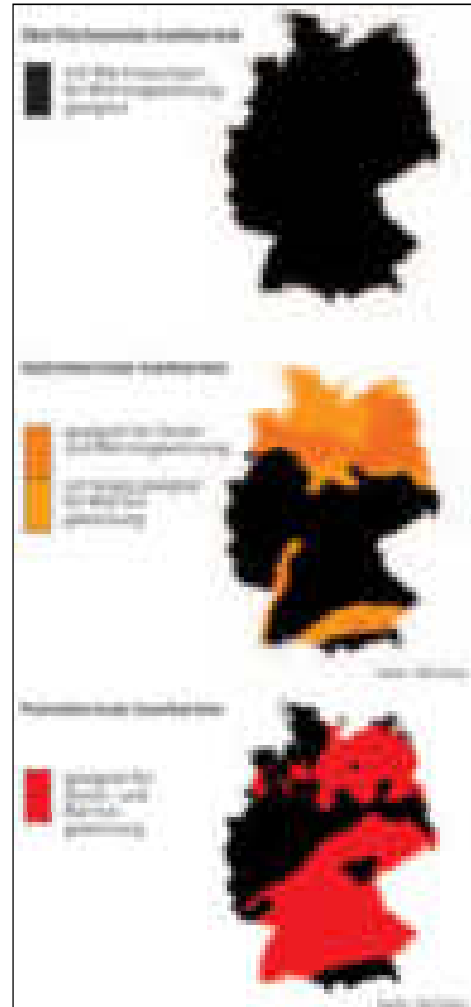


Abbildung 9.4.1: Geothermie in Deutschland

Bei der Nutzung oberflächennaher Geothermie wird die Erdwärme aus Tiefen bis 400 Metern mit Hilfe von Wärmepumpen zur Wärmeversorgung eingesetzt. Diese Art der Geothermie ist überall möglich, da die Temperaturen in 2 m Tiefe ganzjährig zwischen 7 und 13 °C. Die Nutzung der Erdwärme erfolgt über horizontal verlegte Flächenkollektoren oder vertikale Erdsonden bis in ca. 100 m Tiefe. Über einen geschlossenen Kreislauf nimmt ein Gemisch aus Wasser und Sole die Wärme des Erdreichs auf und gibt sie über einen Wärmetauscher an die Wärmepumpe ab. Flächenkollektoren werden in 1,50 bis 2,0 m Tiefe verlegt und haben dabei den Vorteil, dass sie unkompliziert und preiswert in der Herstellung sind. Allerdings haben sie einen großen Platzbedarf. Erdsonden sind dagegen auch auf

<sup>23</sup> TAB-Arbeitsbericht Nr.84: Möglichkeiten geothermischer Stromerzeugung in Deutschland, 2003, S.5-6





kleinsten Flächen anwendbar, sind jedoch verhältnismäßig teuer. Sie werden in Tiefen bis 100 m installiert. (vgl. Kapitel Trinkwasser-/Abwasserentwärmung)

Der Vorteil geothermischer Energie gegenüber anderen erneuerbaren Energien liegt vor allem darin, dass sie an fast jedem Standort genutzt werden kann und unabhängig von Jahreszeit und Wetterschwankungen sind.

#### **9.4.2. Finanzierungsmöglichkeiten**

Wie bei solarthermische Anlagen und Biomasseheizungen werden Wärmepumpen durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) nur noch bei Einbau in den Gebäudebestand gefördert. Außerdem gelten seit Juli 2010 erhöhte Effizienzanforderungen an Wärmepumpen (z.B. Jahresarbeitszahl von mind. 3,7 bei Luft-Wasser-Wärmepumpen).

Es besteht außerdem die Möglichkeit, die KfW-Programme „Energieeffizient Sanieren“ und „Energieeffizient Bauen“ in Form von zinsgünstigen Darlehen in Anspruch zu nehmen. Gefördert werden alle energetischen Maßnahmen, die dazu beitragen, das energetische Niveau eines KfW-Effizienzhauses zu erreichen. Dazu gehört auch die Nutzung von Erdwärme durch Wärmepumpen.

Auch große geothermische Kraftwerke werden durch das KfW-Programm „Erneuerbare Energien“ mit Krediten gefördert.



## 9.5. Windkraft

An windgünstigen Standorten ist Windenergie heute eine der wirtschaftlichsten erneuerbaren Energiequellen. Bereits im Jahr 2009 betrug der Anteil der Windenergie am Stromverbrauch in Deutschland 6,5%<sup>24</sup>, womit sie den größten Beitrag zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien liefert. Ein Anteil von maximal ca. 25 % wäre in Deutschland möglich, da aufgrund der Unstetigkeit des Windes Windenergie nur im Verbund mit anderen Energiequellen genutzt werden kann<sup>25</sup>. Laut dem Bayerischen Solar- und Windatlas ist eine wirtschaftliche Nutzung von Windenergie ab einer mittleren Windgeschwindigkeit von ca. 4 m/s in einer Höhe von 10 m möglich<sup>26</sup>. In Veitshöchheim beträgt diese jedoch nur zwischen 1,7 und 2,6 m/s (vgl. Abbildung 9.5.1). Außerdem ist die potentiell nutzbare Fläche sehr klein, da das Gemeindegebiet von Veitshöchheim nur ungefähr 1.080 Hektar umfasst, wovon etwa 40% als Siedlungs- und Verkehrsfläche genutzt werden und 25% von Wald bedeckt sind<sup>27</sup>. Das Energiepotential von Windkraft ist in Veitshöchheim also sehr gering und eine Nutzung wenig sinnvoll.

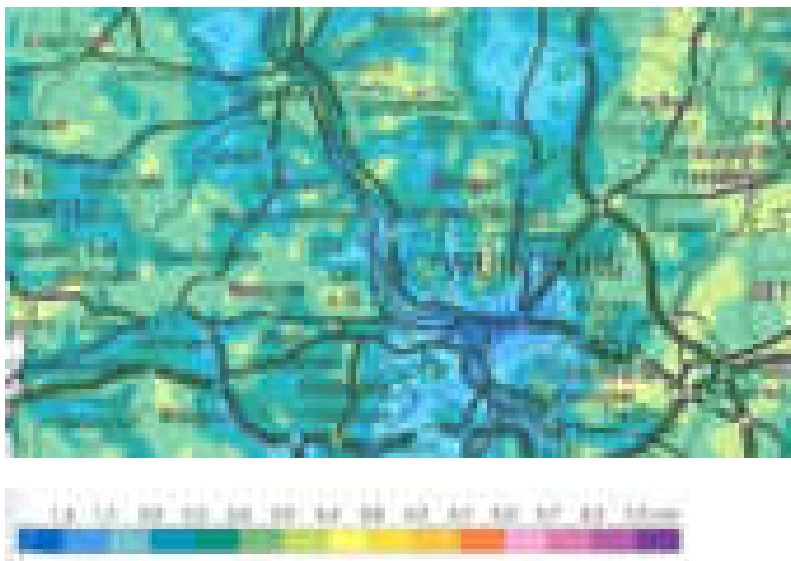


Abbildung 9.5.1: mittlere Windgeschwindigkeit in 10 m über Grund

<sup>24</sup> BMU: Erneuerbare Energien in Zahlen, Berlin 2010, S.10

<sup>25</sup> Bundesverband WindEnergie e.V., [www.wind-energie.de](http://www.wind-energie.de)

<sup>26</sup> StMWVT: Bayerischer Solar- und Windatlas, München 2001, S. 34

<sup>27</sup> Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung



## 9.6. Wasserkraft

Prinzipiell könnte die Gemeinde den Main zur Gewinnung von Energie nutzen. Da jedoch bereits an einigen Schleusen in der Nähe von Veitshöchheim Strom aus Wasserkraft erzeugt wird und die rechtlichen Rahmenbedingungen für den Bau einer neuen Wasserkraftanlage sehr schwierig sind, ist das wirtschaftliche Bauen und Betreiben einer solchen Anlage in Veitshöchheim eher schwierig. Mit der Planung des neuen Steges über den Main sollte jedoch die Machbarkeit von einer (Klein-)Anlage mit Strömungsturbinen überdacht werden, da hier evtl. die Möglichkeit besteht, die Wasserströmung zu beeinflussen. Da die nutzbare Energie sehr stark von der Fließgeschwindigkeit und dem Turbinendurchmesser abhängt, müssten entsprechende Voraussetzungen geschaffen werden (Wassertiefe > 4m, Fließgeschwindigkeit dauerhaft >3m/s). Voraussichtlich sind diese Bedingungen nur mit großem Aufwand zu erreichen, so dass eine Wirtschaftlichkeit unwahrscheinlich wird. Ansonsten existieren in Veitshöchheim keine größeren Gewässer, die zur Nutzung von Wasserkraft herangezogen werden könnten.

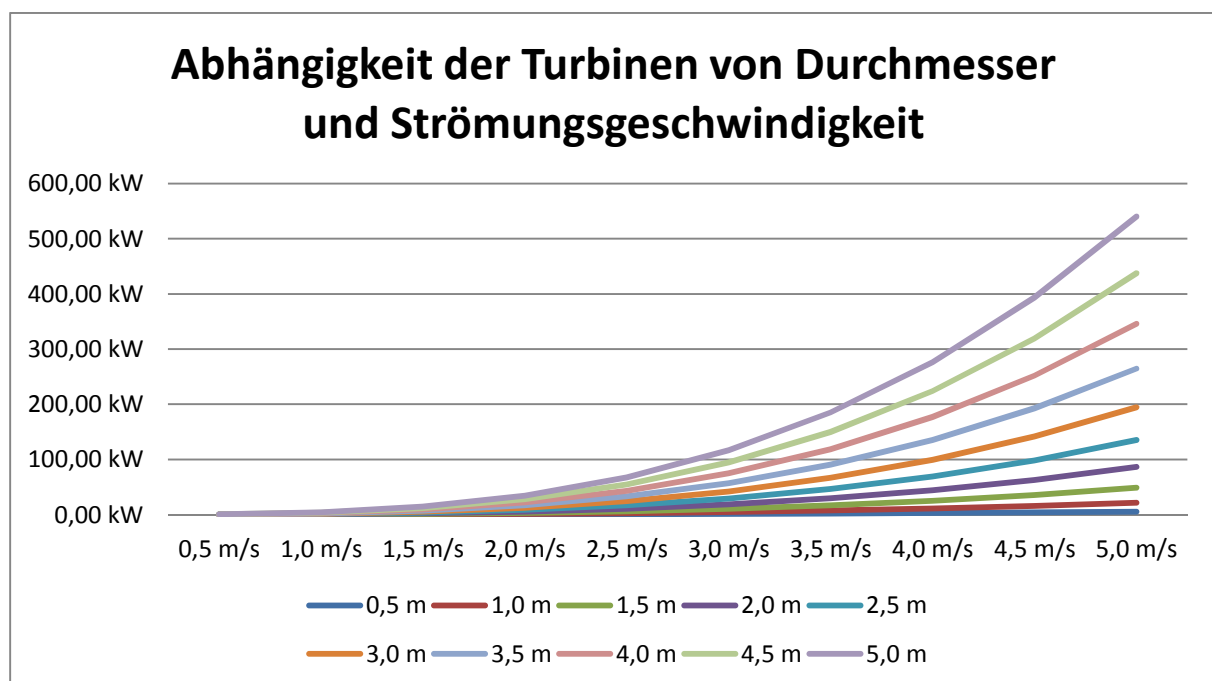


Abbildung 9.6.1: Turbinenleistung von Strömungsturbinen mit gleichem Wirkungsgrad

## 9.7. „Vision für die Zukunft“

Das Zusammenspiel der regenerativen Energien wird in Zukunft eine wichtige Rolle bei der Nutzung derselben spielen. Durch die ungleichmäßigen Erträge aus Wind und Sonne muss ein Ausgleich / Puffer geschaffen werden, um eine kontinuierliche Versorgung zu gewährleisten. In Veitshöchheim ist das Potential für auf dem Gemeindegebiet nutzbare regenerative Energieträger gering: Aufgrund der kleinen Gemeindefläche ist der mögliche Ertrag an Biomasse gering, für Wind- und Wasserkraft



herrschen schlechte Randbedingungen. Allein die Nutzung der Sonne als Energieträger bietet sich hier gut an. Durch von der Gemeinde initiierte und unterstützte Projekte ist es gut möglich, in Veitshöchheim eine große Fläche mit PV- und solarthermischen Modulen zu belegen, und somit den Bezug von Netzstrom zu verringern.

In Deutschland lag der Anteil regenerativer Energien im Jahr 2009 im Bereich Stromerzeugung bei 16,1%, im Bereich der Wärmeerzeugung bei 8,8%<sup>28</sup>. Diese Zahlen zu erreichen sollte das erste Zwischenziel für Veitshöchheim sein, und im Laufe der Jahre deutlich überschritten werden.

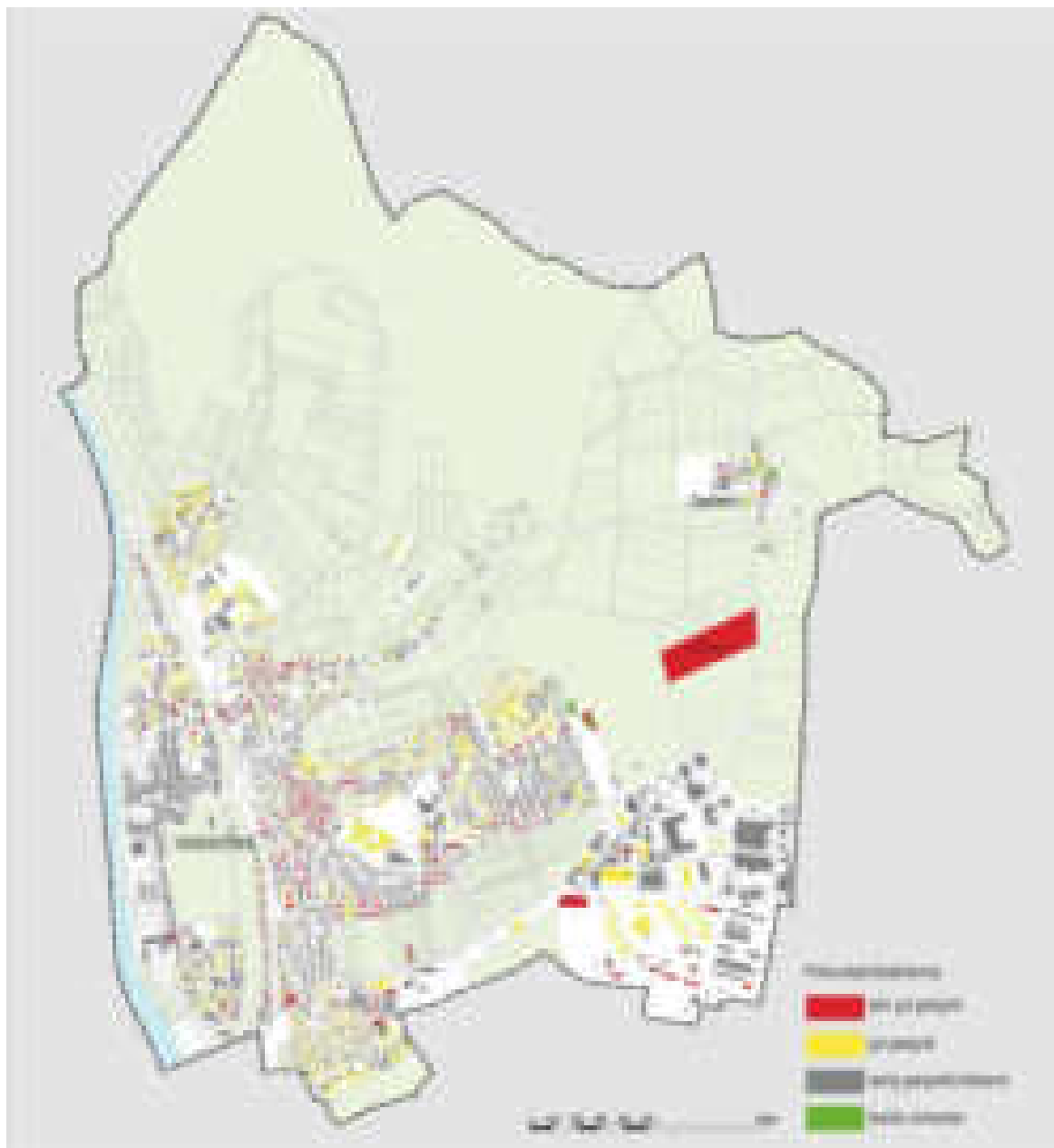


Abbildung 9.7.1: Dachflächeneignung für solare Nutzung (Quelle: Architekturbüro Haase)

<sup>28</sup> BMU: Erneuerbare Energien in Zahlen, Berlin 2010, S.10



## 9.8. Literaturverzeichnis:

1. Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie: Bayerischer Solar- und Windatlas, München 2001
2. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Erneuerbare Energien in Zahlen, Berlin 2010
3. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Erneuerbare Energien 2008 in Deutschland, Berlin 2009
4. EnergieAgentur.NRW: Bioenergie. Multitalent unter den erneuerbaren Energieträgern!, 2009
5. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz: Waldbericht der Bundesregierung 2009
6. Deutsche Bundesstiftung Umwelt: Kurzumtriebsplantagen, 2010
7. Agentur für Erneuerbare Energien: Erneuerbare Energien 2020. Potentialatlas Deutschland, 2010
8. [www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de)



# 10. Trinkwasser/Abwasser

---

## 10.1. Grundlagen der Energiegewinnung aus Grund- und Abwasser

### 10.1.1. Gegenwärtige Situation

Durch die Entwicklung von Wärmepumpen wird Wasser bereits seit einigen Jahren für Heiz- und Kühlzwecke im privaten und gewerblichen Bereich eingesetzt. Mit moderner Wärmepumpentechnologie und vergleichsweise preiswertem Anlagenbetrieb liefern sie inzwischen einen wichtigen Beitrag zur Verminderung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes. Besonders Grundwasser ist aufgrund seiner ganzjährig konstanten Temperaturen zur Wärme- und Kältengewinnung geeignet, wohingegen Wasser aus Seen oder Flüssen im Winter meist zu stark abkühlt.

Es gibt jedoch noch eine weitere große Wärmequelle, die bisher kaum verwendet wird: Abwasser. Große Mengen von Abwasser werden jeden Tag durch die Kanalisation transportiert, in Kläranlagen gereinigt und anschließend in Flüsse und Seen geleitet. In Deutschland wurden im Jahr 2004 laut dem Bundesministerium für Umwelt insgesamt 9,4 Mrd. m<sup>3</sup> Abwasser in die öffentlichen Kläranlagen entsorgt. Mit dem Abwasser werden aber nicht nur Schadstoffe transportiert, sondern es findet auch abhängig von der Nutzung eine Erwärmung des Wassers statt. Im Jahresverlauf bewegt sich die Abwassertemperatur mehrheitlich zwischen 10 °C und 20 °C. Die Energiemenge, die sich in Form von Abwärme aus dem Abwasser gewinnen lässt, ist gewaltig. Dies zeigt folgender Vergleich: Wenn wir Abwasser beim Wärmeentzug um lediglich 1 Kelvin abkühlen, um den Betrieb der Abwasserreinigungsanlage möglichst nicht zu beeinträchtigen, können wir aus 1 m<sup>3</sup> Abwasser 1,16 kWh Wärme gewinnen.

Die Technologie zur Nutzung von Abwasserwärme wird vor allem in der Schweiz seit mehreren Jahren angewendet, es wurden aber auch in Deutschland schon einige Anlagen in Betrieb genommen, z.B. in Leverkusen, Singen oder Waiblingen. In Berlin, Bremerhaven und Regensburg wurden Standortanalysen zur Nutzung von Abwärme aus Abwasser durchgeführt.

### 10.1.2. Aufbau einer Anlage zur Nutzung des Energiepotentials von Wasser

Eine Anlage zur Nutzung des Energiepotentials besteht grundsätzlich aus einem Wärmetauscher, der dem Wasser die Wärme entzieht, einer Wärmepumpe, die das Temperaturniveau anhebt und einem Heizmedium, das die Wärme an die Räume der zu beheizenden Gebäude abgibt.



Der **Wärmetauscher** entzieht dem Wasser Wärme und überträgt diese auf das im Wärmetauscher zirkulierende Medium (Wasser oder Wasser-Glykol-Gemisch). Dabei wird das Medium erwärmt und das Abwasser leicht abgekühlt. Bei der Nutzung von Grundwasser geschieht dies in einem Entnahmebrunnen, bei Verwendung von Abwasserwärme im Kanal oder in einem Abwasserspeicher im Gebäude.

Die **Wärmepumpe** hebt die Wärme von einem niedrigen auf ein höheres Temperaturniveau. Das Wärmetauscher-Medium gibt die Wärme im Verdampfer der Wärmepumpe auf das Arbeitsmedium (Kältemittel mit tiefem Siedepunkt) ab, das dadurch dampfförmig wird. Anschließend wird das Arbeitsmedium unter Energieeinsatz (z.B. Strom, Gas) verdichtet. Im Kondensator der Wärmepumpe gibt der Dampf seine Wärme an den Kreislauf des Heizsystems ab. Dadurch wird das unter Druck stehende Kältemittel wieder verflüssigt.

Meist werden bivalente Anlagen eingesetzt, d.h. für die Abdeckung von Wärmebedarfsspitzen im Winter zusätzlich zur Wärmepumpe ein weiterer Wärmeerzeuger eingesetzt (vgl. Abbildung 10.1.1). Die Energiebereitstellung kann zusätzlich mit einem Blockheizkraftwerk unterstützt werden, das neben Wärme auch Strom für den Antrieb der Wärmepumpe liefert. Da Wärmepumpen dann effizient arbeiten, wenn die Temperatur von Grundwasser und die gewünschte Temperatur im Heizungssystem keine zu großen Differenzen aufweisen, ist die Wärmepumpe besonders für Gebäude mit Niedertemperaturheizsystemen wie z.B. Fußboden- oder Wandheizung geeignet. Im Sommer kann die Wärmepumpe umgekehrt als Kältemaschine eingesetzt und die Räume gekühlt werden.

Ein Maß für die Effizienz einer Wärmepumpe ist die Leistungszahl, die das Verhältnis der thermischen Leistung in Bezug auf die benötigte elektrische Antriebsleistung darstellt. Wertet man die Energiedaten im Jahresverlauf aus, ergibt sich die Energieeffizienz einer WP durch ihre Jahresarbeitszahl, d.h. die erzeugte Nutzwärmeenergie im Verhältnis zur benötigten Antriebsenergie.



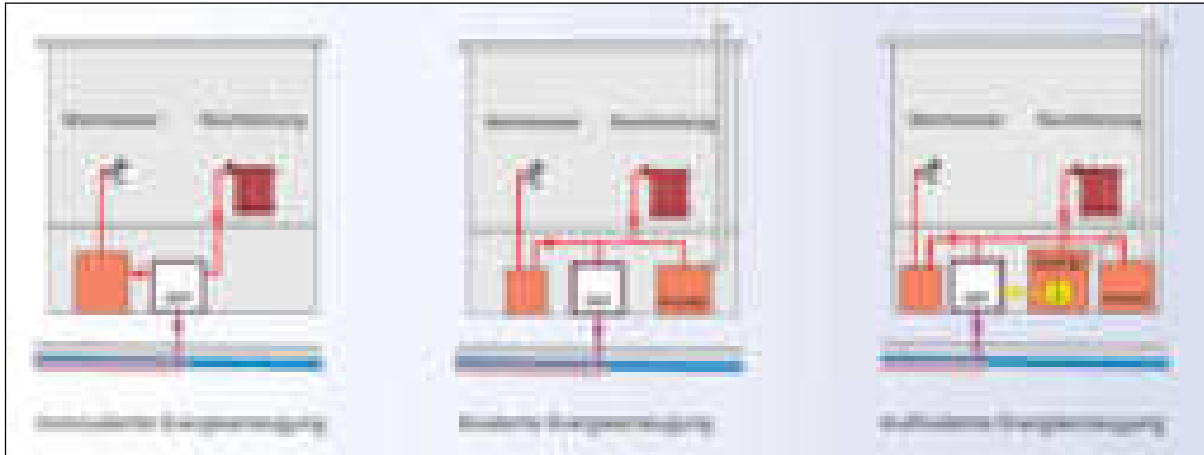


Abbildung 10.1.1:Varianten der Energieerzeugung mit Wärmepumpen (Quelle: EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie: Heizen und Kühlen mit Abwasser)

Das **Heizmedium** überträgt die durch die Wärmepumpe erzeugte Wärme auf die Räume des zu beheizenden Gebäudes. Das auf die Vorlauftemperatur erwärmte Heizmedium

gibt die Wärme z.B. über eine Wand- oder Bodenheizung an die Raumluft ab. Dabei wird es auf die Rücklauftemperatur abgekühlt und zurück zum Kondensator der Wärmepumpe transportiert, um dort wieder Wärme aufzunehmen. Im Kreislauf des Heizmediums

kann zur Wärmepufferung ein Zwischenspeicher eingesetzt werden.

Da der Energiebedarf eines einzelnen Gebäudes meist nicht ausreicht, um eine Wärmepumpe zur Nutzung der Wasser- oder Abwasserwärme wirtschaftlich zu betreiben, ist es oft sinnvoll mehrere Gebäude zu einem Nahwärmenetzverbund zusammen zu schließen. Dabei gibt es die Möglichkeit, ein **kaltes Nahwärmenetz** zu betreiben, d.h. der Energietransport erfolgt auf einem tiefen Temperaturniveau und die Energie wird dann in den einzelnen Heizzentralen der Gebäuden dezentral genutzt (vgl. Abbildung 10.1.2). Dieses System findet vor allem bei großen Distanzen zwischen dem Ort der Energiegewinnung und dem Nutzer Anwendung, da die Wärmeverluste geringer sind und ungedämmte Leitungen ausreichen. Außerdem erlaubt die dezentrale Energieerzeugung optimal auf die unterschiedlichen Voraussetzungen und Bedürfnisse der Energienutzer abgestimmte Temperaturen. Im Gegensatz dazu wird die Wärme bei einem **warmen Nahwärmenetz** zentral an einem Ort erzeugt und dann auf einem hohen Temperaturniveau zu den Nutzern transportiert. Dieses System funktioniert bei kurzen Entfernungen zwischen dem Ort der Energiegewinnung und den Nutzern. Der Vorteil liegt darin, dass Unterhalt und Wartung dadurch





vereinfacht werden und die Investitionen für eine gemeinsame Heizzentrale niedriger liegen als für viele kleine Wärmeerzeuger. Außerdem verringert sich der Raumbedarf für die technischen Installationen in den angeschlossenen Gebäuden.

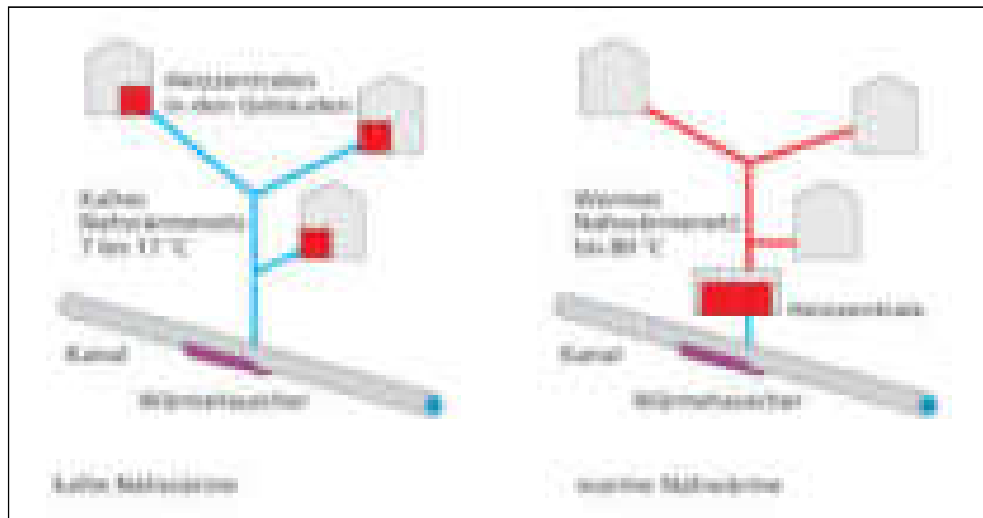


Abbildung 10.1.2: Schema kaltes und warmes Nahwärmenetz (Quelle: Energieschweiz, Bundesamt für Energie: Heizen und Kühlen mit Abwasser)



### 10.1.3. Nutzungsarten

Je nach Standort und verfügbarer Wassermenge gibt es unterschiedliche Möglichkeiten, die Wärme des Trinkwassers oder Abwassers zu nutzen. Zum einen kann über einen Entnahmebrunnen Grundwasser gefördert werden, dem dann über einen Wärmetauscher Energie entzogen wird. Anschließend wird das abgekühlte Grundwasser über einen Rückgabebrunnen wieder in denselben Grundwasserleiter zurückgegeben. Der Bau einer Grundwasserwärmepumpe setzt voraus, dass am geplanten Standort geeignete hydrogeologische Verhältnisse vorliegen und die Anlage von den zuständigen Behörden genehmigt wurde.

Zur Wärmeengewinnung aus Abwasser gibt es drei verschiedene Wege. Bei Gebäuden, die einen hohen und konstanten Abwasseranfall aufweisen, wie z.B. Krankenhäuser, Hallenbäder oder in der Lebensmittelindustrie, kann die Abwasserwärme direkt im Gebäude genutzt werden. Dafür wird das Abwasser vor der Einleitung in den Kanal in einem Speicher gesammelt und ihm die Wärme entzogen. Der Vorteil dieses Systems liegt darin, dass die Abwassertemperaturen relativ hoch sind und keine Baumaßnahmen im Kanal benötigt werden. Nachteilig ist der hohe Aufwand für die Reinigung der Wärmetauscher.

Zur Wärmeengewinnung in der Kanalisation baut man einen Wärmetauscher in die Sohle des Abwasserkanals ein. Dieser kann entweder nachträglich eingebracht werden oder bereits in ein vorgefertigtes Kanalelement integriert sein (vgl. Abbildung 10.1.3). Die Wärmeengewinnung in großen Abwasserkanälen bringt den Vorteil, dass ausreichende und kontinuierliche Wassermengen auch in dicht bebauten Wohngebieten zur Verfügung stehen. Die genutzten Kanäle müssen allerdings bestimmte Anforderungen erfüllen, die unter Punkt 10.1.5 genauer erläutert werden.



Abbildung 10.1.3: Einbringen des Wärmetauschers in einen bestehenden Kanal und vorgefertigtes Kanalelement (Quellen: EBM, Rabtherm)



Eine weitere Möglichkeit zur Nutzung des Energiepotentials von Wasser besteht in der Kläranlage nach Reinigung des Abwassers. Dieses System vereinfacht die Wärmeentnahme und erlaubt eine stärkere Abkühlung des Abwassers. Dem Verfahren sind allerdings örtliche Grenzen gesetzt, weil Kläranlagen oft in großer Entfernung zum Wohngebiet und damit zu den Energienutzern liegen.

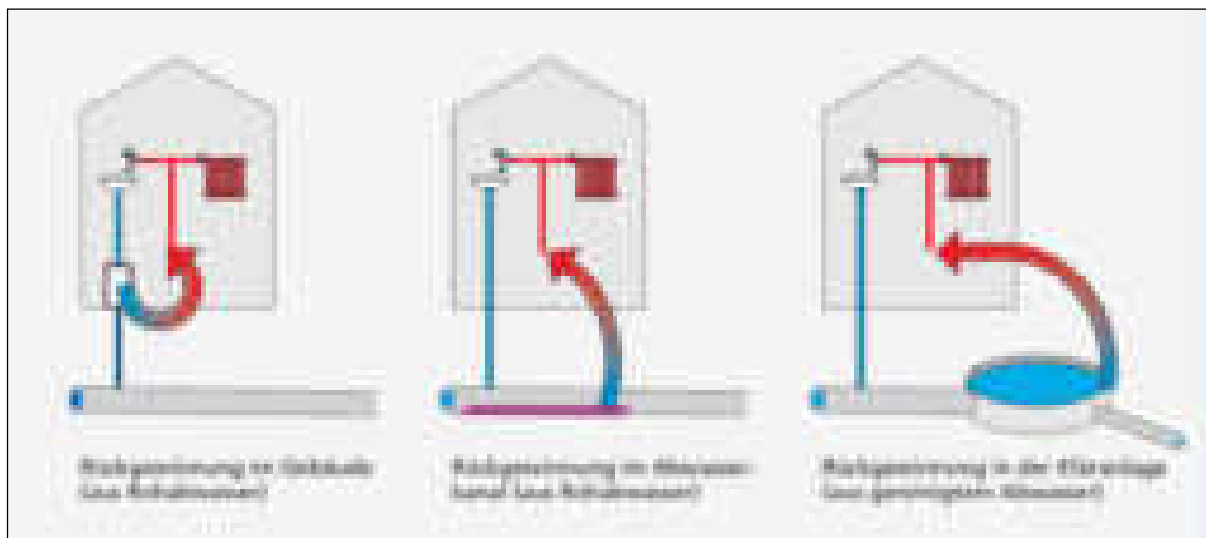


Abbildung 10.1.4: Überblick über die Verfahren zur Nutzung von Abwasserwärme (Quelle: EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie: Heizen und Kühlen mit Abwasser)

#### 10.1.4. Geeignete Gebäude

Für die Nutzung von Wärme aus Grund- oder Abwasser eignen sich Neubauten oder energetisch sanierte Gebäude mit Niedertemperaturheizsystemen, da Wärmepumpen besonders effizient arbeiten, wenn die Differenz zwischen Ausgangstemperatur und erforderlicher Temperatur gering ist.

Abwasser-Wärmepumpen kommen für größere Gebäude mit einem hohen Wärmeleistungsbedarf von mindestens 150 kW (entspricht ca. 50 Wohneinheiten) und dicht besiedelte Wohngebiete in Frage. Je höher die Bebauungsdichte eines Gebiets ist, desto mehr Abwasser fällt an und desto wirtschaftlicher lässt sich ein Nahwärmenetz mit Abwasserwärme betreiben. Nicht geeignet sind hingegen einzelne Einfamilienhäuser und Prozesswärmeverbraucher. Weitere Voraussetzungen für eine wirtschaftliche Energienutzung aus Abwasser sind die Nähe der Gebäude zu einer Kläranlage oder einem Abwasserkanal mit ausreichender Größe und Abwassermenge. In überbauten Gebieten sind Entfernungen bis max. 300 m möglich. Von Vorteil ist außerdem ein ganzjährig hoher Wärmebedarf oder die Nutzung des Abwassers zur Kühlung, um lange Betriebszeiten der Wärmepumpe zu gewährleisten. Besonders interessant wird der Einsatz von



Abwasserwärmepumpen, wenn das Heizsystem eines bestehenden Gebäudes sowieso erneuert werden muss oder komplette Wohnkomplexe neu errichtet werden.

Nachfolgend sind die Anforderungen an Gebäude zur wirtschaftlichen Nutzung von Abwasserwärme nochmals stichpunktartig aufgelistet:

- hohe Bebauungsdichte
- große Gebäude
- hohe Heizleistung (mind. 150 kW)
- Nähe zu geeignetem Kanal oder Kläranlage
- niedrige Systemtemperaturen zur effizienten Nutzung der Wärmepumpe
- ganzjähriger Kälte-/ Wärmebedarf

### **10.1.5. Geeignete Kanäle zur Nutzung von Abwasserwärme**

Ein wirtschaftlicher Betrieb zur Nutzung von Abwasserenergie stellt nicht nur Anforderungen an die Gebäude, sondern auch an den Abwasserkanal. So wird eine Wassermenge von

mindestens 15 Liter pro Sekunde (Tagesmittelwert bei Trockenwetter) und ein Kanalquerschnitt von mind. 80 cm benötigt. An die Form des Kanals werden dagegen

keine Anforderungen gestellt. Die Temperatur des Abwassers sollte auch im Winter meistens über 10°C betragen. Eine hohe Temperatur des Abwassers erlaubt eine größere Abkühlung

und damit einen größeren Energieentzug. Deshalb ist ein Trennsystem, bei dem im Gegensatz zum Mischsystem das Regenwasser getrennt vom Schmutzwasser abgeleitet wird, besser zur Nutzung von Abwasserwärme geeignet, weil dabei das Abwasser nicht durch das relativ kalte Regenwasser abgekühlt wird. Der Einbau eines Wärmetauschers

in einen Abwasserkanal wird außerdem deutlich vereinfacht, wenn der Kanal keine Kurve aufweist. Es sollte ein gerader Kanalabschnitt von mindestens 20 m Länge vorhanden sein.

Die Kosten für Installation und Wartung des Wärmetauschers lassen sich durch einen guten Zugang zum Kanal reduzieren. Auch der Bau der Leitung vom Kanal zur Heizzentrale stellt einen



entscheidenden Kostenpunkt dar und kann Nutzung bestehender Leitungen oder der Verlegung auf unbebautem Gebiet gering gehalten werden. Wie auch bei den Gebäuden bietet sich die Nutzung von Abwasserwärme besonders dann an, wenn Kanäle ohnehin saniert oder neu gebaut werden müssen.

Nachfolgend sind die Anforderungen an Kanäle zur wirtschaftlichen Nutzung von Abwasserwärme nochmals stichpunktartig aufgelistet:

- Kanalquerschnitt mind. 80 cm
- Abwassertemperatur mind. 10°C
- Wassermenge mind. 15 l/s (Tagesmittel bei Trockenwetter)
- gerader Kanalabschnitt von mind. 20 m
- guter Zugang in den Kanal
- Kanalisation mit Trennsystem
- Leitungsführung zum Gebäude leicht herstellbar

## **10.2. Zustand des Trinkwasser- und Abwassersystems in Veitshöchheim**

### **10.2.1. Trinkwassersystem**

Insgesamt werden in Veitshöchheim 560.000 bis 600.000 m<sup>3</sup> Trinkwasser im Jahr verbraucht. Das entspricht einem Bedarf von ca. 160 l pro Einwohner und Tag und liegt damit im deutschen Durchschnitt. Die Wasserverluste durch Mängel im Zustand von Leitungen und Armaturen sind in Veitshöchheim mit unter 5% sehr gering.

Ungefähr 150.000 m<sup>3</sup> Trinkwasser im Jahr werden in Veitshöchheim aus einem eigenen 100 m tiefen Brunnen „Am kalten Berg“ gefördert. Das entspricht 26% des gesamten Trinkwasserbedarfs. Der Brunnen ist über eine 100 mm starke Leitung mit einem Hochbehälter Am Geisberg verbunden, der 2000 m<sup>3</sup> fasst. Diese Leitung ist ca. 1,7 km lang und transportiert 4-6 l/s in einer Tiefe von 1,20 m unter der Erde. Im Gegensatz zu den übrigen Leitungen, die starke Tag-Nacht-Unterschiede aufweisen, ist die Wassermenge hier sehr konstant und daher eventuell zur Entwärmung geeignet. Das Brunnenwasser hat eine konstante Temperatur von ca. 12 °C und versorgt die Wohngebiete Altort und Setz.



Über eine Fernleitung der Fernwasserversorgung Mittelmain werden ca. 430.000 m<sup>3</sup> Trinkwasser im Jahr bezogen. Das sind 76% des Gesamtverbrauchs. Die Leitung mit einem Durchmesser von 400 mm kommt von Gadheim, verläuft über die Kreisstraße bis hinunter zur B27, da sie als Notversorgung für Würzburg vorgesehen ist. Auch für den Hochbehälter Am Geisberg gibt es eine Noteinspeisung über die Fernleitung. Da der Wasserdruck in der Fernleitung 13 bar beträgt, beim Verbraucher jedoch nur max. 6 bar ankommen dürfen, ist bei der Übergabestation Am Geisberg ein Druckminderer eingebaut.

### 10.2.2. Abwassersystem

Die Abwassermenge in Veitshöchheim beträgt insgesamt ca. 1,4 Mio m<sup>3</sup> im Jahr. Alle Siedlungsbereiche östlich der Bahnlinie, die den größten Teil des Ortes darstellen, werden über eine Kanalisation mit Mischsystem zur Kläranlage geleitet. Das bedeutet, dass Haus-, Industrie und Niederschlagsabwässer gemeinsam abgeführt werden. Da dadurch bei Regenfällen die Abwassermenge stark ansteigt, gibt es mehrere Regenüberlaufbecken, die das Abwasser während des Regens speichern oder bei Überlauf in einen Graben leiten.

Die Kanäle des Altortes zwischen Main und Bahnlinie bestehen dagegen hauptsächlich aus einem Trennsystem. Hier werden Schmutzwasser und Niederschlagswasser in unterschiedlichen Kanälen abgeführt. Aufgrund der in der Regel geringen Schmutzfracht von Regenwasser wird dieses nach der Reinigung in einem Regenklärbecken direkt in den Main geleitet und nicht in der Kläranlage behandelt. Das Regenklärbecken fasst 200 m<sup>3</sup> und arbeitet als reines Absetzbecken, wodurch ca. 50 m<sup>3</sup> Schlamm im Jahr entstehen. Die meisten Kanäle in Veitshöchheim haben einen Durchmesser von weniger als 600 mm und sind daher für die Abwasserentwärmung momentan nicht geeignet. Es existieren nur wenige Kanäle mit einem Durchmesser ab 1000 mm. Dazu gehört der Zulaufsammler von der Kaserne und dem Gewerbegebiet mit 1800 mm Durchmesser. Dieser Sammler führt hauptsächlich Regenwasser und hat nur einen geringen Schmutzwasseranteil. Durch das Gewerbegebiet entstehen keine besonders belasteten Abwässer, die über die Kanalisation abgeführt werden müssen. Der Sammler zum Regenüberlaufbecken 3 hat in der Schönstraße einen Durchmesser von 1200 mm, in der Seinsheimstraße von 1400 mm. Der Durchmesser des Kanals von der Friedhofstraße bis zur Pumpstation am Main beträgt 1200 bis 1400 mm. Außerdem gibt es einen Regenwasserkanal entlang des Mains mit einem Durchmesser von 1100 bis 1400 mm, der zum größten Teil im Grundwasser liegt. Er führt von der Oberen Maingasse bis zum Regenklärbecken, es ist aber geplant den Kanal bis zur Tiergartenstraße auszubauen.





Abbildung 10.2.1: Abwassersystem Veitshöchheim (Quelle: Gemeinde Veitshöchheim)

### 10.3. Energiepotential



Der Main bietet aufgrund seiner großen Wassermengen zwar grundsätzlich ein riesiges Energiepotential, ist aber durch jahreszeitlich bedingte Temperaturschwankungen zur Entwärmung kaum geeignet. Gerade im Winter, wenn der größte Wärmebedarf vorhanden ist, liegt die Temperatur meist im Bereich von 2 bis 3°C.

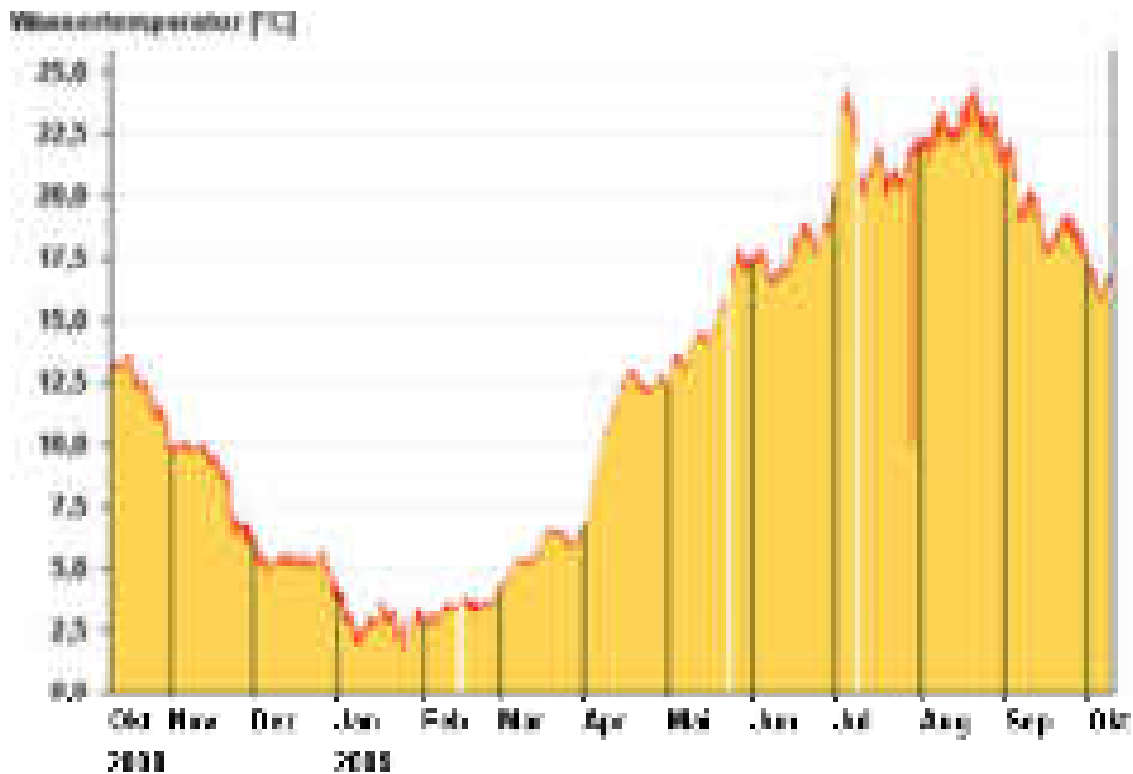


Abbildung 10.3.1: Temperaturkurve Main 2009 (Quelle: NID; bayerisches Landesamt für Umwelt)

Trinkwasser:

Das Brunnenwasser, welches von der Gemeinde für Trinkwasser verwendet wird östlich der Gartensiedlung entlang geleitet mit einer Menge von ca. 4-6 l/s, was ungefähr 150.000 m<sup>3</sup> pro Jahr entspricht. Die Wassermenge ist recht konstant, ebenso wie die Wassertemperatur von ca. 12°C. Bei einer Abkühlung auf 10 °C mittels einer Wärmepumpe kann eine Wärmemenge von ca. 350.000 kWh pro Jahr gewonnen werden, die allerdings gleichmäßig über das Jahr verteilt ist, nutzbar sind davon ca. 80.000 bis 100.000 kWh (zuzgl. 25.000 bis 35.000 kWh durch eingesetzten Strom) mit einer Leistung von ca. 42 kW.(55 kW) Bei eine Abkühlung um 3 K erhöht sich die Leistung entsprechend auf 63 kW (82 kW), die Wärmemenge auf 120.000 bis 150.000 kWh pro Jahr zuzüglich der eingesetzten Strommenge von ca. 40.000 bis 50.000 kWh.

Aus der Fernleitung mit ca. 430.000 m<sup>3</sup> Trinkwasser im Jahr kann theoretisch die ca. 3-fache Wärmemenge entzogen werden, da es sich hier aber um Trinkwasserleitungen handelt, und diese nicht der Gemeinde gehören, ist eine Nutzung rechtlich schwierig.





Grundwasser entlang des Mains:

Die Abwasserleitungen in der Nähe des Mains nehmen täglich eine große Menge Fremdwasser auf. Dies liegt an dem hohen Grundwasserstand direkt am Main. Dieses Grundwasser könnte ebenfalls über Wärmepumpen entwärmt und die entstehende Wärme zu Heizzwecken verwendet werden. Der Vorteil gegenüber direktem Mainwasser sind die geringeren Temperaturschwankungen und die somit höheren Temperaturen im Winter. Bei geeigneten Gebäuden in Mainnähe ist die Nutzung von Wasser-Wasser-Wärmepumpen somit möglich und sinnvoll.

Abwasser:

Abwasser verlässt Gebäude mit durchschnittlichen Temperaturen von 15 bis 20°C. Nach Verlassen des Gebäudes kühlt das Abwasser schnell auf 10 bis 13°C ab. Diese Temperaturen können zum Entwärmen mit einer Wärmepumpe genutzt werden. Für eine sinnvolle Nutzung wird allerdings eine große und möglichst kontinuierliche Abwassermenge benötigt.

## 10.4. Maßnahmen

Die Energienutzung aus Trink- und Abwasser kann einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung kommunaler Ziele im Umwelt- und Energiebereich leisten. Städte und Gemeinden können dabei auf unterschiedliche Weise zur Verbreitung der dieser Technik beitragen z.B. durch Ermittlung geeigneter Standorte, mit Förderbeiträgen an Voruntersuchungen und Realisierungen oder mit dem Bau von eigenen Wasserwärmepumpen in kommunalen Bauten.

- Entwärmung der Leitung vom Brunnen zum Hochbehälter, am besten in der Wolfstalstraße (soll sowieso neu gemacht werden), Versorgung der gemeindeeigenen Mehrfamilienhäuser
- Nutzung Grundwasserentwärmung am Main durch Brunnenbohrungen (z.B. Mainfrankensäle)

Da die meisten Kanäle in Veitshöchheim einen Durchmesser von weniger als 600 mm haben und im Mischsystem betrieben werden sind sie für die Abwasserentwärmung momentan kaum geeignet. Von den Kanälen mit einem Durchmesser über 1000 mm ist der Regenwasserkanal entlang des Mains zur Entwärmung geeignet, weil er im Grundwasser liegt und dadurch ganzjährig konstante



Temperaturen aufweist. Hier sollte die Möglichkeit der Entwärmung näher untersucht werden. Die übrigen Kanäle kühlen durch das kalte Regenwasser im Winter zu stark ab. Deshalb sollt bei Sanierung oder Neubau der Kanalisation besonders in Gebieten mit zur Abwasserentwärmung geeigneten Gebäuden darauf geachtet werden, dass ein Trennsystem statt Mischsystem eingeführt wird und bei ausreichender Abwassermenge ein Wärmetauscher in den Kanal eingebaut wird. Geeignete Gebäude sind in der Karte „Entwärmung Trinkwasser/ Abwasser“ gelb dargestellt. Besonders wenn gleichzeitig Gebäude in dicht bebauten Gebieten energetisch saniert werden und damit Wärmepumpen zum Einsatz kommen können, wird eine Abwasserentwärmung wirtschaftlich.

## 10.5. Finanzierungsmöglichkeiten

### 10.5.1. Förderprogramme

Siehe Tabelle im Anhang

### 10.5.2. Contracting

Viele Abwasserwärmeanlagen für öffentliche oder private Einrichtungen werden mittels Energie-Contracting realisiert. Beim Contracting überlässt der Liegenschaftsbesitzer die Energieversorgung einem spezialisierten Unternehmen, dem so genannten Contractor. Dieser plant, baut, finanziert und betreibt die Anlagen und verrechnet dem Contracting-Nehmer all diese Leistungen über den Wärmepreis. Der Bauherr muss selber also keine Investitionen tätigen. Die Vertragslaufzeit liegt in der Regel im Bereich der gesicherten Anlagenlebensdauer; üblich sind bei Abwasserenergieanlagen 15 bis 30 Jahre.

Der Contracting-Nehmer sollte den Wettbewerb nutzen und von verschiedenen Contracting-Anbietern Angebote einholen, um die technisch beste Lösung zu finden.

Folgende drei Schritte sollten vor Abschluss eines Contracting-Vertrag durchgeführt werden:

- Machbarkeitsstudie und Ausschreibung: Die Untersuchung der Machbarkeit bildet die Basis für eine Contracting-Ausschreibung. Viele Bauherren ziehen für die Machbarkeitsstudie und die Ausschreibung spezialisierte Fachleute zu Rate.
- Wahl eines geeigneten Contractors



- Externe Prüfung und Vertragsabschluss: Es ist sinnvoll sich vor Vertragsabschluss das Contracting-Projekt durch eine zweite Meinung absichern zu lassen.

## **10.6. „Vision für die Zukunft“**

In einem längerfristigen Zeitraum sollten die großen Abwasserrohre mit Wärmetauscherstrecken ausgerüstet sein, die von Wärmepumpen entwärmt werden. Dadurch kann ein nicht unerheblicher Anteil der für die Trinkwassererwärmung aufgebrauchten Energie wieder zurückgewonnen und in ein Nahwärmenetz eingespeist werden.



## Anlagen

### Literaturverzeichnis:

9. EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie: Heizen und Kühlen mit Abwasser, o.J.
10. Grazer Energieagentur GmbH, Berliner Energieagentur GmbH: Abwasser Wärme Nutzung. Leitfaden zur Projektentwicklung, 2007  
  
Download unter [www.grazer-ea.at](http://www.grazer-ea.at)
11. Rometsch, Lutz: Wärmegewinnung aus Abwasserkanälen. Entwicklung eines Anforderungskatalogs für Kläranlagen- und Kanalnetzbetreiber gestützt auf Praxistests mit Wärmetauschern, Gelsenkirchen: Institut für unterirdische Infrastruktur, 2004
12. Piller, Sabine; Litzka Vera; Steffan Tim; Kruse, Michael: Potenzialstudie zur Abwasserabwärmenutzung in Bremerhaven, Bremerhaven, 2004
13. Buri, Rene; Kobel, Beat: Wärmenutzung aus Abwasser. Leitfaden für Inhaber, Betreiber und Planer von Abwasserreinigungsanlagen und Kanalisationen, Bern: Bundesamt für Energie, 2004
14. [www.rabtherm.com](http://www.rabtherm.com)



# 11. Kläranlage Veitshöchheim

---

## 11.1. Grundlagen der Kläranlagentechnik

### 11.1.1. Grundbegriffe

**Einwohnerwert (EW)** ist die durchschnittliche Belastung des Abwassers eines Einwohners. Die an eine Kläranlage angeschlossenen Einwohnerwerte setzen sich zusammen aus dem Abwasser der Bevölkerung und der Gewerbebetriebe.

#### **Größenklasse (GK) nach der Abwasserverordnung:<sup>29</sup>**

Größenklasse 1 < 1.000 EW	Stromverbrauch ca. 75 kWh/EWxa
Größenklasse 2 = 1.000 bis 5.000 EW	Stromverbrauch ca. 55 kWh/EWxa
Größenklasse 3 = 5.000 bis 10.000 EW	Stromverbrauch ca. 44 kWh/EWxa
Größenklasse 4 = 10.000 bis 100.000 EW	Stromverbrauch ca. 35 kWh/EWxa
Größenklasse 5 > 100.000 EW	Stromverbrauch ca. 32 kWh/EWxa

### 11.1.2. Gegenwärtige Situation

Vorrangige Aufgabe von kommunalen Kläranlagen ist die Eliminierung von Schadstoffen aus dem Abwasser gemäß den Mindestanforderungen der Abwasserverordnung, um eine Verunreinigung der Gewässer so weit wie möglich zu vermeiden. In Deutschland gibt es dafür insgesamt mehr als 10.000 kommunale Kläranlagen mit einem Anschluss von 127 Millionen Einwohnerwerten. Kläranlagen der Größenklassen 4 und 5 haben hinsichtlich der Anzahl nur einen Anteil von 22 Prozent an allen Kläranlagen in Deutschland, sie behandeln aber über 90 Prozent der Einwohnerwerte und verursachen 87% des Stromverbrauchs. Die Schwankungsbreite des Energieverbrauchs liegt dabei je nach Größe zwischen 20 und 90 kWh/EW, wobei große Kläranlagen meist weniger Energie pro Einwohnerwert verbrauchen als kleinere Anlagen.<sup>29</sup> Kläranlagen gehören neben der Straßenbeleuchtung und dem Strombezug öffentlicher Gebäude zu den größten Stromverbrauchern einer Gemeinde. Der Anteil des Stromverbrauchs liegt in Deutschland bei ca. 20 % am gesamten kommunalen Stromverbrauch. Berücksichtigt man außerdem die meist vorhandene

---

<sup>29</sup> Fricke, Klaus: Energieeffizienz kommunaler Kläranlagen, Dessau: Umweltbundesamt, 2009



Eigenstromerzeugung einer Kläranlage liegt der Anteil sogar zwischen 30 und 50%.<sup>30</sup> Solch eine Stromerzeugung durch Faulgasverstromung wird bei ca. 80% der Einwohnerwerte durchgeführt.

### 11.1.3. Aufbau einer Kläranlage

Die Reinigung erfolgt in der Regel in folgenden drei Stufen (vgl. ):

1. mechanische Vorklämung
2. biologische Abwasserreinigung
3. weitergehende Reinigung, meist chemische oder physikalische Reinigung

Anschließend erfolgt evtl. noch die Schlammbehandlung im Faulturm.

#### Die mechanische Vorklämung

Hier werden die Grobstoffe, z.B. Plastikteile, Sand,... entfernt. Bei der mechanischen Klärung wird ca. ein Drittel des Schmutzes entfernt. Die erste Stufe ist der **Rechen**. An diesem „Gitter“ bleiben größere Verschmutzungen z.B. Ohrstäbchen oder Nägel hängen und werden anschließend entfernt. Die nächste Station ist das **Sandabsetzbecken (Sandfang)**. Durch dieses Becken fließt das Abwasser innerhalb von ca. fünf bis zehn Minuten, also relativ langsam. Im Wasser enthaltener Sand setzt sich auf dem Boden ab und wird dort abgesaugt. Danach folgt der **Ölabscheider**. Hier wird oben schwimmendes Öl, Fett oder Benzin vom Abwasser getrennt. Das darauffolgende **Vorklärbecken** ist ein Sedimentationsbecken, das eine möglichst große Oberfläche hat. Dadurch wird die Fließgeschwindigkeit des Wassers sehr gering. Der Schlamm setzt sich am Boden ab und wird mit Hilfe einer Pumpe in den Faulturm befördert.

#### Die biologische Reinigung

Nachdem die Feststoffe entfernt wurden, befinden sich im Wasser noch gelöste Verunreinigungen, die biologisch durch Mikroorganismen entfernt werden. Bei der biologischen Reinigung laufen ähnliche Vorgänge wie bei der Selbstreinigung der Gewässer ab, nur auf kleinerem Raum, konzentrierter und schneller. In den meisten kommunalen Kläranlagen werden Belebtschlammanlagen verwendet, wobei CO<sub>2</sub> und Klärschlamm entstehen. Weitere wenig verwendete Verfahren sind Tropfkörper, Tauchkörper, Membranverfahren und Pflanzenkläranlagen.

---

<sup>30</sup> Mitsdoerffer, Ralf; Christ, Oliver: Energiepotenziale auf Kläranlagen erkennen und nachhaltig einsetzen, S. 2



**Belebtschlammanlagen (aerob):**

Das Abwasser wird in ein Becken mit einer großen Anzahl von Mikroorganismen geleitet, die man als braunen Schlamm identifizieren kann. Der Sauerstoff, den sie zum Aufbau ihrer Zellsubstanz benötigen, wird dem Abwasser durch eine Belüftungseinrichtung zugesetzt. Der Kohlenstoff aus den organischen Verbindungen im Wasser wird zu gasförmigem Kohlendioxid abgebaut. Die Aufenthaltsdauer des Wassers in diesem Teil der Anlage beträgt ungefähr zwölf Stunden. Im anschließenden **Nachklärbecken** werden die Bakterien als sogenannte Belebtschlammflocken vom gereinigten Abwasser getrennt. Nachklärbecken arbeiten physikalisch wie die Vorklärbecken, d.h. durch Verlangsamung der Geschwindigkeit setzt sich der Belebtschlamm ab. Dieser wird von dort wieder ins Belebungsbecken zurückgefördert (Rücklaufschlamm), um zum Einen den Reinigungsprozess der Kläranlage stabil zu halten und zum Anderen, damit sich im Nachklärbecken kein Schlamm an der Wasseroberfläche ansammelt und in den Ablauf der Kläranlage gelangt. Wenn die für die Reinigungswirkung der Kläranlage eine ausreichende Menge an belebten Schlamm vorhanden ist, muss der Zuwachs an Schlamm als Überschussschlamm entfernt werden.

**Anaerobe Abwasserreinigung:**

Die Alternative zum Belebtschlammbecken ist der anaerobe Abbau (= ohne Sauerstoff). Das Abwasser wird in einen geschlossenen Behälter geleitet, in dem sich anaerobe Mikroorganismen befinden. Diese bauen die im Abwasser enthaltenen Stoffe ab und produzieren dabei Faulgas. Dieses System ist v. a. für Betriebe mit hoher Schmutzfracht (Lebensmittelindustrie) oder neuartige Sanitärsysteme mit Trenntoiletten geeignet, da eine hohe Konzentration an organischen Stoffen im Abwasser vorhanden sein muss. Der Vorteil liegt darin, dass fast ausschließlich Faulgas entsteht, kaum Klärschlamm oder CO<sub>2</sub>. Es ist keine Belüftung erforderlich, allerdings muss der Behälter auf ca. 37 °C beheizt werden.

Die weitergehende Reinigung

Abwässer enthalten oft auch chemische Stoffe, die bei der vorherigen Reinigung (mechanische und biologische Klärung) nur teilweise oder gar nicht abgebaut werden können. Ein chemisches Verfahren heißt **Kontaktbecken**. Durch Kontaktmittel (Fällmittel) werden dabei z.B. Phosphor und Stickstoff behandelt und sind dann im Wasser ungelöst als „Flocken“ vorhanden. Bei einem physikalischen Verfahren handelt es sich im Prinzip um ein Sieb (**Filtration**). Hier werden sehr feine Feststoffe und die „Flocken“ aus dem Kontaktbeckenbecken aus dem Wasser entfernt. Das Verfahren



ist eine Ergänzung zu einem Nachklärbecken, das in manchen Anlagen die Abwasserqualität verbessert. Am Ende dieser Reinigungsstufen wird das gereinigte Wasser in Seen oder Flüsse geleitet.

Schlammbehandlung im Faulturm

Der Klärschlamm, der bei der mechanischen und biologischen Klärung anfällt, wird in den Faulturm befördert. Hier wird der Schlamm von **anaeroben** Bakterien abgebaut (wie bei der anaeroben Abwasserreinigung). Das bei diesem Vorgang entstandene Faulgas kann zum Heizen oder in einem **BHKW** zur Stromerzeugung genutzt werden. Der gefaulte Schlamm wird im nächsten Schritt entwässert, gegebenenfalls getrocknet und schließlich verbrannt oder als Dünger auf Feldern eingesetzt, wenn er frei von Giftstoffen ist.



Abbildung 11.1.1: Aufbau einer Kläranlage (Quelle: Wasserwirtschaftsamt Kempten: [www.wwa-ke.bayern.de](http://www.wwa-ke.bayern.de))





## 11.2. Zustand der Kläranlage in Veitshöchheim

### 11.2.1. Aufbau<sup>31</sup>

Die im Jahr 2000 fertig gestellte Kläranlage in Veitshöchheim wird betrieben vom Zweckverband Abwasserbeseitigung „Maintal-Würzburg“ und hat eine Ausbaugröße von 26.000 Einwohnerwerten. Da dabei jedoch ein Zuwachs berücksichtigt wurde, betragen die angeschlossenen Einwohnerwerte momentan nur 15.500 (Größenklasse 4). Zu den angeschlossenen Gemeinden gehört neben Veitshöchheim auch Margetshöchheim. Die jährliche Abwassermenge, die in der Kläranlage gereinigt wird, beträgt ca. 1,9 Millionen m<sup>3</sup>, das entspricht 123 m<sup>3</sup>/EW pro Jahr oder 336 l/EW pro Tag. Durchschnittlich 40% des Abwassers ist Fremdwasser, d.h. Grundwasser, das durch Undichtigkeiten kontinuierlich in die Kanalisation dringt.

Die Reinigung des Abwassers erfolgt in der Kläranlage Veitshöchheim wie unter 11.1.3 beschrieben durch eine mechanische Vorklärung und die biologische Reinigung mit einer Belebtschlammanlage. Im Winter findet außerdem eine chemische Reinigung von Phosphat statt, ab 18 °C baut sich dieses dann von alleine ab. Der anfallende Schlamm wird im Faulurm unter Luftabschluss bei 37 °C ausgefault. Das entstandene Faulgas wird hauptsächlich zum Heizen verwendet, nur ein kleiner Teil dient der Stromerzeugung in einem BHKW. Der ausgefaulte Schlamm wird dann über eine Siebbandpresse entwässert, nach Sachsen-Anhalt transportiert und dort zur Rekultivierung im Landschaftsbau verwendet. Insgesamt entstehen im Jahr ca. 1150 t Klärschlamm mit einer Trockensubstanz von 20%, dessen Entsorgung 67.000 Euro (58,30 €/t) kostet (vgl. Abb.5). Zur Vermeidung von Geruchsbelästigung der benachbarten Wohngebiete durch die Abluft des Maschinenhauses gibt es einen Biofilter, der aus Rindenmulch, Heidekraut und anderen pflanzlichen Stoffen besteht.

Das gereinigte Abwasser hat eine Temperatur von 13 °C und wird nach der Analysestation in den Main geleitet.

---

<sup>31</sup> Alle Angaben zur Kläranlage Veitshöchheim stammen von Hr. Bamberger (Klärwerksleiter) und Hr. Wolf (Abteilung Tiefbau)





Abbildung 11.2.1: Luftbild Kläranlage Veitshöchheim (Quelle: Abwasserzweckverband „Maintal-Würzburg“: Broschüre Abwasser-Reinigungs-Anlage)



Abbildung 11.2.2: Gasbehälter der Kläranlage (Quelle: Architekturbüro Haase)

### 11.2.2. Energieverbrauch <sup>31</sup>

Der Stromverbrauch liegt mit 51 kWh/EW deutlich über dem Durchschnitt von Kläranlagen dieser Größenklasse von 35 kWh/EW. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass die Kläranlage mit 15.500 Einwohnerwerten bei weitem nicht ausgelastet ist und Maschinen wie z.B. Pumpen und Gebläse überdimensioniert sind. Der Stromverbrauch der Kläranlage Veitshöchheim beträgt insgesamt rund 795.000 kWh pro Jahr und verursacht Kosten von ca. 94.000 Euro (vgl. Abbildung 11.2.3). Durch eine Verstromung des Klärgases im vorhandenen BHKW werden davon zur Deckung von Bedarfsspitzen und als Notstromaggregat ca. 28.000 kWh im Jahr erzeugt (vgl. ). Die Abwärme des BHKW wird momentan nicht genutzt. Der Großteil des Faulgases wird zum Beheizen des Faulturms und der Betriebsgebäude verwendet. Insgesamt werden 97.000 m<sup>3</sup> Faulgas im Jahr erzeugt, wovon 83.000 m<sup>3</sup> zum Heizen genutzt werden. So können 87% des Gasverbrauchs durch eigene Erzeugung gedeckt werden. Zusätzlich gibt es einen Erdgasanschluss zum Abdecken von Energiedefiziten. Darüber werden im Jahr ca. 8500 m<sup>3</sup> Gas bezogen, was Kosten von 8.000€ verursacht (vgl. Abbildung 11.2.3).



Derzeit wird die Kläranlage in Veitshöchheim im Rahmen des Sonderprogramms „Energieanalysen von kommunalen Kläranlagen“ als Teil des Klimaprogramms Bayern 2020 auf Potentiale zur energetischen Optimierung untersucht. Die Höhe der Zuwendung beträgt dafür bis zu 10.000 Euro als Festbetrag, jedoch maximal 70% der Gesamtkosten.

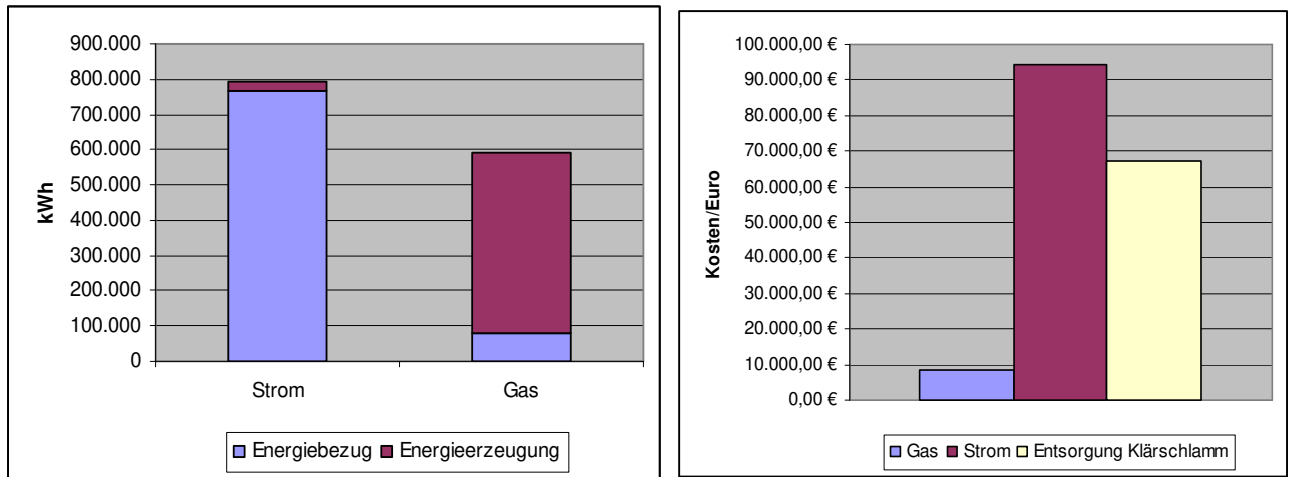


Abbildung 11.2.3: momentane Energieerzeugung und Energiebezug sowie Betriebskosten der Kläranlage Veitshöchheim (Architekturbüro Haase)



### 11.3. Energiepotential

Würde man das komplette Faulgas in der Kläranlage Veitshöchheim im BHKW verstromen, könnte man bei einem elektrischen Wirkungsgrad des BHKW von 30% ungefähr **180.000 kWh Strom** im Jahr erzeugen (CO<sub>2</sub>-Einsparung: ). Die dabei entstehende Abwärme würde 360.000 kWh betragen (CO<sub>2</sub>-Einsparung: ).

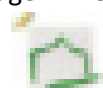
Eine weitere Möglichkeit Strom zu erzeugen ist die Nutzung der nach Süden gerichteten Dachflächen des Betriebsgebäudes und des Maschinenhauses für Photovoltaik-Module. Hier könnte man auf einer Fläche von ca. 265 m<sup>2</sup> ungefähr **30.000 kWh Strom** im Jahr erzeugen, was ca. 4% des Gesamtstromverbrauchs der Kläranlage entspricht (CO<sub>2</sub>-Einsparung: ).

Die Temperatur des Abwassers nach der Kläranlage beträgt relativ konstant 13 °C. Der freiwerdende Energieinhalt des gesamten Abwasserablaufs aus der Kläranlage von 1,9 Millionen m<sup>3</sup> beträgt bei einer Abkühlung der Temperatur auf 10 °C ungefähr **6,6 Millionen kWh**. Theoretisches Potential!!

→ Nutzung mit Wärmepumpe

Ein besonders großes Potential liegt in der Nutzung des Klärschlammes. Zurzeit kommen neue Verfahren auf den Markt, mit denen aus feuchter Biomasse regenerative Biokohle hergestellt werden kann, deren Eigenschaften mit fossiler Kohle vergleichbar sind. Bei dieser Methode, die „Hydrothermale Karbonisierung“ (HTC) genannt wird, stellt man den natürlichen Kohleentstehungsprozess nach, indem man die Biomasse einige Stunden unter Luftabschluss in einen Behälter mit einer Temperatur um 200°C und einem Druck zwischen 20 und 35 bar gibt. Durch die bei der chemischen Reaktion als Wärme freigesetzte Energie kann der Prozess selbsterhaltend ausgelegt werden, d.h. die Erwärmung der zu karbonisierenden Biomasse kann durch die Abwärme des Prozesses erfolgen. Das Reaktionsprodukt ist ein Kohleschlamm, der nach seiner Trocknung entsprechend der weiteren Verwendung sowohl blasfähig oder in Form von Pellets zur Verfügung gestellt werden kann. Da bei Verbrennung der Biokohle nur so viel CO<sub>2</sub> freigesetzt wird, wie zuvor in der Biomasse gebunden wurde, handelt es sich um einen CO<sub>2</sub>-neutralen Energieträger. Als nutzbare Biomasse kommt neben aktivem oder ausgefaultem Klärschlamm auch haushaltsüblicher Bioabfall oder Heckenschnitt in Frage.

Könnte man den ausgefaulten, entwässerten Klärschlamm der Kläranlage Veitshöchheim mit einer Menge von 1150 t pro Jahr in solch einer HTC-Anlage verkohlen, würden ca. 195 t Biokohle mit einem Energieinhalt von insgesamt rund 650.000 kWh entstehen. Zusammen mit dem jährlich in Veitshöchheim anfallenden Bioabfall von 1100 t und dem Heckenschnitt der Gemeinde von 140 t, könnte man sogar fast 400 t Biokohle mit einem Energieinhalt von 1,9 Millionen kWh erzeugen. Die



Biokohle kann dann in einem BHKW verstromt werden, wodurch ca. **580.000 kWh** Strom entstehen würden (CO<sub>2</sub>-Einsparung: ). Die dabei entstehende Abwärme beträgt **1,16 Millionen kWh** (CO<sub>2</sub>-Einsparung: ).

- Nutzung Abwärme der Gebläse (40° bis 50°C)
- Bessere Auslastung (Anschluss von Gemeinden??)

## 11.4. Maßnahmen

Ziel: „die energieautarke Kläranlage“

- komplette Verstromung Faulgas, Nutzung Abwärme, Einspeisung ins Netz???: 7,11 Cent/kWh für 20 Jahre, Degression 1,5%, +evtl. 2 Cent für Technologiebonus
- Photovoltaik auf den Dächern
- Nutzung Abwärme Gebläse
- Wärmepumpe für Entwärmung Wasser nach Kläranlage
- Überprüfung Stromverbrauch Pumpen und Gebläse der biologischen Reinigungsstufe (Belebungsbecken) → macht 2/3 des Stromverbrauchs aus
- HTC mit ausgefaultem Klärschlamm, Bioabfall und Heckenschnitt, evtl. noch weitere Bioabfälle aus Landwirtschaft/Gewächshäusern, Nutzung im BHKW, Einspeisung ins Netz?? (Klärschlamm ist laut Biomasseverordnung 2005 keine Biomasse!)

→ Entsorgung des Klärschlammes fällt weg (Transportaufwand, Kosten), langfristige Entsorgung ist gesichert

Der komplette Strombedarf der Kläranlage könnte durch das mit Faulgas betriebene BHKW, ein mit Biokohle aus HTC betriebenes BHKW und Photovoltaik auf den Dächern gedeckt werden (vgl. Abb.6). Bei der Wärmerzeugung würde sogar ein Überschuss entstehen. Über ein Nahwärmenetz könnte das benachbarte Wohngebiet „Birkental“ und die Landesanstalt für Wein- und Gartenbau mit Wärme versorgt werden.



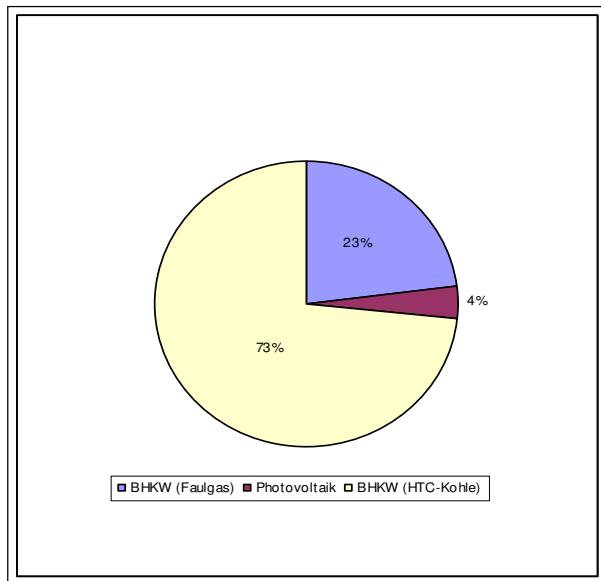


Abbildung 11.4.1: mögliche zukünftige Stromversorgung der Kläranlage (Architekturbüro Haase)

## 11.5. Finanzierungsmöglichkeiten

Im Rahmen des Sonderprogramms „Energieanalysen von kommunalen Kläranlagen“ als Teil des Klimaprogramms Bayern 2020 wird eine Untersuchung von Kläranlagen mit mehr als 10.000 Einwohnerwerten auf Potentiale zur energetischen Optimierung gefördert. Die Höhe der Zuwendung beträgt dafür 10.000 Euro als Festbetrag, jedoch maximal 70% der Gesamtkosten. Dieses Programm wird für die Kläranlage Veitshöchheim bereits in Anspruch genommen.

Förderungen zur Nutzung von Wärmepumpen in Verbindung mit Wasserentwärmung sind im Kapitel Wasser/Abwasser in der Übersichtstabelle Fördermöglichkeiten dargestellt.

Eine Fördermöglichkeit für HTC bietet die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe Gülzow/Bützow, die für das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz das Programm „Nachwachsende Rohstoffe“ betreut. Es umfasst Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsprojekte zur stofflichen und energetischen Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen mit dem Ziel eine nachhaltige Rohstoff- und Energiebereitstellung zu fördern, Ressourcen zu schützen und CO<sub>2</sub>-Emissionen zu verringern. Art und Höhe der Förderung sind unterschiedlich und müssen direkt bei der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe erfragt werden.

Die Errichtung von BHKWs, die mit Biomasse betrieben werden, und Wärmenetzen, die aus erneuerbaren Energien gespeist werden, können von der Kreditanstalt für Wiederaufbau gefördert werden. In Form eines Kredits werden bis zu 100 % der förderfähigen Nettoinvestitionskosten, maximal jedoch 10 Millionen Euro pro Vorhaben gefördert. Außerdem erhält man einen Tilgungszuschuss, der z.B. bei einem BHKW 40 Euro je kW installierter Nennwärmeleistung beträgt.



## 11.6. „Vision für die Zukunft“

Die Kläranlage als Energielieferant.

Schon heute ist es möglich Kläranlagen vom Energieverbrauch zum Energieproduzenten werden zu lassen. Der technische Aufwand ist derzeit noch sehr groß und daher ist eine Wirtschaftlichkeit oft nicht gegeben. Die technische Entwicklung in Zukunft wird jedoch den Umbau von Kläranlagen zu Energieerzeugern wirtschaftlicher machen, so dass dies ein zukünftiger Standard werden wird

Literaturverzeichnis:

15. Fricke, Klaus: Energieeffizienz kommunaler Kläranlagen, Dessau: Umweltbundesamt, 2009
16. Haberkern Bernd; Maier, Werner; Schneider, Ursula: Steigerung der Energieeffizienz auf kommunalen Kläranlagen, Dessau: Umweltbundesamt, 2008
17. Abwasserzweckverband „Maintal-Würzburg“: Broschüre Abwasser-Reinigungs-Anlage Veitshöchheim Margetshöchheim
18. Mitsdoerffer, Ralf; Christ, Oliver: Energiepotenziale auf Kläranlagen erkennen und nachhaltig einsetzen, Download unter [www.gfm.com](http://www.gfm.com)



# 12. Energiestruktur

## 12.1. Allgemein

Für eine nachhaltige, möglichst CO<sub>2</sub>-neutrale Energiestruktur sind neben der Art der Energieerzeugung sowohl die örtliche Verteilung als auch der zeitliche Verlauf von Verbrauch und Erzeugung wichtige Faktoren. Ein großer regenerativer Energieerzeuger, der überwiegend dann Energie liefert, wenn kein Bedarf vorhanden ist, ist z.B. schlecht nutzbar, außer man schafft durch den Einsatz von Speichern eine zeitliche Entzerrung. Zur Veranschaulichung zeigen die folgenden Abbildungen typische Jahreskurven für einige Verbraucher und Erzeuger.

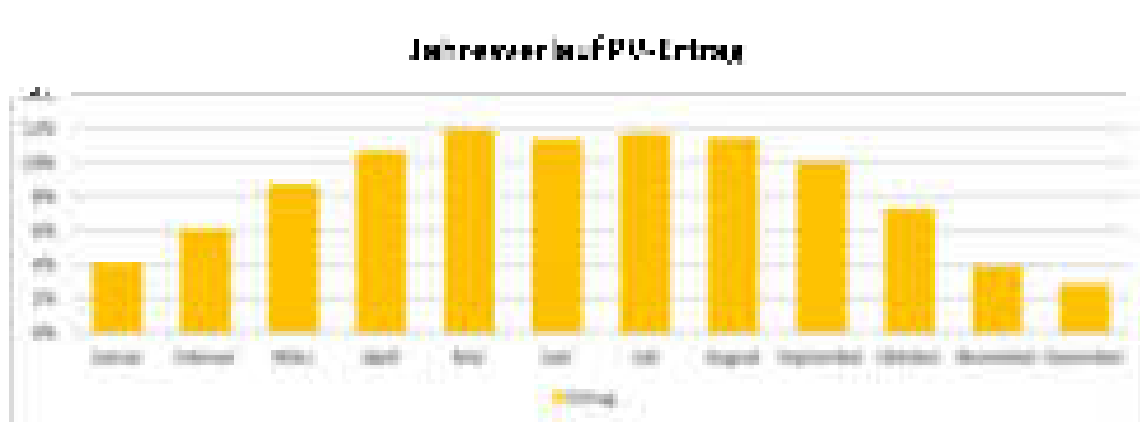


Abbildung 12.1.1: Jahresertrag Photovoltaik bei Südausrichtung und 45° Neigung (Quelle: Architekturbüro Werner Haase)

Die Stromproduktion von Photovoltaikanlagen findet überwiegend im Sommer statt. Im Winterhalbjahr (Oktober bis März) werden dagegen nur ca. 1/3 der Jahreserträge erzeugt

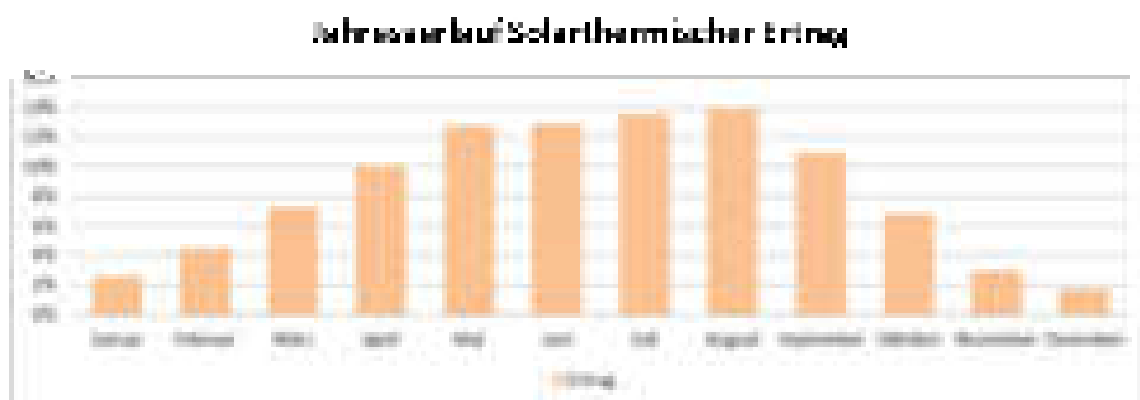


Abbildung 12.1.2: Jahresertrag Solarthermie bei ganzjährig vollständiger Wärmeabnahme (Quelle: Architekturbüro Haase)





Noch ungleichmäßiger ist der Wärmeertrag von solarthermischen Anlagen, hier werden fast 75% der Wärme im Sommerhalbjahr und nur ca. 25% im Winterhalbjahr erzeugt.



Abbildung 12.1.3: typischer Jahresverlauf für Heizwärme eines normal gedämmten Gebäudes (Quelle: Architekturbüro Haase)

Gegenläufig dazu ist der Heizwärmebedarf von Gebäuden. Im Sommer besteht nahezu kein Bedarf an Wärme, im Dezember und Januar dafür fast die Hälfte.

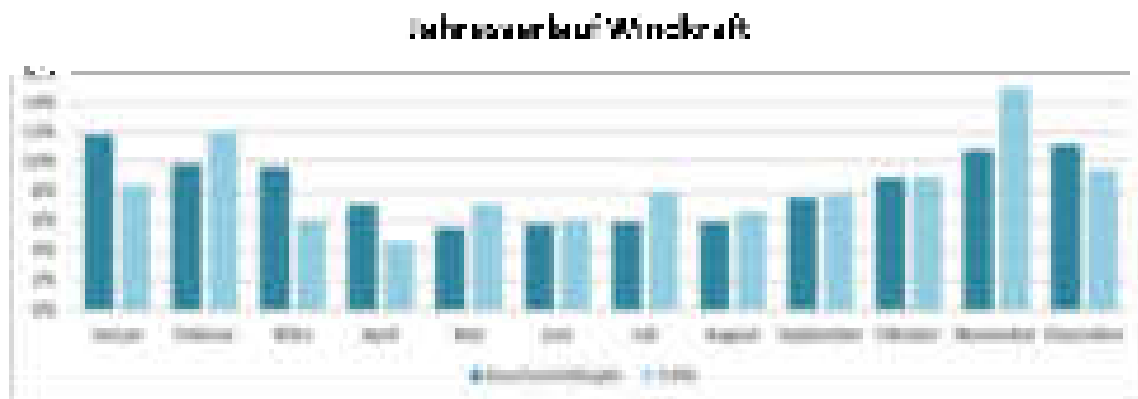


Abbildung 12.1.4: typischer Jahresverlauf der Erträge durch Windkraftanlagen (Daten aus: IWR Windenergie)

Bei der Windkraft sind die Haupterträge im Herbst und Winter, allerdings sind hier die Unterschiede weniger deutlich als bei Solaranlagen.





Abbildung 12.1.5: Jahresverlauf Warmwasser, vereinfachte Darstellung (Quelle: Architekturbüro Haase)

Der Bedarf an Warmwasser verteilt sich sehr regelmäßig auf das Jahr, die Monatsschwankungen sind sehr gering.

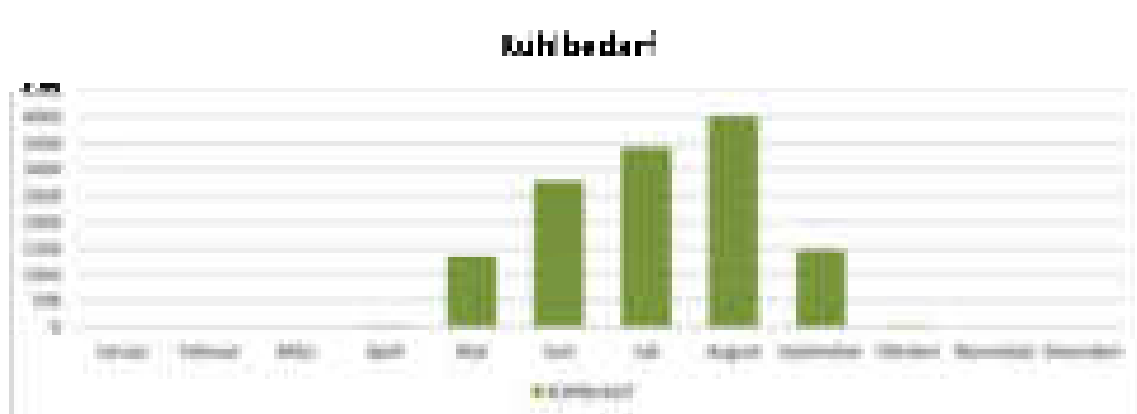


Abbildung 12.1.6: typische Verteilung des Kühlbedarfs eines Bürogebäudes (Quelle: Architekturbüro Haase)

Der Kühlbedarf (hier bei Bürogebäuden) ist normalerweise nur im Sommer vorhanden. Er deckt sich recht gut mit den Erträgen aus solarthermischen Anlagen.

Ein weiterer Punkt ist die zeitliche Entwicklung des Verbrauchs. Werden z.B. Wärmenetze auf den Bestand ausgelegt, welcher aber dann so saniert wird, dass nur noch ein kleiner Teil der Energie gegenüber der Auslegung benötigt wird, kann schnell die Wirtschaftlichkeit und Sinnhaftigkeit dieses Netzes fraglich werden.

Daher ist die Betrachtung dieser Faktoren für zukünftige Investitionen in die Energiestruktur eine notwendige Grundlage.



## 12.2. Verbraucher / Erzeuger

Eine Energiestruktur besteht immer aus Verbrauchern und Erzeugern, also Heben und Senken. Die Nutzung von vorhandenen Energieerzeugern kann einen maßgeblichen Anteil an der Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen ausmachen. Da für die Verteilung von Strom die Infrastruktur schon vorhanden ist, wird im Folgenden nur die Wärme betrachtet. Im ersten Schritt wird die Lage besonderer Einzelgebäude betrachtet. Diese sind in Veitshöchheim im Bereich des Ortskerns vermehrt vorhanden, in den Wohngebieten nur vereinzelt. (s. Abbildung 12.2.1) Das Gewerbe wurde hier nicht in die Betrachtung einbezogen. Der nächste Schritt ist die Betrachtung der Bebauungsdichte. Die rot markierten Bereiche sind Zonen besonders hoher Verbrauchsdichte (d.h. eine große Nettogrundfläche pro Grundstücksfläche bei eher schlechtem energetischem Standard). Besonders hoch ist die Verbrauchsdichte im Ortskern. Weiter Bereiche ist der Geschosswohnungsbau im Schenkenfeld, das Birkental, Bereiche in der Gartensiedlung und im Setz.



Abbildung 12.2.1: wichtige Einzelgebäude

Abbildung 12.2.2: Bereiche hoher Verbrauchsdichte

Durch Überlagerung von Einzelgebäuden und Bereichen hoher Verbrauchsdichte ergeben sich Bereiche, in denen der Aufbau Wärmenetzen sinnvoll erscheint. In einigen dieser Bereiche sind Wärmenetze schon verwirklicht (grün umrandete Gebiete in Abbildung 12.2.4)





Abbildung 12.2.3: Überlagerung Einzelgebäude / Verbrauchsdichte

Abbildung 12.2.4: mögliche Wärmenetze

Im nächsten Schritt werden mögliche Wärmequellen lokalisiert. Dabei muss zwischen vorhandenen örtlich festen Wärmequellen und örtlich flexiblen Wärmequellen unterschieden werden. Nutzbare Produktionsabwärme aus dem Gewerbegebiet ist örtlich fest, kann also nur intern oder von nahe gelegenen Verbrauchern genutzt werden. Das Gleiche gilt für Wärme aus Trinkwasser und Abwasser. Die Energie aus Forstholz, Heckenschnitt, Bioabfällen und anderen regenerativen Rohstoffen dagegen ist örtlich flexibel einsetzbar. Das Gleiche gilt für Solarthermie oder Erdwärme.

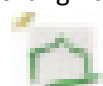
Neben der im Abschnitt 12.1 erwähnten zeitlichen Verteilung ist auch das Temperaturniveau eines Erzeugers für seine Nutzbarkeit für einen Verbraucher ausschlaggebend.

## 12.3. Energiepotentiale

Das langfristige Ziel für Veitshöchheim ist eine CO<sub>2</sub>-neutrale Gemeinde. Um dies zu erreichen müssen alle Faktoren zur CO<sub>2</sub>-Minderung angegangen werden. Zu den Faktoren zählen **Energieverbrauch**, **Effizienz** der Anlagentechnik, Nutzung von **Umweltenergie** und anderen vorhandenen Energien und spezifische CO<sub>2</sub>-Emission der **Energieträger**.

### 12.3.1. Einsparmaßnahmen

Die Reduzierung des Energieverbrauchs ist ein sehr wichtiger Faktor. Nur wenn der Energieverbrauch durch Einsparmaßnahmen deutlich gesenkt wird, ist es in absehbarer Zeit möglich die Deckung zu



100% durch regenerative Energiequellen zu erreichen. Durch energetisch optimierte Sanierungen im Gebäudebereich, effektivere Fahrzeuge, Optimierung von Produktionsprozessen, energiesparenden Straßenlampen sowie einem sparsameren und bewussterem Umgang mit der Energie (Nutzerverhalten, Energiemanagement) ist auf lange Sicht eine Einsparung von über 50% möglich. **(Minderung von ca. 70 Mio. kg CO<sub>2</sub> pro Jahr auf ca. 32 Mio. kg CO<sub>2</sub> pro Jahr)**

### 12.3.2. Umweltenergie

Durch intensive Nutzung von Umweltenergien, wie Erdwärme, Solarwärme, Wärme aus dem Grundwasser sowie vorhandener Abwärme aus Produktionsprozessen und Abwasser kann die CO<sub>2</sub>-Emission weiter vermindert werden. Aufgrund der sehr begrenzten Flächen und der schlechten Nutzungsmöglichkeit von Wind- und Wasserkraft auf dem Gemeindegebiet ist die Nutzung von Solarenergie eine der wichtigsten Möglichkeiten zur Nutzung von Umweltenergie. Aufgrund des hohen Anteils gut geeigneter Dachflächen in Veitshöchheim kann mit intensiver Öffentlichkeitsarbeit und attraktiven Konzepten (Förderprogramme, Solarfonds) eine beachtliche Menge solaren Stroms und solarer Wärme auf den Dächern Veitshöchheims erzeugt werden. In geringerem Umfang ist die Nutzung der Wärme aus Wasser, Abwasser und Produktionsprozessen möglich, hier müssen jedoch noch technische und rechtliche Hürden überwunden werden. **(Minderung um ca. 7 Mio. kg CO<sub>2</sub> auf ca. 25 Mio. kg pro Jahr)**

### 12.3.3. Effizienztechnik

Durch effiziente Technik wie Wärmepumpen oder Kraft-Wärme-Kopplung kann die CO<sub>2</sub>-Emission weiter verringert werden. (CO<sub>2</sub>-Minderung wird schon in anderen Bereichen berücksichtigt)

### 12.3.4. Energieträgerwechsel

Durch eine weitgehende Umstellung auf regenerative Energieträger kann theoretisch eine CO<sub>2</sub>-Neutralität erreicht werden. Aufgrund der geringen Flächen können auf dem Gemeindegebiet allerdings nicht ausreichend viel regenerative Brennstoffe erzeugt werden. Durch die effektive Nutzung von Klärschlamm, Bioabfällen und Energie-Wildpflanzen in HTC-Anlagen (s. Kapitel: regenerative Energieträger) sowie Forstholz und Heckenschnitt und regenerative betriebenen KWK-Anlagen (Kraftwärmekopplung) können auf dem Gebiet Veitshöchheims ca. 3 Mio. t CO<sub>2</sub> eingespart werden. Werden zudem Flächen von ca. 30 km<sup>2</sup> dazugerechnet (das entspricht dann dem gemittelten Flächenbedarf für die Einwohnerzahl Veitshöchheims auf den bundesdeutschen Durchschnitt), indem von flächenreichen Gemeinden regenerative Energieträger bezogen werden, können weitere 7 Mio t. CO<sub>2</sub> reduziert werden. **(Minderung um 10 Mio. kg CO<sub>2</sub> pro Jahr auf ca. 15 Mio kg pro Jahr).**

Somit ist langfristig gesehen eine Einsparung von insgesamt **ca. 55 Mio. kg CO<sub>2</sub> bzw. ca. 80%** möglich.



## 12.4. Energiestruktur



Abbildung 12.4.1: Wärmeerzeuger

Abbildung 12.4.2: Energiestruktur

Aufgrund der sehr zergliederten Struktur sowie der Größe Veitshöchheims ist der Aufbau von kleinen Wärmenetzen in den verbrauchsintensiven Gebieten eine gute Möglichkeit zur Nutzung regenerativ und effektiv erzeugter Wärme. Die Netze sollten nach und nach zuerst an prominenten Stellen geplant und errichtet werden. Besonders eignet sich dazu der Ortskern mit seiner sehr dichten, z. T. denkmalgeschützten Bebauung, einem hohen Anteil gemeindeeigener Gebäuden und anderer großer Verbraucher. Bei Sanierung einzelner Verbraucher kann das Netz zur besseren Auslastung erweitert werden. Ebenso sollte die Option zum Anschluss weiterer Wärmeerzeuger bei einer Ausweitung des Netzes gewahrt werden.

### 12.4.1. Finanzierungsmöglichkeiten

Für den Bau und die Erweiterung von Wärmenetzen gibt es verschiedene Förderungen. Neben Zuschüssen für regenerative Energieerzeuger (s. Kapitel 9 regenerative Energieträger) werden auch die Verlegung von Wärmeleitungen und Hausanschlüsse gefördert.

Förderprogramme:

- Kfw-Programm – erneuerbare Energien- „Premium“ – Nahwärmenetze: Kredit mit Tilgungszuschuss von 20€ bis 60€ pro m Trassenlänge für regenerativ gespeiste Wärmenetze und 1800€ pro Hausübergabestation ([www.kfw.de](http://www.kfw.de))



- BAFA – Wärmenetzförderung: Zuschuss von max. 1€ pro mm Nenndurchmesser und m Trassenlänge

([http://www.bafa.de/bafa/de/energie/kraft\\_waerme\\_kopplung/stromverguetung/index.html](http://www.bafa.de/bafa/de/energie/kraft_waerme_kopplung/stromverguetung/index.html))

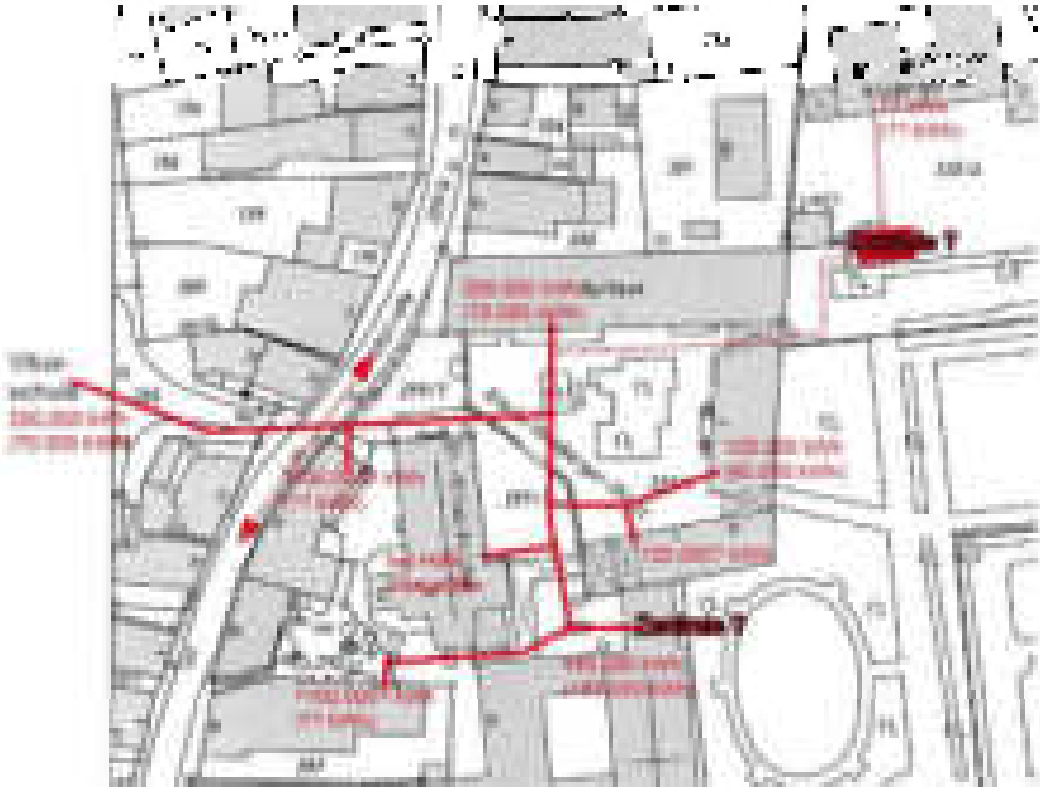


Abbildung 12.4.3: mögliches Nahwärmenetz Ortskern

In weiteren Schritten können bei entsprechender Akzeptanz weitere Netze geplant werden. (s. Abbildung 12.2.4)

Um eine hohe Wirtschaftlichkeit zu erreichen, sind bei der Auslegung von Wärmenetzen folgende Parameter wichtig:

- kurze Leitungslängen
- gut gedämmte Wärmeleitungen
- hohe Abnahmedichte (kWh/lfd. m Wärmeleitung)
- gute zeitliche Auslastung des Netzes durch kontinuierliche Abnahme
- Verlegen der Wärmeleitungen in möglichst unbefestigtem Gelände

In Gebieten mit ausnahmslos geringen benötigten Abnahmetemperaturen gibt es die Möglichkeit von „kühlen Wärmenetzen“. Diese arbeiten mit Temperaturen von maximal 20°C, welche dezentral bei den Verbrauchern durch Wärmepumpen auf Temperaturen von 40°C bis 50°C erhöht werden.



Der Vorteil diese Netze sind geringere Investitionskosten sowie sehr niedrige Leitungsverluste. Zudem kann auch Wärme mit geringen Temperaturen in das Netz eingespeist werden.





# 13. Öffentlichkeitsarbeit

---

## 13.1. Grundlagen

### 13.1.1. Einleitung

Die Öffentlichkeitsarbeit ist ein wichtiges Instrument, um die CO<sub>2</sub>-Einsparung außerhalb der gemeindeeigenen Liegenschaften zu bewerkstelligen. Nur wenn das Thema aktuell in den Köpfen von privaten Bauherren, der Geschäftsleitung von Gewerbebetrieben oder von Autobesitzern ist, kann auch in diesen Sektoren CO<sub>2</sub> eingespart werden. Bei vielen Menschen gibt es noch kein Bewusstsein für das Thema Energie, so dass selbst geringinvestive oder sich schnell amortisierende Maßnahmen aus Unwissen oder Desinteresse nicht durchgeführt werden. Um dieses Bewusstsein zu schaffen und ein Interesse bei dem Einzelnen zu wecken bedarf es einer guten Öffentlichkeitsarbeit.



### 13.1.2. Öffentlichkeitsarbeit im Überblick

Öffentlichkeitsarbeit ist die Darstellung von Projekten, Organisationen oder Gruppen in der Öffentlichkeit. Sie ist mit einer definierten Zielvorgabe verbunden und versucht diese unter Nutzung der zur Verfügung stehenden Kommunikationswege zu erreichen. Durch Öffentlichkeitsarbeit entsteht der Eindruck von Transparenz, was die Glaubwürdigkeit in der Zielgruppe erhöht. Sie ist die Grundlage zur Bewusstseinsbildung, transportiert die Idee und ihre Inhalte und schafft Raum und Grundlagen für Diskussionen. Das Ziel der Öffentlichkeitsarbeit ist der Kontakt und der Informationsfluss des Akteurs zur Zielgruppe, der Aufbau von Image und Bekanntheitsgrad sowie die Schaffung von Akzeptanz und Unterstützung. Als Instrumente stehen abhängig von Art und Ziel Pressearbeit, Mediengestaltung, Veranstaltungen, Sponsoring und Kooperationen zur Verfügung. Die Identifikation der Informationen mit dem Ziel (Projekt, Gruppe) wird durch eine einheitliche Darstellung (Farbigkeit, Aufbau, Logo) innerhalb der verschiedenen Medien erhöht.



## 13.2. Möglichkeiten

### 13.2.1. Schulen

Ein wichtiges Instrument für die Öffentlichkeitsarbeit sind Schulen. Im Rahmen des Unterrichts oder als Projekte können Themen im Bereich Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung behandelt werden und so einem Bezug von Unterricht zur Realität schaffen. Die entstehenden Fragen und das Wissen werden dann oft nach Hause gebracht und weiter diskutiert, so dass auch die Eltern, Verwandte und Nachbarn damit konfrontiert werden. Auch die Lehrerschaft muss sich intensiver mit dem Thema auseinandersetzen.

Möglichkeiten für Schulen, Beispiele:

Sondervorträge für Schüler, Lehrer (Eltern) zum Thema Energie

Einbinden des Themas in den Unterricht (z. B. Physik, Chemie,, Geographie)

Schulprojekte/Workshops zum Thema Energieeinsparung

Solaranlagen: Wie viel Energie gibt die Sonne ab (Veitshöchheim, Deutschland, Welt), wie viel wird in Veitshöchheim genutzt, was ist möglich?

Wie viel Energie verbraucht unser Haus? Was sind die Energieverbraucher? (Strommessgerät) Was ist möglich und wie kann ich es erreichen?

Energieverbrauch unserer Schule, wie viel verbraucht die Schule heute, was ist möglich und wie kann es erreicht werden?

Energieerzeugung: welche Möglichkeiten gibt es, was sind die Vor und Nachteile

Energieträger: Wie viel Energie steckt in einem Stück Holz, in Öl, Gas und Kohle. Was entsteht beim Verbrennen?

Verkehr, CO<sub>2</sub>-Emittent mit großem Potential. Was kann der Einzelne tun? Was wäre technisch möglich?

Standby-Betrieb, Welche Geräte laufen wie lange im Standby-Betrieb? Warum gibt es diesen? Wie viel Energie wird verbraucht?

Erderwärmung: Was sind die möglichen Ursachen, was die Folgen? Was kann man dagegen tun?

### 13.2.2. Öffentliche Veranstaltungen

Eine weitere Möglichkeit die Öffentlichkeit anzusprechen, sind allgemeine Workshops / Infoveranstaltungen in der Gemeinde im Rahmen von Festen und Veranstaltungen. Hierbei ist es



wichtig eine Identifikation des einzelnen mit dem vorgestellten Thema zu erreichen. Es muss einfach, anschaulich und eindrücklich dargestellt werden, wo ein Einsparpotential vorhanden ist, und wie man dort hinkommt. Eine Kooperation mit Fachleuten / Firmen aus diesen Bereichen bringt allen Seiten Vorteile.

Beispiele für Infoveranstaltungen:

Stromverbrauchsmessung an jeweils zwei Verbrauchern (alt – neu) wie Lampen, Kühlschränke,...

Allgemeine Vorträge zum Thema Energie, CO<sub>2</sub>-Emission,...

Fördermöglichkeiten für Beratungen und energetische Sanierungen

Benzin sparen durch angepasstes Fahren – Einsparmöglichkeiten

### 13.2.3. Gemeindeverwaltung

Um die Motivation der Gemeinde zur deutlichen CO<sub>2</sub>-Reduzierung bis hin zur CO<sub>2</sub>-freien Gemeinde auch glaubwürdig zu verbreiten, muss die Verwaltung eine Art Vorreiterrolle übernehmen. Daher sind auch gezielte Workshops, Veranstaltungen, Weiterbildungen innerhalb der Gemeinde wichtig. Auch die öffentlichen Gebäude müssen dem privaten Bauherrn als Vorbild dienen. Daher sind zeitnahe und vorbildliche Sanierungen dieser Gebäude ein wichtiger Punkt in der Öffentlichkeitsarbeit. (s. Teilkonzept Liegenschaften)

## 13.3. Visualisierung / Medien

Die Darstellung von Erfolgen, umgesetzten Projekten ist ein weiter wichtiger Punkt der Öffentlichkeitsarbeit. Gerade auf der Internetseite der Gemeinde sollte ein Bereich geschaffen werden, in dem das Ziel, der Fortschritt und die umgesetzten Maßnahmen anschaulich und informativ dargestellt werden. Auch sollte es für private Bauherrn und Betriebe die Möglichkeit geben „ihre“ CO<sub>2</sub>-Einsparung darzustellen. Weiterhin kann eine Informationsplattform bzw. ein Forum zum Thema Energie zu einer Wissensvermehrung und Informationsaustausch führen und die Suche nach geeigneten Firmen und Anbietern zu erleichtern.

Auch das Gemeindeblatt bietet sich an, um die Bewohner Veitshöchheims zu informieren. Ebenso sollte im Rathaus eine grafische und numerische Darstellung von Ziel, Fortschritt und Erfolgen



ausgestellt sein. Artikel in der regionalen Zeitung sowie Fachzeitschriften fördern sowohl das örtliche als auch das überörtliche Interesse.

Für öffentliche / gemeindeeigene Solaranlagen oder regenerative Nahwärmeerzeuger können lokal oder auch zentral Anzeigen installiert werden, auf denen Ertrag und CO<sub>2</sub>-Einsparung sichtbar werden. Weitere Möglichkeiten zum Aufstellen von Anzeigen, Plakaten und Schildern sind Ortseinfahrten oder zentrale Plätze, wobei gerade im historischen Ortskern auf einen Erhalt des Ortsbildes geachtet werden sollte.

Der Verkehr ist der am schwierigsten zu beeinflussende Sektor, da hier oft Komforteinbußen mit CO<sub>2</sub>-Minderungen einhergehen. Sollten Maßnahmen in diesem Bereich durchgeführt werden (s. Kapitel „Verkehr“), so ist hier eine gute Informations- und Motivationspolitik maßgeblich für den Erfolg der Maßnahmen mitverantwortlich sein. Daher muss für die Öffentlichkeitsarbeit ausreichende personelle und finanzielle Mittel bereitgestellt werden, und das Konzept parallel zu den eigentlichen Maßnahmen ausgearbeitet werden.

### 13.4. Anreize / Förderungen

Um die Informationen zu einer breiten Umsetzung zu bringen, bedarf es oft einer zusätzlichen Motivation. Diese kann zum einen über gemeindeeigene Förderungen erreicht werden, zum anderen durch Gruppendynamik. Wenn auf ein gemeinsames Ziel hin gearbeitet wird, das im Interesse der Öffentlichkeit steht (s. „entente florale“2009), will der einzelne selten zurückstehen. So bietet sich die Teilnahme an landes- oder bundesweiten Wettbewerben im Bereich Energie (z.B. Bundeshauptstadt im Klimaschutz“) an, um eine Motivation zu schaffen. Auch gemeindeeigene Wettbewerbe sind hierfür geeignet, vor allem wenn sie von Förderungen begleitet werden. Eine weitere Möglichkeit, die von der Gemeinde bereits durchgeführt wird, ist die Bereitstellung kostenloser oder kostengünstiger Energieberatungen für private Bauherren.



## 13.5. Konkret

Folgende Punkte sollte im ersten Schritt der Öffentlichkeitsarbeit durchgeführt werden:

- Aufbau einer Internetseite „CO<sub>2</sub>-Einsparung“ innerhalb der Gemeindehomepage
- Neue Rubrik im Gemeindeblatt „CO<sub>2</sub>-Einsparung“ mit aktuellem Stand
- Schaukasten Rathaus mit grafischer Darstellung von Ziel, aktuellem Stand und Soll
- Entwurf eines Logos „CO<sub>2</sub>-Einsparung“: Motto „Gemeinde für Generationen“?
- Entwurf Grundlayout für Artikel, Plakate, Flyer
- Benennung eines Klimaschutzbeauftragten für Fortschreibung, Controlling, Öffentlichkeitsarbeit und als Ansprechpartner
- Festlegung des jährlichen Budgets für Öffentlichkeitsarbeit
- Mitteilungen an die lokale Presse bei wichtigen Fortschritten
- Planung eines ersten Infoworkshops
- Suchen und Einbinden von Kooperationspartner (Schulen, Betriebe,...)
- Ausarbeiten Konzept „Solarstrom für Veitshöchheim“



# 14. Controlling-Konzept

---

## 14.1. Begriffserklärung:

Controlling ist ein umfassendes Steuerungs- und Koordinierungskonzept zur Unterstützung der führungverantwortlichen Stellen, mit der Aufgabe der zielgerichteten Beeinflussung bestehender Abläufe. Langfristiges Ziel ist dabei der Erhalt bzw. die Verbesserung der wirtschaftlichen Situation.

Controlling befasst sich mit der Konzeption und dem Betrieb von qualitativen und quantitativen Steuerungselementen, der Ausrichtung der Steuergrößen auf die strategischen Zielgrößen, mit der Koordination der Informationsflüsse, der Analyse und Interpretation der Messergebnisse und der Unterstützung der Entscheidungsprozesse der Entscheidungsträger.

Zusammenfassend kann Controlling als die Beschaffung, Aufbereitung und Analyse von Daten zur Vorbereitung zielsetzungsgerechter Entscheidungen verstanden werden. Es ist keine entscheidende, sondern eine entscheidungsunterstützende Tätigkeit.

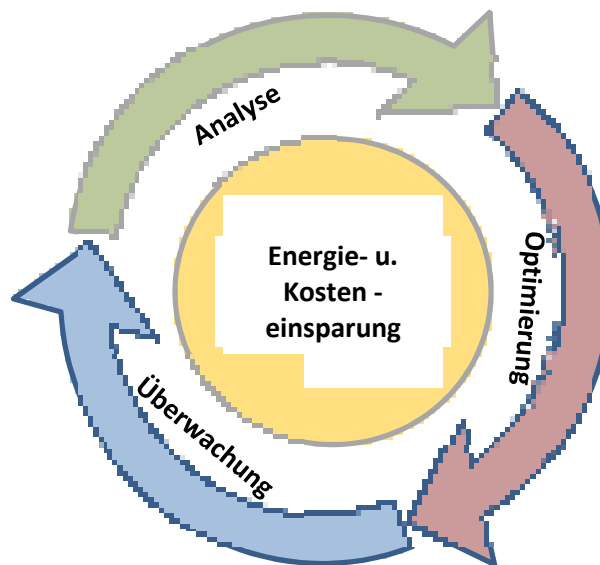


Abbildung 14.1.1 Funktionsschema Controlling (Quelle: AB Haase)



## 14.2. Aufgaben:

Die Aufgabe des Controllers ist die Ausgestaltung der Entscheidungsgrundlagen und des Planungsrahmens. Dazu gehören die Erstellung der erforderlichen Unterlagen, die zeitliche Koordination der Planungsschritte, die Prüfung dieser auf Zielkonformität, sowie die Fixierung und Dokumentation der Ergebnisse als Sollvorgaben. Neben der konkreten Erstellung von Planungsgrundlagen gehört auch die Strukturierung, Analyse und Komprimierung von Informationen zur Validierung von Ergebnissen und Planungen, also eine Nachbereitung und Dokumentation von Planungsschritten. Diese sogenannte Nachsteuerung beinhaltet auch eine Abweichungsanalyse, in der die Differenzen im Ist-Soll-Vergleich erfasst und ihre Auswirkungen auf den weiteren Planungsverlauf ermittelt werden. Daraus können Prognosen über den zu erwartenden Bilanzverlauf entwickelt werden. Ein weiterer Aufgabenbereich des Controllers ist die Koordination der einzelnen Entscheidungsträger und Teilplanungen untereinander, um eine ganzheitliche Planung zu ermöglichen.

## 14.3. Optionen:

Grundsätzlich sollte das Controlling-Konzept der Gemeinde auf zwei Ebenen stattfinden. Zum einen auf einer übergeordneten Ebene, die die einzelnen Sektoren und Liegenschaften untereinander vergleicht, zum anderen auf einer detaillierteren Ebene, auf der innerhalb einer Liegenschaft die Daten weiter aufgeschlüsselt sind, so dass genauere Ursachen für Kosten / Verbrauch ermittelt werden können. Das Controlling kann je nach Ambition verschieden intensiv betrieben werden, hier gibt es drei verschiedene Ansätze:

### 14.3.1. Vereinfachtes Konzept:

- Fortbilden eines Mitarbeiters der Gemeindeverwaltung zum Controller
- tabellenunterstützte Verarbeitung der Daten
- Manuelles Ablesen der Daten

Hierzu müssen ein oder mehrere Mitarbeiter über Fortbildungen Grundkenntnisse des Themas Controlling erhalten und mit den notwendigen Kompetenzen ausgestattet werden. Zudem ist ein (Zeit-)Budget festzulegen, die das Controlling beanspruchen kann. Die Datenerfassung erfolgt manuell und wird dann in Tabellen eingetragen und ausgewertet.



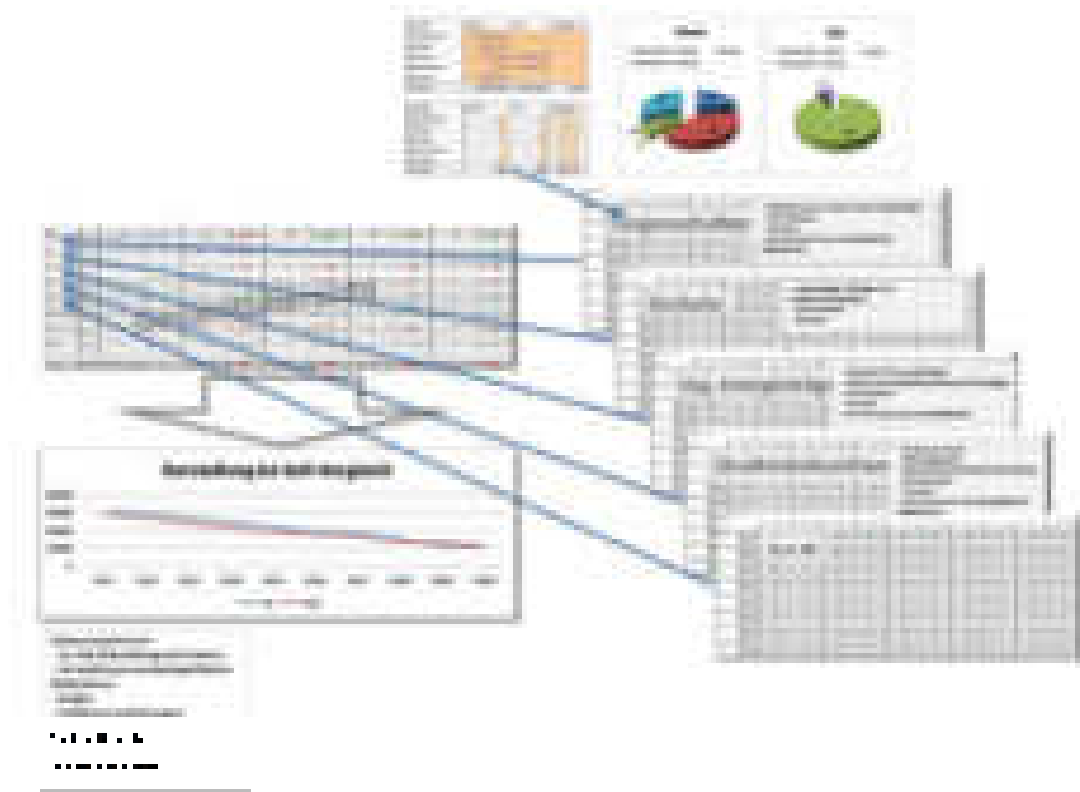


Abbildung 14.3.1: Dokumentationsstruktur für eine tabellenunterstützte Datenverarbeitung (AB Haase)

Der Vorteil dieser Methode ist, dass keine teure, schwierig zu bedienende Software notwendig ist, ebenso wenig besondere Datenlogger zum Erfassen der Daten. Dafür ist die Tiefe des Controllings eher gering und der Zeitaufwand aufgrund der manuellen Datenaufnahme recht groß. Die Umstellung auf BUS- und software-basierte Systeme ist aufwendig, da Daten wieder übertragen werden müssen.

### 14.3.2. internetunterstütztes Konzept

- Fortbilden eines Mitarbeiters der Gemeindeverwaltung zum Controller
- Bei Sanierungen: Umrüsten der Liegenschaften auf EDV-unterstützte Datenerfassung
- Nutzung einer internetbasierten Softwarelösung

Hierbei ist ebenfalls eine Fortbildung von Mitarbeitern notwendig. Zudem muss die Internet-basierte Plattform zur Datenerfassung angemietet werden. Die Umstellung von manueller Datenerfassung zur elektronischen BUS-unterstützten Datenerfassung ist einfach möglich, auch eine schrittweise Umstellung von manuell auf elektronisch wird unterstützt. Die Auswertung der Daten wird durch die Software erleichtert, der Abruf von Daten und Ergebnissen erfolgt über das Internet.





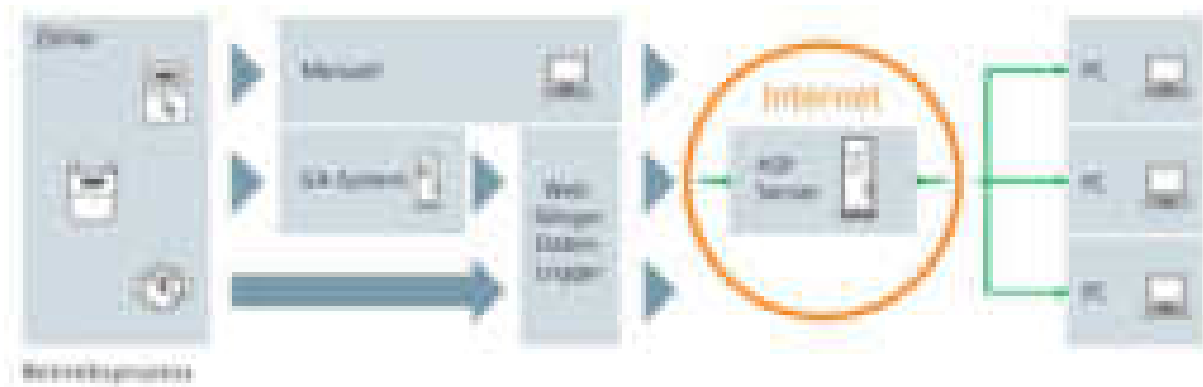


Abbildung 14.3.2: Struktur eines Internetbasierten Controlling-Konzeptes (Quelle: Siemens Broschüre: Energy Monitoring & Controlling (EMC))

Ein Nachteil ist die Abhängigkeit von einem Anbieter, inwiefern eine spätere Umstellung auf einen anderen Anbieter möglich ist, konnte nicht festgestellt werden. Bei BUS-gesteuerter Datenaufnahme ist eine nahezu beliebige Informationstiefe ohne großen zeitlichen Mehraufwand möglich.

### 14.3.3. Personell unterstütztes Konzept

- Einstellen eines externen Controllers mit den notwendigen Know-how und der entsprechenden Soft- und Hardware
- Bei Sanierungen: Umrüsten der Liegenschaften auf EDV-unterstützte Datenerfassung

Hierbei wird ein externer Controller angestellt, der sich um die komplette Struktur und die notwendige Hard- und Softwareausstattung kümmert. Meist ist nur eine elektronische Datenerfassung möglich, das heißt alle in das Controllingkonzept einbezogenen Liegenschaften müssten zeitnah auf BUS-unterstützte Datenerfassung umgerüstet werden.. Die Investitionskosten und wahrscheinlich auch die laufenden Kosten sind hier am höchsten, dafür ist ein professionelles Controlling mit den besten Optimierungsmöglichkeiten möglich. Eine Schulung von Mitarbeitern ist nicht notwendig.

### 14.3.4. Umsetzung

Für die Gemeinde sind vor allem die Daten der eigenen Liegenschaften interessant. Diese umfassen den Energieverbrauch, die Energiekosten, die Unterhalts- und Wartungskosten sowie der Personalaufwand. In einer tieferen Betrachtung ist die Aufteilung dieser Daten auf einzelne Teilbereiche möglich, so dass die konkreten Probleme und Ursachen herausgefiltert werden können. Neben den Liegenschaften ist die Straßenbeleuchtung einer der wichtigen Punkte, auch hier ist eine möglichst detaillierte Betrachtung von Wartung, Unterhalt und Verbrauch notwendig, um hier dauerhaft die Kosten und die CO<sub>2</sub>-Emission zu senken. Ein weiterer Bereich sind die



gemeindeeigenen Fahrzeuge, auch hier sind Kosten- und CO<sub>2</sub>-relevante Daten für eine Optimierung relevant.

Für eine ganzheitliche Betrachtung sind auch die nicht gemeindeeigenen Sektoren maßgebend, wie Verkehr, Wohngebäude, Photovoltaik, sonstige regenerative Energieträger, usw. Für diese Bereiche ist die Datenerfassung allerdings aufwendig und oft nur unvollständig möglich. Trotzdem sollten sie so gut wie möglich in das Controlling-Konzept integriert werden.



# 15.zukünftige Energiestandards

## 15.1. Einleitung

Um für die eigenen Liegenschaften eine berechenbare und zukunftsweisende CO<sub>2</sub>-Emission zu erreichen, ist ein fester Energiestandard für den Neubau und die Sanierung gemeindeeigener Liegenschaften sinnvoll. Ein weiterer Aspekt sind die stark steigenden Energiekosten und die Unsicherheit über die zukünftige Entwicklung. Für ein effektives Energiemanagement ist für verlässliche Prognosen und damit verbundene Maßnahmen ein fester Standard förderlich. Immer mehr Kommunen beschließen daher konkrete Energiestandards für Neubau und Sanierungen, wie z.B. Frankfurt, Freiburg, Hannover, Nürnberg, Leipzig, Ulm sowie viele kleine Kommunen. Unterstützt wird diese Entwicklung vom deutschen Städtetag, der in seinen „Hinweisen zum kommunalen Energiemanagement“ eine Betrachtung der Lebenszykluskosten bei der Planung fordert.

## 15.2. Möglichkeiten

Grundsätzlich stehen hier mehrere Möglichkeiten offen, einen Standard für künftige Gebäudesanierungen und Neubauten festzulegen.

### 15.2.1. Einzelqualitäten

Die zunächst einfachste Variante ist die Festlegung von Einzelqualitäten. Hierbei werden U-Werte von Außenbauteilen, maximale Anlagenaufwandszahlen, maximale spezifische Lichtleistung und andere Qualitäten festgelegt. Dadurch entstehen für Umsetzungen klare Vorgaben, die Handhabung ist einfach. Da allerdings jedes Gebäude unterschiedlich ist, die Nutzung individuell und die Zusammenhänge z.T. sehr komplex, kann aus Einzelqualitäten nur unzureichend auf eine Gesamtqualität geschlossen werden. Somit fällt der große Vorteil der Kostensicherheit hier weg, Synergien werden nicht zwangsläufig genutzt, die Gesamtkosten über die Lebensdauer können nicht sicher erfasst werden.

	EnEV 2009 Höchstwert	EnEV 2009 Referenz	Passivhaus
Opake Bauteile	0,35W/m <sup>2</sup> K	0,20 bis 0,35 W/m <sup>2</sup> K	0,15 W/m <sup>2</sup> K
Transparente Bauteile	1,90 W/m <sup>2</sup> K	1,30 W/m <sup>2</sup> K	0,80 W/m <sup>2</sup> K
Luftdichtheit		1,5 h <sup>-1</sup> bzw. 3,0 h <sup>-1</sup>	0,6 h <sup>-1</sup>

Tabelle 15.2.1: Vergleich der Richtwerte für Einzelqualitäten



In der EnEV 2009 gibt es Unterschiede zwischen Wohngebäuden und Nichtwohngebäuden, die Werte des Referenzgebäudes sind nicht zwingend einzuhalten, sondern ergeben den Referenzwert für die Gesamtqualität  $Q_p$ . Neben den aufgeführten Qualitäten können zu nahezu allen anderen Bereichen, wie Beleuchtung und Anlagentechnik, Einzelqualitäten vorgegeben werden.

### 15.2.2. Gesamtqualitäten

Eine weitere Möglichkeit ist die Festlegung einer Gesamtqualität. Hierbei gibt es allerdings auch unterschiedliche Kriterien, die teilweise schlecht miteinander vergleichbar sind. Die EnEV 2009 gibt Höchstwerte für den Primärenergiebedarf  $Q_p$  (alle Gebäude) und den spezifischen Wärmedurchgangskoeffizienten  $H_t'$  (nur Wohngebäude) vor. Diese Werte sind jedoch nicht fest, sondern abhängig von vielen Randbedingungen und geben keine wirkliche Auskunft über die Qualität eines Gebäudes. Das Passivhausinstitut legt sowohl Grenzwerte vor den Heizwärmebedarf als auch den Primärenergiebedarf fest, wobei hier allerdings auch Energie für die Nutzung (z.B. Haushaltsgeräte) mit bilanziert wird. Sowohl bei der EnEV (nur Nichtwohngebäude) als auch beim Passivhaus werden zudem auch Einzelqualitäten vorgegeben (s. Tabelle 15.2.1: Vergleich der Richtwerte für Einzelqualitäten)

	EnEV 2009 Höchstwert	EnEV 2009 Referenz	Passivhaus
$Q_p$	Variiert	entspricht Grenzwert	120 kWh/m <sup>2</sup> a
$H_t'$	Variiert (nur Wohngebäude)	entspricht Grenzwert	
$Q_h$			15 kWh/m <sup>2</sup> a

Tabelle 15.2.2: Vergleich der Richtwerte von Gesamtqualitäten

Eine Vorgabe der Gesamtqualität lässt (außer nach EnEV, hier sind die Vorgaben zu variabel) schon vor der Planung eine Aussage zum künftigen Energieverbrauch zu. Dafür muss bereits in einer recht frühen Planungsphase eine Berechnung durchgeführt werden, um der Einhalten der Richtwerte gewährleisten zu können.

### 15.2.3. Lebenszyklusbetrachtung

Diese Betrachtungsweise ist die umfassendste, allerdings auch die komplizierteste. Neben dem Energieverbrauch werden auch die Unterhaltskosten mit in die Betrachtung einbezogen, so dass nach einer Planung sehr sicher die Gesamtkosten des Gebäudes auf Lebenszeit festgestellt werden können. Exakte Vorgaben kann man hier allerdings nur schwierig treffen, da erst mit einer Planung die Besonderheiten des Gebäudes und damit die günstigsten Lebenszykluskosten festgestellt werden können. Zudem erfordert die Ermittlung der Lebenszykluskosten einen sehr großen zusätzlichen Planungsaufwand und selbst bei erfahrenen Planern aufgrund der vielen Variablen ist das Fehlerpotential groß.



### 15.3. Empfehlung

Grundsätzlich muss man bei der Festlegung eines Standards zwischen Sanierungen und Neubau unterscheiden, das bei bestehenden Gebäuden oft große Zwänge bestehen, die beispielsweise eine Sanierung zu Passivhaus schwierig, unwirtschaftlich oder nicht möglich machen. Wie auch bei der EnEV oder dem Passivhaus sollte eine Mischung zwischen Einzelqualitäten und der Gesamtqualität den Standard von Neubauten und Sanierungen definieren. Die Erfahrung hat gezeigt, dass sowohl im Neubau als auch bei Sanierungen Qualitäten deutlich über den EnEV-Vorgaben wirtschaftlich sinnvoll sind, abhängig vom Planer oft auch Passivhäuser oder passivähnliche Häuser. Aus diesen und auch klimapolitischen Gründen sollten daher die zukünftigen Energiestandards sehr hoch angesetzt werden, so dass neben der Umsetzung von klimapolitischen Zielstellungen eine Qualitätssicherung und Kostensicherheit gewährleistet wird. Planungsvorgaben sollte es für die folgenden Bereiche geben:

- **Hochbau:** Kompaktheit, Gebäudevolumen, Ausrichtung, Fensteranteil, U-Werte Bauteiltypen, Wärmebrücken, Gebäudedichtheit, Oberflächen- Materialien, , Verschattung-Lichtlenkung, Aufteilung-Zonierung
- **Heizungstechnik:** solare Nutzung, Energieträger, Technik-Wartung, Wärmeübergabe, Raumtemperaturen, Warmwasser, Leitungsdämmung, Pumpen
- **Lüftungs- und Klimatechnik:** Art der Lüftung, Luftqualität, Wärmerückgewinnung, Struktur-Wartung, Ventilatoren
- **Sanitärtechnik:** Sanitärgegenstände, Wasserverbrauch Armaturen, Grau- und Regenwassernutzung
- **Elektrotechnik:** Lichtausbeute, Lichtqualität, Unterhalt, Steuerung
- **Mess-, Steuer- und Regelungstechnik:** Zähler, Gebäudeleittechnik, Bedienung, Nachoptimierung
- **sonstige nutzungsspezifische Anlagen:** z.B. Schwimmbadtechnik, EDV, sonstige elektrische Geräte

Um auf den gesamten Lebenszyklus die Kosten für das Gebäude möglichst gering zu halten, sollten zumindest für einige Bereiche Lebenszyklusbetrachtungen durchgeführt werden. Für diese Lebenszyklus- und Wirtschaftlichkeitsberechnungen sollten ebenfalls Vorgaben gemacht werden. Diese sollten die Anwendung von Fördermöglichkeiten, Finanzierungskosten, Energiepreissteigerungen, Wartungs- und- Instandsetzungskosten, Umweltfolgekosten regeln, so dass eine einheitliche Betrachtungsweise möglich ist.

**Im Anhang** wurde eine Empfehlung für den zukünftigen Energiestandard für Gemeindeeigene Liegenschaften zusammengestellt.



Die von der Gemeinde vorgegebenen Werte sollten für alle Planungen bindend sein, Ausnahmen müssen begründet werden (z.B. Denkmalschutz). Die Einführung von längerfristig bindenden Energiestandards muss aus Gründen der Umsetzbarkeit vom Gemeinderat beschlossen werden.



# 16. Investitionskosten /regionale Wertschöpfung

---

Fast alle Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Einsparung sind mit Kosten verbunden, seien es Investitionskosten oder laufende Kosten (Personalkosten). Dabei muss zwischen Kosten, die auf die Gemeinde entfallen und Kosten Dritter unterschieden werden. Auf die Gemeinde entfallen neben Investitionskosten für eigene Liegenschaften oder die Straßenbeleuchtung auch Personalkosten für Energiemanagement und Öffentlichkeitsarbeit. Weitere Kosten für die Gemeinde entstehen durch gemeindeeigene Förderungen, Veranstaltungen und Personalschulung. Für die Bereiche Wohngebiete, Gewerbe, Verkehr und Einzelgebäude entstehen dagegen Kosten für Dritte wie private Bauherren, oder Firmen und Institutionen.

Die Kosten wurden über einen Zeitraum von 30 Jahren betrachtet, die dargestellten Jahreskosten sind als durchschnittliche Kosten zu verstehen. In vielen Bereichen, wie z.B. bei gemeindeeigenen Förderungen, sind die Kosten nicht fest, sondern von den genauen Maßnahmen abhängig. Betrachtet wurden nur die Kosten energetischer Maßnahmen.

Investition

## 16.1.1. Investitionskosten Gemeinde

Im Folgenden wurden die für die Gemeinde anfallenden Kosten auf die verschiedenen Bereiche unterteilt.

### Organisation

- Energiemanagement, Konzeptumsetzung (Personalkosten Energiemanager, notwendige Hard- und Software) ca. 1.500.000 € / 50.000 € pro Jahr

### Öffentlichkeitsarbeit

- Internetauftritt (Erstellen und Pflege der Internetseite) ca. 15.000 € / 500€ pro Jahr

### Energiestruktur

- Machbarkeitsstudie Biomasse (einmalig) ca. 10.000 €

### Straßenbeleuchtung

- Leuchtentausch (ohne neue Masten) ca. 520.000 €
- Steuerung (abhängig von Komplexität) ca. 150.000 €

### Wohnquartiere

- Energieberatungen (2 Stunden pro Woche) ca. 150.000 € / 5.000€ pro Jahr
- Förderprogramme (variabel) ca. 1.500.000 € / 50.000 € pro Jahr



### Einzelgebäude

- Wettbewerbe ca. 60.000 € / 2.000 € pro Jahr

### Gemeindeeigene Liegenschaften

- Nicht-Wohngebäude (aus Teilkonzept Liegenschaften) ca. 9.700.000 €
- Gemeindeeigene Wohngebäude ca. 5.600.000 €

Die Gesamtinvestitionskosten für die Gemeinde betragen über 30 Jahre ca. 19,2 Mio €, das sind ca. 640.000 € pro Jahr.

### 16.1.2. Investitionskosten Gemeinde / sonstige Beteiligte

Weitere Investitionen können entweder direkt von der Gemeinde getätigt werden, oder extern verlagert.

#### Verkehr

- Struktur ÖPNV (zusätzliche Haltestellen für Busse, Zuschüsse) 500.000 €
- Pedelecs, E-Bikes (10 bis 15 Fahrzeuge, Ladestationen, Unterstellplätze) 50.000 €

#### Energiestruktur

- Nutzung von Biomasse (Heizzentralen, HTC-Anlage) 2.000.000 €
- Nahwärmenetz Ortskern (nur Bereich Rathaus) 450.000 €
- Auf- und Ausbau Wärmenetze (abhängig von tatsächlicher Größe) 11.500.000 €

#### Öffentlichkeitsarbeit

- Veranstaltungen., Schulprojekte (Planung und Durchführung) 90.000€ / 3.000 € pro Jahr

Insgesamt bestragen diese Investitionskosten ca. 14,6 Mio. €, also 486.000 € pro Jahr

## 16.2. Kosteneinsparung

Infolge der Investitionen für CO<sub>2</sub> mindernde Maßnahmen werden auch jedes Jahr Energiekosten eingespart. Diese Einsparung wird durch die kontinuierliche Preissteigerung jährlich größer. Die errechneten Werte ergeben sich aus den Durchschnittskosten der eingesparten Energie über 30 Jahre bei einer jährlichen Preissteigerung von 4% für Strom und regenerative Energieträger sowie 7% für fossile Energieträger.

#### Straßenbeleuchtung

- ca. 100.000 € pro Jahr

#### Gemeindeeigene Liegenschaften

- ca. 450.000 € pro Jahr (Nichtwohngebäude)





ca. 160.000 € pro Jahr (Wohngebäude, indirekt über Mietmehreinnahmen)

Durch die oben genannten Investitionen kann die Gemeinde in den nächsten 30 Jahren durchschnittlich 710.000€ pro Jahr an Energiekosten einsparen.

### 16.3. Regionale Wertschöpfung

Von den genannten Maßnahmen werden auch gemeindeansässige oder regionale Unternehmen profitieren. Wird davon ausgegangen, dass die Wohngebäude auf dem Gemeindegebiet innerhalb von 30 Jahren energetisch durchsanziert werden, liegt die Gesamtinvestitionssumme bei ca. 450.000.000 €. Pro Jahr ist das eine durchschnittliche Summe von ca. 15 Mio. €. Man kann davon ausgehen, dass die Sanierungsquote durch das Klimaschutzkonzept im Idealfall um ca. 50% erhöht wird, die Mehrinvestitionen pro Jahr also entsprechend ca. ein Drittel betragen. Im Bauwesen liegt der Personalkostenanteil im Mittel bei ca. 50%, wovon der überwiegende Anteil in der Region bleiben wird. Vom Materialanteil bleibt nur ein vernachlässigbarer Anteil in der Region. In den anderen Bereichen variieren Personal- und Materialanteil stark, der Einfluss auf die gesamte regionale Wertschöpfung bleibt aufgrund des im Verhältnis niedrigen Investitionsaufwandes eher gering.

Aus diesen Grundlagen ergibt sich eine regionale Wertschöpfung von ca. 1,5 Mio. € pro Jahr.

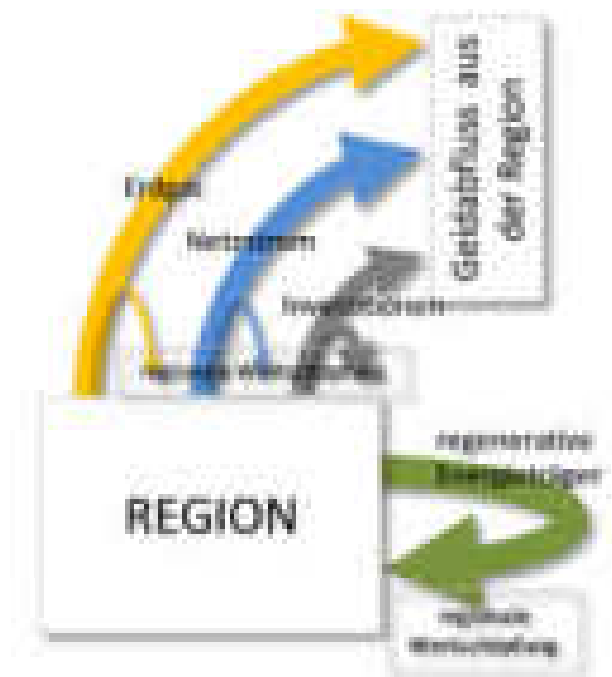


Abbildung 16.3.1: Schema regionale Wertschöpfung (Quelle: Architekturbüro Haase)



Derzeit werden auf dem Gemeindegebiet pro Jahr für ca. 6,5 Mio. € Gas und für ca. 7,5 Mio. € Strom bezogen. Der Treibstoffbezug liegt bei ca. 8 Mio. € pro Jahr. Diese 22 Mio. € fließen zu einem Großteil aus der Region. Durch Energieeinsparung und den Umstieg auf überwiegend regionale regenerative Energieträger wird dieser Abfluss deutlich vermindert. Der Gasbezug kann durch die vorgeschlagenen Maßnahmen auf 1,6 Mio. €, der externe Strombezug (ohne Fahrzeuge) auf ca. 2,2 Mio. € reduziert werden. Die Treibstoffkosten können sogar auf ca. 1,5 Mio. € verringert werden, so dass die extern bezogenen Energiekosten auf ca. 5,3 Mio. € pro Jahr sinken können. Auf dem Gemeindegebiet und in der Region können regenerative Energieträger jährliche eine Wärmemenge von 25 Mio. kWh abdecken, was einen Wert von ungefähr 1,1 Mio. € entspricht. Die auf dem Gemeindegebiet und in der Region regenerativ erzeugbare Strommenge beträgt etwa 16,5 Mio. kWh, was etwa 3 Mio. € entspricht. Diese 4,1 Mio. € jährlich sind zu nahezu 100% regional erzeugbar, so dass eine Wertschöpfung von mindestens 4 Mio. € bedeutet.

Die gesamte regionale Wertschöpfung durch das Klimaschutzkonzept beträgt ca. 5,5 Mio. € pro Jahr, was einen jährlichen steuerlichen Rückfluss von ca. 110.000 € in die Gemeindekassen der Region bedeutet.

## 16.4. Wirtschaftlichkeit

Auch wenn die Investitionen zur Umsetzung erst einmal sehr groß erscheinen, ist aufgrund des großen Einsparpotentials eine Wirtschaftlichkeit gegeben. Weiterhin entsteht eine gewisse Kostensicherheit, da die laufenden Kosten reduziert werden und die Abhängigkeit von Öl- und Gaspreisen geringer wird. Neben den ökologischen Aspekten sprechen daher auch ökonomische Aspekte für eine deutliche CO<sub>2</sub>-Minderung auf dem Gemeindegebiet.



# 17. Maßnahmenkatalog / Zeitplan

## 17.1. Maßnahmen

### 17.1.1. Gemeindeeigene Liegenschaften

(s. Teilkonzept Liegenschaften)

Bei den gemeindeeigenen Liegenschaften besteht z.T. großer Sanierungsbedarf. Neben den meist niedrigen energetischen Standards gibt es auch oft bauliche Defizite bei den Gebäuden (s. Teilkonzept Liegenschaften). Aufgrund des hohen öffentlichen Interesses an gemeindeeigenen Gebäuden, kann die Sanierung gemeindeeigener Liegenschaften einen Vorbildcharakter bekommen. Die Sanierungspriorität der einzelnen Gebäude wurde im Teilkonzept Liegenschaften ermittelt.

Priorität	Gebäude		
1 – unmittelbar (0 bis 5 Jahre)	Turnhalle Vitusschule (gesamt)	Eichendorffschule (gesamt)	Beleuchtung Bahnhof + jüd. Museum
2 – Kurzfristig (6-10 Jahre)	Rathaus (gesamt)	Vitusschule (Gesamt)	Beleuchtung Bauhof + Feuerwehrhaus
3 – Mittelfristig (11-20 Jahre)	3-fach-Halle + Schwimmbad (gesamt)	Bahnhof (gesamt)	Feuerwehrhaus (gesamt)
4 - Langfristig (21 bis 30 Jahre)	Bauhof (gesamt)	Jüd. Museum (gesamt)	Betriebsgebäude Klärwerk

Tabelle 17.1.1: Sanierungspriorität bei den gemeindeeigenen Liegenschaften

Neben den Sanierungen ist ein Liegenschafts- und Energiemanagement für die eigenen Liegenschaften aufzubauen. So können Kosten und Verbrauch der Gebäude zu optimiert, der zeitliche Ablauf von Sanierungen organisiert und eine hohe Qualität gewährleistet werden. Diese Qualität sollte zudem durch die Festlegung von Energiestandards für zukünftige Sanierungen und Neubauten festgelegt werden.

### 17.1.2. Wohnquartiere

(s. Kapitel 4 Wohnquartiere)

Der überwiegende Teil der Wohnbebauung in Veitshöchheim weist einen niedrigen energetischen Standard auf. Dieser Sektor macht zudem ca. ein Drittel der gesamten CO<sub>2</sub>-Emission der Gemeinde aus, so dass hier ein riesiges Einsparpotential besteht. Da die Gemeinde keinen direkten Einfluss auf die Sanierungsquote und den Standard ausüben kann, muss versucht werden, über Öffentlichkeitsarbeit und gemeindeeigene Förderungen die Anzahl und Qualität der Sanierungen zu erhöhen. Die notwendigen Maßnahmen in diesem Sektor sind intensive Öffentlichkeitsarbeit und



Beratung sowie ein finanziell tragbares, aber interessantes Förderprogramm für Wohngebäudesanierungen. Bei der Ausweisung des geplanten Neubaugebietes sollte ein passivhausähnlicher Standard für die Neubauten eine verpflichtende Auflage werden.

### **17.1.3. Einzelgebäude**

(s. Kapitel 5 Einzelgebäude)

Ebenso wie bei der Wohnbebauung hat die Gemeinde keinen Einfluss auf die Sanierung von Liegenschaften anderer Eigentümer. Neben der Öffentlichkeitsarbeit sollte die Gemeinde Kooperationsmöglichkeiten suchen (z.B. gemeinsame regenerativ betriebene Wärmenetze), um hier eine CO<sub>2</sub>-Minderung voran zu treiben.

### **17.1.4. Gewerbe**

Dies ist ein weiterer Sektor, in dem die Gemeinde keinen direkten Einfluss auf die CO<sub>2</sub>-Minderung hat. Daher ist hier wiederum die Öffentlichkeitsarbeit ein wichtiger Faktor, um eine CO<sub>2</sub>-Minderung in diesem Sektor zu bewirken. Ebenso wie bei den Einzelgebäuden sind Kooperationen mit Unternehmen möglich, ob als Partner, Sponsor oder in anderer Form.

### **17.1.5. Straßenbeleuchtung**

(s. Kapitel 6 Straßenbeleuchtung)

Bei der Straßenbeleuchtung ist eine detailliert Bestandsaufnahme, eine Analyse der einzelnen Bereiche sowie eine Aufstellung der laufenden Kosten eine unabdingbare Grundlage für Einsparmaßnahmen. Im nächsten Schritt muss ein Konzept für Maßnahmen erstellt werden, welches eine größtmögliche Wirtschaftlichkeit unter Berücksichtigung der Finanzierungsmöglichkeiten ermöglicht. Hierbei sind sowohl Maßnahmen zu Austausch ineffizienter Leuchten als auch innovative Steuerungssysteme inbegriffen.

### **17.1.6. Verkehr**

(s. Kapitel 7 Verkehr)

Neben den Bereichen Öffentlichkeitsarbeit und Förderungen sind strukturelle Veränderungen notwendig, um im Sektor Verkehr eine „Minderung der CO<sub>2</sub>-Emission zu bewirken. Dazu gehören die Verbesserung des innerörtlichen öffentlichen Personenverkehrs sowie die Bereitstellung elektrisch angetriebener Kleinfahrzeuge wie Pedelecs, EBikes u.ä. Parallel dazu müssen Möglichkeiten zur Verringerung des motorisierten Individualverkehrs im Ortskern gefunden werden, wie zum Beispiel eine Verringerung der Parkmöglichkeiten oder Erhöhung der Parkgebühren.



### 17.1.7. Kläranlage

(s. Kapitel 11 Kläranlage)

Die Kläranlage ist derzeit ein nicht zu unterschätzender Energieverbraucher. Mit heutiger Technik ist es möglich, dass Kläranlagen mit positiver Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz arbeiten. Die Kläranlage wird im Rahmen des Förderprogramms „Energieanalysen vom kommunalen Kläranlagen“ von einem Büro auf Optimierungsmöglichkeiten hinsichtlich Kosten und Energie untersucht. Die Ergebnisse sollten schnellstmöglich umgesetzt und evtl. durch weitere Maßnahmen ergänzt werden. Die Verwertung des Klärschlammes mittels hydrothormaler Karbonisierung sollte unbedingt geprüft werden (die „Stadtentwässerung Kaiserslautern“ hat eine derartige Anlage im Betrieb)

### 17.1.8. Energiestruktur

(s. Kapitel 12 Energiestruktur)

Für den effektiven Einsatz von regenerativ betriebenen Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung (gleichzeitige Erzeugung von Strom und Wärme) bieten sich Nahwärmenetze an. Der Aufbau von regenerativ betriebenen Wärmenetzen in den dicht bebauten Gebieten sollte in naher Zukunft angestrebt werden. Der Ortskern ist hierzu aus wirtschaftlichen und repräsentativen Gründen besonders gut geeignet und sollte daher als erstes Wärmenetz umgesetzt werden.

### 17.1.9. Öffentlichkeitsarbeit

(s. Kapitel 13 Öffentlichkeitsarbeit)

Die Öffentlichkeitsarbeit ist ein wichtiger Baustein zum Erfolg des Klimaschutzkonzeptes. Vor und während der gesamten Umsetzung ist eine intensive und strukturierte Öffentlichkeitsarbeit notwendig, um über alle Sektoren das vorgegebene Ziel zu erreichen. Der Aufbau eines Konzeptes und einer Struktur für die Öffentlichkeitsarbeit ist mit höchster Priorität anzusetzen.

### 17.1.10. Organisation

(s. auch Kapitel 14 Controlling-Konzept)

Die Gemeindeverwaltung muss neben der alltäglichen Arbeit die Umsetzung des Klimaschutzkonzeptes organisieren. Der genaue zeitliche Ablauf, das Budget, die Öffentlichkeitsarbeit und der Fortschritt müssen geplant und dokumentiert werden. Dazu kommt das für die gemeindeeigenen Gebäude notwendige Liegenschaftsmanagement, welches zur Reduzierung des Energieverbrauchs und der laufenden Kosten eine wichtige Rolle spielt. Um einen kontinuierlichen Fortschritt bei der CO<sub>2</sub>-Minderung und geringe laufende Kosten gewährleisten zu können, muss eine geeignete, für die genannten Aufgaben zuständige Person festgelegt, und mit den notwendigen Kompetenzen (s. Controlling) ausgestattet werden. Der Umfang der genannten Aufgaben liegt bei



Gemeinden der Größe Veitshöchheims bei etwa 20 Stunden pro Woche, so dass der Einsatz eines externen Klimaschutzmanagers empfehlenswert ist.

## 17.2. Zeitplan

Abbildung 17.2.1: Übersicht zeitliche Struktur

(eine vergrößerte Ausführung der Abbildung 17.2.1 findet sich im Anhang)

### 17.2.1. Erklärung der Maßnahmen

#### Organisation:

- **Klimaschutzmanager:** Einsetzen einer zuständigen Person zur Umsetzung der Klimaschutzkonzeptes (2011)
- **Liegenschaftsmanagement:** Erfassen, Dokumentieren, Analysieren und Optimieren von Energieverbrauch, laufenden Kosten und sonstigen notwendigen Maßnahmen (2012)
- **Dokumentation, Fortschreibung und Analyse des aktuellen Stands:** Controlling des Klimaschutzkonzeptes (2012)

#### Öffentlichkeitsarbeit:

- **Internetauftritt:** Aufbau einer Internetseite zum Thema Klimaschutzkonzept (2011)
- **Schulprojekte, Veranstaltungen, Veröffentlichungen:** breit angelegte Öffentlichkeitsarbeit über verschiedene Medien (2012)
- **Kooperation / Partnerschaften:** Organisation von Partnerschaften, Sponsorensuche, u.s.w. (2012)

#### Energiestruktur:

- **Projekt „Solarfonds / BürgerSolarDach“:** Aufbau eines groß angelegten Projektes als Anreiz für Photovoltaikanlagen auf geeigneten Dächern (2012)
- **Machbarkeitsstudie Biomasse:** Ausarbeiten der Möglichkeiten, inwiefern auf dem Gemeindegebiet Biomasse zur Energieerzeugung angebaut und genutzt werden kann (2012)
- **Nutzung von Biomasse als Energieträger:** schrittweises Umstellen von Wärmerezeugern auf Biomasse (kurzfristig: 2016-2020)



- **Nahwärmenetz Ortskern:** Aufbau eines Wärmenetzes im Ortskern mit regenerativem Energieerzeuger (2013)
- **Aufbau neuer Wärmenetze / Erweiterung bestehender Netze:** schrittweiser Auf- und Ausbau von Wärmenetzen in geeigneten Gebieten (kurzfristig: 2016-2020)

#### Kläranlage:

- **Ergebnisse der beauftragten Energieanalyse:** Einbinden der Ergebnisse der beauftragten Energieanalyse in das Konzept (2011)
- **Umsetzung der Ergebnisse der Energieanalyse:** Umsetzen von aus der Energieanalyse hervorgehenden Sofortmaßnahmen zur Verringerung des Energieverbrauchs der Kläranlage (2012)
- **„Kläranlage als „Energieerzeuger“:** Entwicklung eines konkreten Konzeptes für eine positive Energiebilanz der Kläranlage (kurzfristig: 2016-2020)

#### Verkehr

- **Strukturierung ÖPNV:** Verbesserung des öffentlichen Personennahverkehr auf dem Gemeindegebiet, vor allem im Binnenverkehr (innerhalb des Ortes) zur Erhöhung der Attraktivität (2012)
- **Aufbau eines Pedelec-Verleihs** (Fahrräder mit Elektro-Unterstützung) mit Ladestationen. Diese können zuerst als touristische Attraktion gesehen werden, dann für den Allgemeingebrauch ausgebaut werden. Ergänzend ist auch der Einsatz von E-Bikes (Elektromotorrad, -roller) als ergänzende Alternative zu Gemeindefahrzeugen möglich (2013)
- **Vorbereiten der Infrastruktur für Elektromobilität:** die in Zukunft immer stärker aufkommende Elektromobilität benötigt eine Infrastruktur für die Ladevorgänge. Ein Konzept und vorbereitende Maßnahmen sind für einen schnell wachsenden Anteil von Elektrofahrzeugen notwendig (2014)
- **Schrittweises Umstellen auf Elektromobilität:** Umstellen der Gemeindefahrzeuge auf elektrisch betriebene Fahrzeuge, Schaffen einer guten Infrastruktur zur Unterstützung der Umstellung auf Elektrofahrzeuge in der Bevölkerung (kurzfristig: 2016-2020)

#### Straßenbeleuchtung:

- **Bestandsaufnahme / Analyse:** detaillierte Aufnahme und Analyse des Leuchtenbestands als Grundlage für ein Optimierungskonzept (2011)
- **Schrittweise Umsetzung:** gruppenweiser Austausch von Leuchten. Einbau von effektiven Leuchten mit niedrigem Energieverbrauch und geringen Instandsetzungskosten, Optimieren der Steuerung einzelner Gebiete, Straßen (2012)

#### Gewerbe:

- **Kooperation / Partnerschaften:** Organisation von Partnerschaften, Sponsorsuche, usw. (2012)
- **Wettbewerbe CO<sub>2</sub>-Maßnahmen:** Als Anreiz für Unternehmen und Institutionen sollte ein jährlicher Preis für innovative Maßnahmen oder Aktionen zur CO<sub>2</sub>-Minderung verliehen werden (2014)

#### Einzelgebäude:

- **Kooperation / Partnerschaften:** Organisation von Partnerschaften, Sponsorsuche, u.s.w. (2012)



- **Wettbewerbe CO<sub>2</sub>-Maßnahmen:** Als Anreiz für Unternehmen und Institutionen sollte ein jährlicher Preis für innovative Maßnahmen oder Aktionen zur CO<sub>2</sub>-Minderung verliehen werden (2014)

#### Wohnquartiere:

- **Satzung Neubaugebiete:** Aufstellen einer zukunftsfähigen Satzung für die geplanten Neubaugebiete (Empfehlung: Passivhausstandard) (2011)
- **Energieberatungen:** Ausbau und Überarbeitung der bereits angebotenen Energieberatungen für private Bauherren (2011)
- **Gemeindeeigene Förderprogramme:** Entwickeln von gemeindeeigenen Förderprogrammen als Anreiz für ganzheitliche, optimierte Sanierungen (2012)

#### eigene Liegenschaften:

- **Festlegen von Energiestandards:** Festlegen von Energiestandards für zukünftige Neubauten und Sanierungen gemeindeeigener Gebäude (2011)
- **Schrittweise Sanierung aller gemeindeeigener Wohngebäude:** möglichst zeitnahe Sanierung aller gemeindeeigenen Wohngebäude mit dem festgelegten Energiestandard (2012)
- **Sanierung Liegenschaften:** Sanierung der Liegenschaften aus dem Teilkonzept Liegenschaften (2012)

Die vorgeschlagenen Maßnahmen sind als Grundgerüst zu verstehen, und sollten an die technische Entwicklung sowie an neue Erkenntnisse und Randbedingungen angepasst werden. Oft ergeben sich bei konkreten Planungen unvorhergesehene Schwierigkeiten oder auch Möglichkeiten, auf die angemessen reagiert werden sollte. Auch die Finanzierungsmöglichkeiten sind ein wichtiger Faktor, der einen großen Einfluss auf den Umfang und die zeitliche Struktur der vorgeschlagenen Maßnahmen haben kann.

### 17.3. Fördermöglichkeiten

Im Rahmen der Klimaschutzinitiative gibt es einen Zuschuss für eine „beratende Begleitung bei der Umsetzung von Klimaschutzkonzepten oder Teilkonzepten. (s. Anhang)

Weiterhin gibt es einen Zuschuss für die „beratende Begleitung bei der Einführung und Weiterführung von Energiesparmodellen in Schulen und Kindertagesstätten“. (s. Anhang)

Die Fördermöglichkeiten für die einzelnen Sektoren sind in den entsprechenden Kapiteln bzw. im Anhang dargestellt.





# 18. Verzeichnisse

---

## 18.1. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1.1: CO <sub>2</sub> -Emissionen in Deutschland; Entwicklung und Ziele (Quelle: Bundesumweltamt, BMU).....	8
Abbildung 3.1.1: Struktur Veitshöchheim .....	11
Abbildung 4.1.1: Luftbild Altort (Quelle: Bing maps) .....	15
Abbildung 4.1.2: typische Wohnbebauung im Altort von Veitshöchheim (Quelle: Architekturbüro Haase).....	15
Abbildung 4.1.3: Luftbild Schenkenfeld (Quelle: Bing maps).....	16
Abbildung 4.1.4: typische Wohngebäude im Quartier Schenkenfeld (Quelle: Architekturbüro Haase) .....	16
Abbildung 4.1.5: Luftbild Setz (Quelle: bing maps).....	17
Abbildung 4.1.6: Wohnhäuser im Bereich Setz (Quelle: Architekturbüro Haase) .....	17
Abbildung 4.1.7: Luftbild Gartensiedlung (Quelle: bing maps) .....	18
Abbildung 4.1.8: typische Wohnbebauung im südlichen Teil der Gartensiedlung (Quelle: Architekturbüro Haase).....	18
Abbildung 4.1.9: Einfamilienhäuser im Neubaugebiet Danziger Straße/Prager Straße (Quelle: Architekturbüro Haase).....	18
Abbildung 4.1.10: Luftbild Speckert (Quelle: bing maps).....	19
Abbildung 4.1.11: typische Wohngebäude im Quartier Speckert (Quelle: Architekturbüro Haase) ....	19
Abbildung 4.1.12: Luftbild Hofweg (Quelle: bing maps) .....	20
Abbildung 4.1.13: Wohnhäuser im Bereich Beethovenstraße (Quelle: Architekturbüro Haase) .....	20
Abbildung 4.1.14: Wohnbebauung in der Sendelbachstraße (Quelle: Architekturbüro Haase).....	20
Abbildung 4.1.15: Luftbild Birkental (Quelle: bing maps) .....	21
Abbildung 4.1.16: typische Wohnkomplexe im Birkental (Quelle: Architekturbüro Haase) .....	21
Abbildung 4.1.17: energetische Einstufung der Wohngebiete .....	22



Abbildung 5.2.1: Luftbild Turnverein (Quelle: bing maps) .....	27
Abbildung 5.2.2: Luftbild LWG (Quelle: bing maps) .....	28
Abbildung 5.2.3: Luftbild Markushof (Quelle: bing maps) .....	29
Abbildung 5.2.4: Luftbild Landkreisgymnasium (Quelle: bing maps).....	29
Abbildung 5.2.5: Luftbild Ruper-Egenberger-Schule (Quelle: Bing maps) .....	30
Abbildung 5.2.6: Luftbild Liegenschaften St. Vitus (Quelle: Bing maps) .....	30
Abbildung 5.2.7: Eingang Wegmann automotive (Quelle: AB Haase) .....	31
Abbildung 5.2.8: Wohngebäude Heidenfelder Straße (Quelle: AB Haase) .....	31
Abbildung 6.1.1: Anteil der Straßenbeleuchtung am kommunalen Stromverbrauch (Quelle: Sächsische Energieagentur: Energieeffiziente Straßenbeleuchtung / AB Haase) .....	33
Abbildung 6.1.2: Lichtemissionen unterschiedlicher Leuchtentypen (Quelle: Schweizerische Agentur für Energieeffizienz: Straßenbeleuchtung, 2008).....	35
Abbildung 6.1.3: Eigenschaften verschiedener Lampentypen (Quelle: Umweltministerium Baden-Württemberg: Effizientere Straßenbeleuchtung, 2009) .....	37
Abbildung 6.1.4: LED-Straßenbeleuchtung in Darmstadt (Quelle: Siteco).....	39
Abbildung 6.1.5: Entwicklung der Lichtausbeute von Lampen Quelle: Schweizerische Agentur für Energieeffiziente Straßenbeleuchtung, 2009) .....	39
Abbildung 6.1.6: Kostenanteile der öffentlichen Straßenbeleuchtung (Quelle: Präsentation Stadtwerke Herne, Deutscher Städte- und Gemeindebund) .....	43
Abbildung 6.4.1: Wirtschaftlichkeit von effektiver Straßenbeleuchtung.....	49
Abbildung 7.1.1: Entwicklung CO2-Emission im Verkehr (Quelle: CO2-Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland, Bundesumweltamt).....	56
Abbildung 7.2.1: Taktung Busse WVV Würzburg - Ortsmitte .....	58
Abbildung 7.2.2: Taktung Busse WVV Würzburg - Birkental.....	59
Abbildung 7.2.3: Taktung Busse WVV Würzburg Gartensiedlung.....	59
Abbildung 7.2.4: Auslastung der Buslinien zwischen Veitshöchheim und Würzburg.....	60
Abbildung 7.2.5: Anteil an zurückgelegten km im Binnenverkehr Vhh (Daten zur Grafik: Verkehrskonzept Vhh) .....	61
Abbildung 7.2.6: Anteil der zurückgelegten km im Binnenverkehr Vhh nach Weglängen (Daten zur Grafik: Verkehrskonzept Gemeinde Veitshöchheim).....	61
Abbildung 7.3.1: Verteilung Einkaufsmärkte.....	64



Abbildung 7.3.2: Einfluss verschiedener Maßnahmen untereinander (Quelle: Architekturbüro Haase) .....	67
Abbildung 8.1.1: Verteilung der CO <sub>2</sub> -Verursacher in Veitshöchheim.....	69
Abbildung 8.2.1: Verteilung der CO <sub>2</sub> -Emissionen auf dem Gemeindegebiet.....	70
Abbildung 8.2.2: jährliche CO <sub>2</sub> -Emission Veitshöchheim .....	71
Abbildung 9.1.1: Leistung und Stromerzeugung aus PV-Anlagen in Deutschland (Quelle: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Erneuerbare Energien 2008 in Deutschland, 2009; S. 31).....	73
Abbildung 9.1.2: Internetseite des Solarkatasters von Wiesbaden .....	76
Abbildung 9.1.3: Kostenentwicklung für eine schlüsselfertige Photovoltaikanlage (Quelle: deutsche Gesellschaft für Solarenergie, Bundesverband Solarwirtschaft, Stand 06/10).....	77
Abbildung 9.1.4: Solarkarte (Quelle: Architekturbüro Haase) .....	78
Abbildung 9.2.1: Solarthermie auf Wohnhäusern in Veitshöchheim (Quelle: Architekturbüro Haase)	80
Abbildung 9.3.1: Brennholzstapel in Veitshöchheim (Quelle: Architekturbüro Haase).....	83
Abbildung 9.4.1: Geothermie in Deutschland .....	88
Abbildung 9.5.1: mittlere Windgeschwindigkeit in 10 m über Grund .....	90
Abbildung 9.6.1: Turbinenleistung von Strömungsturbinen mit gleichem Wirkungsgrad .....	91
Abbildung 9.7.1: Dachflächeneignung für solare Nutzung (Quelle: Architekturbüro Haase).....	92
Abbildung 10.1.1: Varianten der Energieerzeugung mit Wärmepumpen (Quelle: EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie: Heizen und Kühlen mit Abwasser) .....	96
Abbildung 10.1.2: Schema kaltes und warmes Nahwärmenetz (Quelle: Energieschweiz, Bundesamt für Energie: Heizen und Kühlen mit Abwasser).....	97
Abbildung 10.1.3: Einbringen des Wärmetauschers in einen bestehenden Kanal und vorgefertigtes Kanalelement (Quellen: EBM, Rabtherm).....	98
Abbildung 10.1.4: Überblick über die Verfahren zur Nutzung von Abwasserwärme (Quelle: EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie: Heizen und Kühlen mit Abwasser) .....	99
Abbildung 10.2.1: Abwassersystem Veitshöchheim (Quelle: Gemeinde Veitshöchheim).....	103
Abbildung 10.3.1: Temperaturkurve Main 2009 (Quelle: NID; bayerisches Landesamt für Umwelt)	104
Abbildung 11.1.1: Aufbau einer Kläranlage (Quelle: Wasserwirtschaftsamt Kempten: <a href="http://www.wwa-ke.bayern.de">www.wwa-ke.bayern.de</a> ).....	112
Abbildung 11.2.1: Luftbild Kläranlage Veitshöchheim (Quelle: Abwasserzweckverband „Maintal- Würzburg“: Broschüre Abwasser-Reinigungs-Anlage).....	114



Abbildung 11.2.2: Gasbehälter der Kläranlage (Quelle: Architekturbüro Haase).....	114
Abbildung 11.2.3: momentane Energieerzeugung und Energiebezug sowie Betriebskosten der Kläranlage Veitshöchheim (Architekturbüro Haase).....	115
Abbildung 11.4.1:mögliche zukünftige Stromversorgung der Kläranlage (Architekturbüro Haase) ..	118
Abbildung 12.1.1:Jahresertrag Photovoltaik bei Südausrichtung und 45° Neigung (Quelle: Architekturbüro Werner Haase).....	120
Abbildung 12.1.2: Jahresertrag Solarthermie bei ganzjährig vollständiger Wärmeabnahme (Quelle: Architekturbüro Haase).....	120
Abbildung 12.1.3:typischer Jahresverlauf für Heizwärme eines normal gedämmten Gebäudes (Quelle: Architekturbüro Haase).....	121
Abbildung 12.1.4: typischer Jahresverlauf der Erträge durch Windkraftanlagen (Daten aus: IWR Windenergie).....	121
Abbildung 12.1.5: Jahresverlauf Warmwasser, vereinfachte Darstellung (Quelle: Architekturbüro Haase).....	122
Abbildung 12.1.6: typische Verteilung des Kühlbedarfs eines Bürogebäudes (Quelle: Architekturbüro Haase).....	122
Abbildung 12.2.1: wichtige Einzelgebäude .....	123
Abbildung 12.2.2:Bereiche hoher Verbrauchsdichte .....	123
Abbildung 12.2.3: Überlagerung Einzelgebäude / Verbrauchsdichte .....	124
Abbildung 12.2.4: mögliche Wärmenetze.....	124
Abbildung 12.4.1: Wärmeerzeuger .....	126
Abbildung 12.4.2: Energiestruktur .....	126
Abbildung 12.4.3: mögliches Nahwärmenetz Ortskern .....	127
Abbildung 14.1.1 Funktionsschema Controlling (Quelle: AB Haase) .....	134
Abbildung 14.3.1: Dokumentationsstruktur für eine tabellenunterstützte Datenverarbeitung (AB Haase).....	136
Abbildung 14.3.2: Struktur eines Internetbasierten Controlling-Konzeptes (Quelle: Siemens Broschüre: Energy Monitoring & Controlling (EMC)).....	137
Abbildung 16.3.1: Schema regionale Wertschöpfung (Quelle: Architekturbüro Haase) .....	145
Abbildung 17.2.1: Übersicht zeitliche Struktur .....	150



## 18.2. Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.2.1: Flächennutzung in Veitshöchheim (Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung) .....	12
Tabelle 3.3.1: Entwicklung der Bevölkerungszahl von Veitshöchheim (Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung) .....	13
Tabelle 3.4.1: Wohngebäude und Wohnflächen in Veitshöchheim (Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung) .....	13
Tabelle 6.3.1: Kennwerte der Beleuchtung für eine Straßenbreite von 5,5 m (Quelle: Umweltbundesamt: Bundeswettbewerb energieeffiziente Stadtbeleuchtung. Sammlung energieeffizienter Techniken für die Stadtbeleuchtung, 2009) .....	46
Tabelle 6.3.2: Kennwerte der Beleuchtung für eine Straßenbreite von 6,5 m (Quelle: Umweltbundesamt: Bundeswettbewerb energieeffiziente Stadtbeleuchtung. Sammlung energieeffizienter Techniken für die Stadtbeleuchtung, 2009) .....	46
Tabelle 6.3.3: Kennwerte der Beleuchtung für eine Straßenbreite von 7,5 m (Quelle: Umweltbundesamt: Bundeswettbewerb energieeffiziente Stadtbeleuchtung. Sammlung energieeffizienter Techniken für die Stadtbeleuchtung, 2009) .....	47
Tabelle 7.1.1: Vergleich der spezifischen CO <sub>2</sub> -Emissionen im Personenverkehr (Quelle: CO <sub>2</sub> -Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland, Bundesumweltamt).....	56
Tabelle 7.1.2: Vergleich der spezifischen CO <sub>2</sub> -Emissionen im Güterverkehr (Quelle: CO <sub>2</sub> -Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland, Bundesumweltamt).....	57
Tabelle 9.1.1: Berechnung des Anteils der für Photovoltaik nutzbaren Dachfläche.....	74
Tabelle 9.1.2: Berechnung des Energiepotentials von Photovoltaik in Veitshöchheim.....	75
Tabelle 9.1.3: Einsparpotential von CO <sub>2</sub> durch Photovoltaiknutzung in Veitshöchheim .....	75
Tabelle 9.2.1: Berechnung des Energiepotentials von Solarthermie in Veitshöchheim .....	81
Tabelle 9.2.2: Einsparpotential von CO <sub>2</sub> durch Solarthermie in Veitshöchheim.....	81
Tabelle 9.3.1: Berechnung des Energiepotentials von Waldholz in Veitshöchheim.....	84
Tabelle 9.3.2: Einsparpotential von CO <sub>2</sub> durch Waldholz in Veitshöchheim .....	84
Tabelle 9.3.3: Berechnung des Energiepotentials von Kurzumtriebsplantagen in Veitshöchheim .....	85
Tabelle 9.3.4: Einsparpotential von CO <sub>2</sub> durch Kurzumtriebsplantagen in Veitshöchheim.....	85
Tabelle 15.2.1: Vergleich der Richtwerte für Einzelqualitäten.....	139
Tabelle 15.2.2: Vergleich der Richtwerte von Gesamtqualitäten .....	140



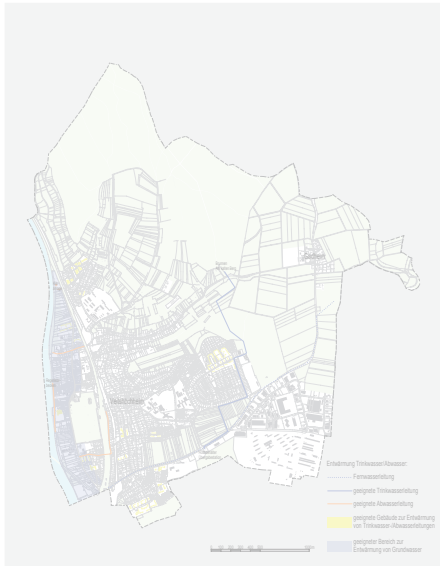
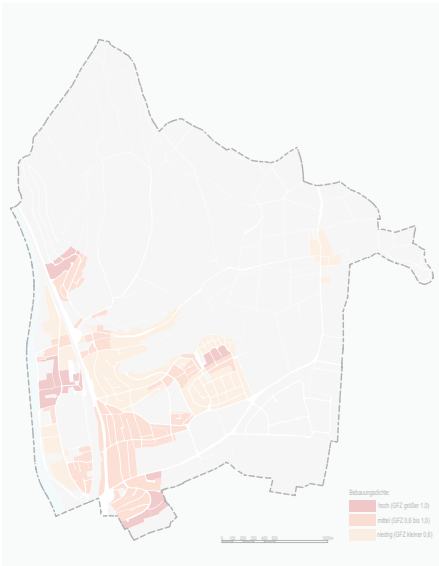
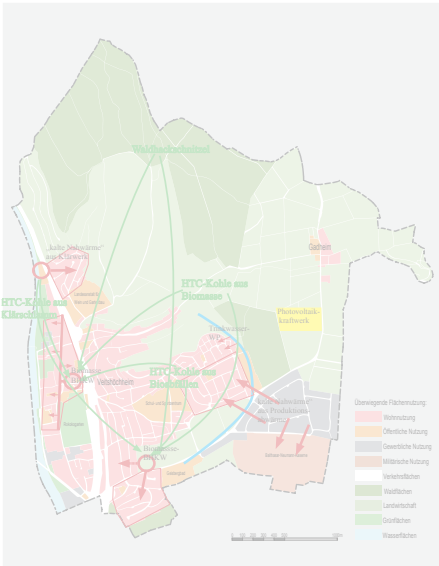
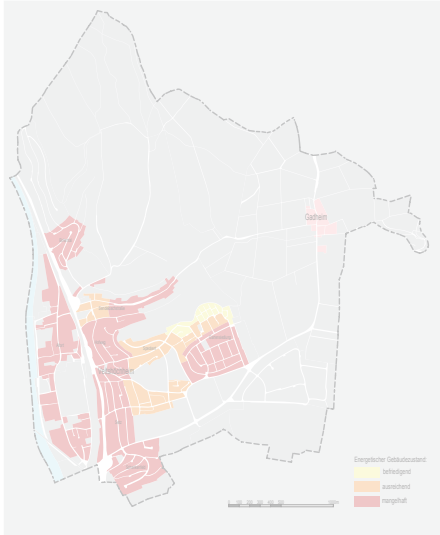
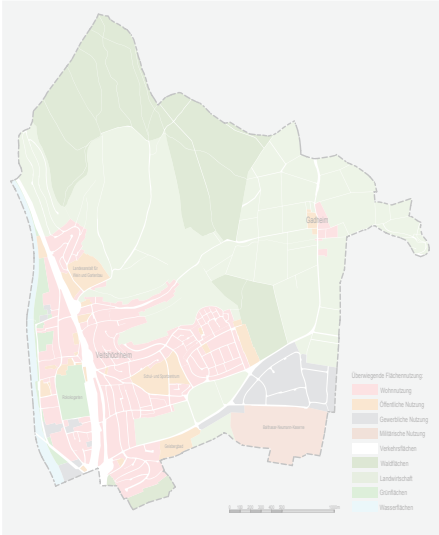
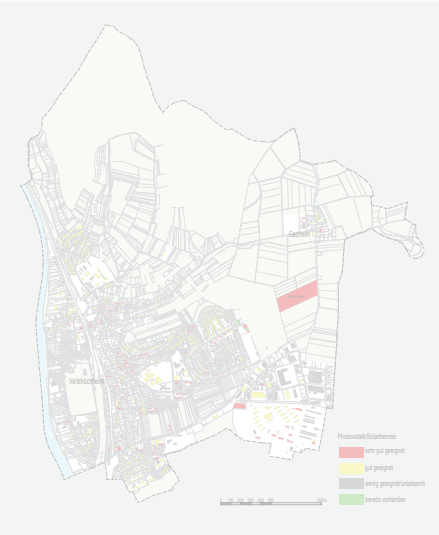
Tabelle 17.1.1: Sanierungspriorität bei den gemeindeeigenen Liegenschaften..... 147

### **18.3. Anhänge:**

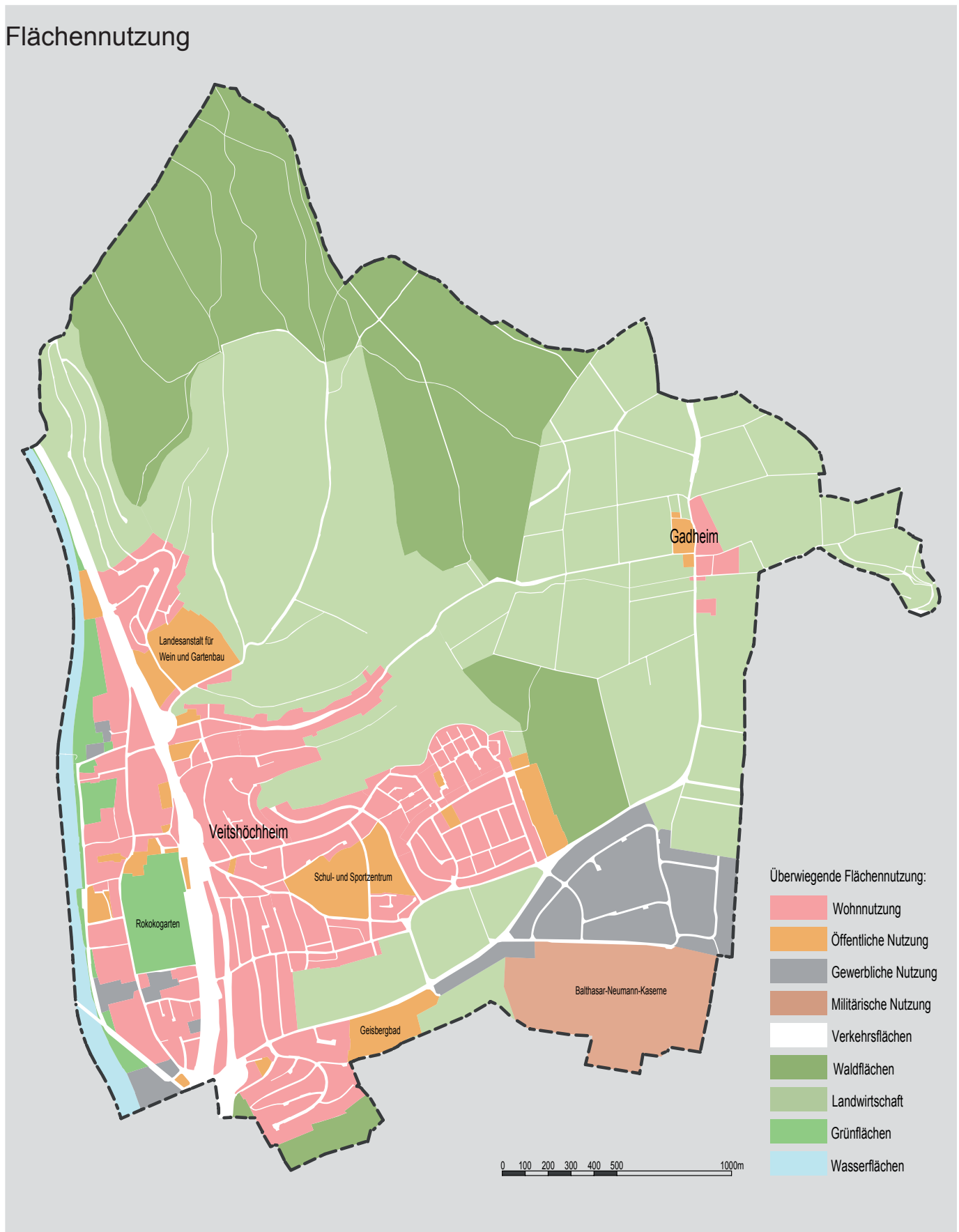
- Anhang 1:      Energiekarten
- Anhang 2:      Kurzanalysen Einzelgebäude
- Anhang 3:      Energistandards
- Anhang 4:      Zeitplan
- Anhang 5:      Wärmenetz Ortskern
- Anhang 6:      Förderprogramme



# Anhang 1 Energiekarten

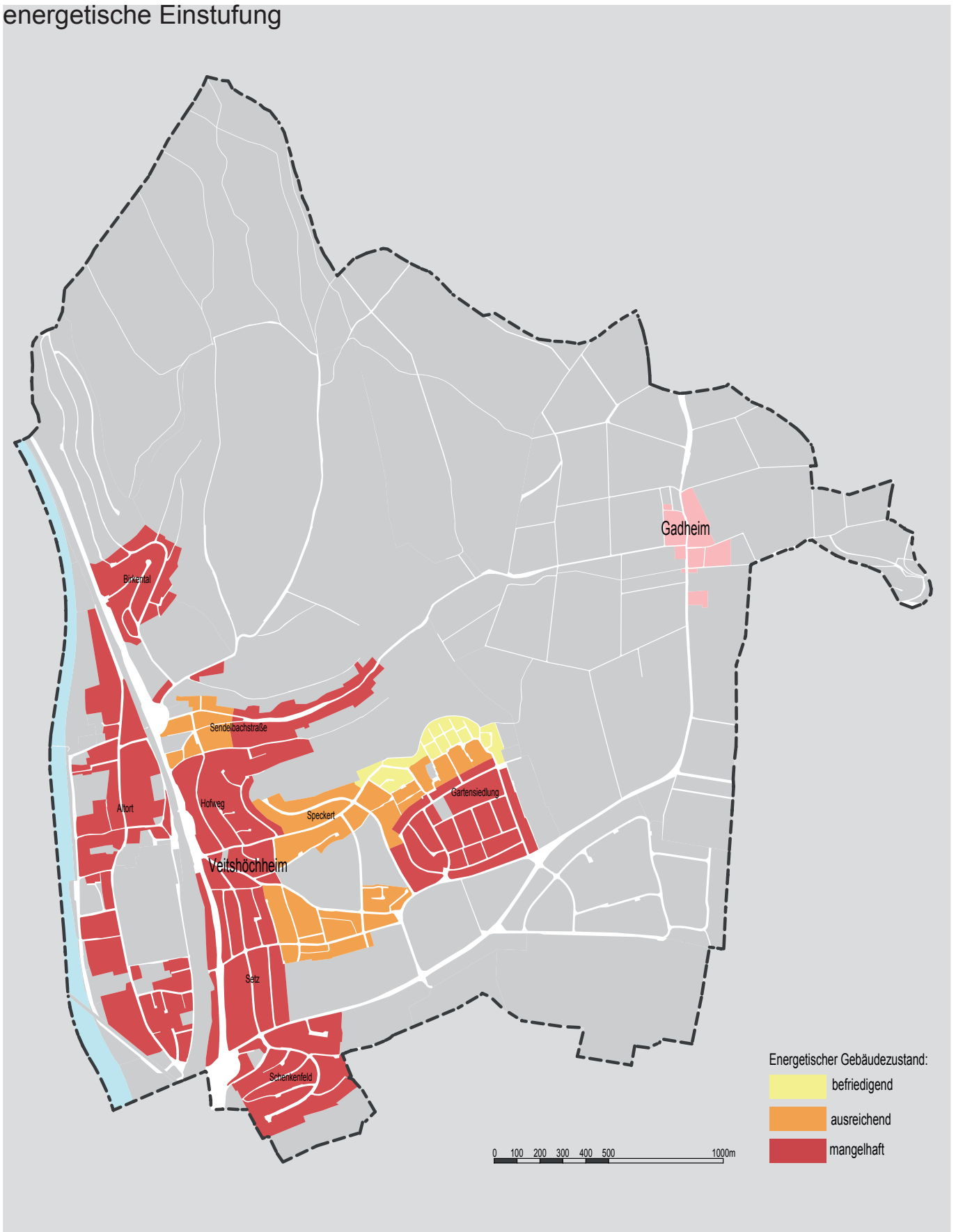


## Flächennutzung

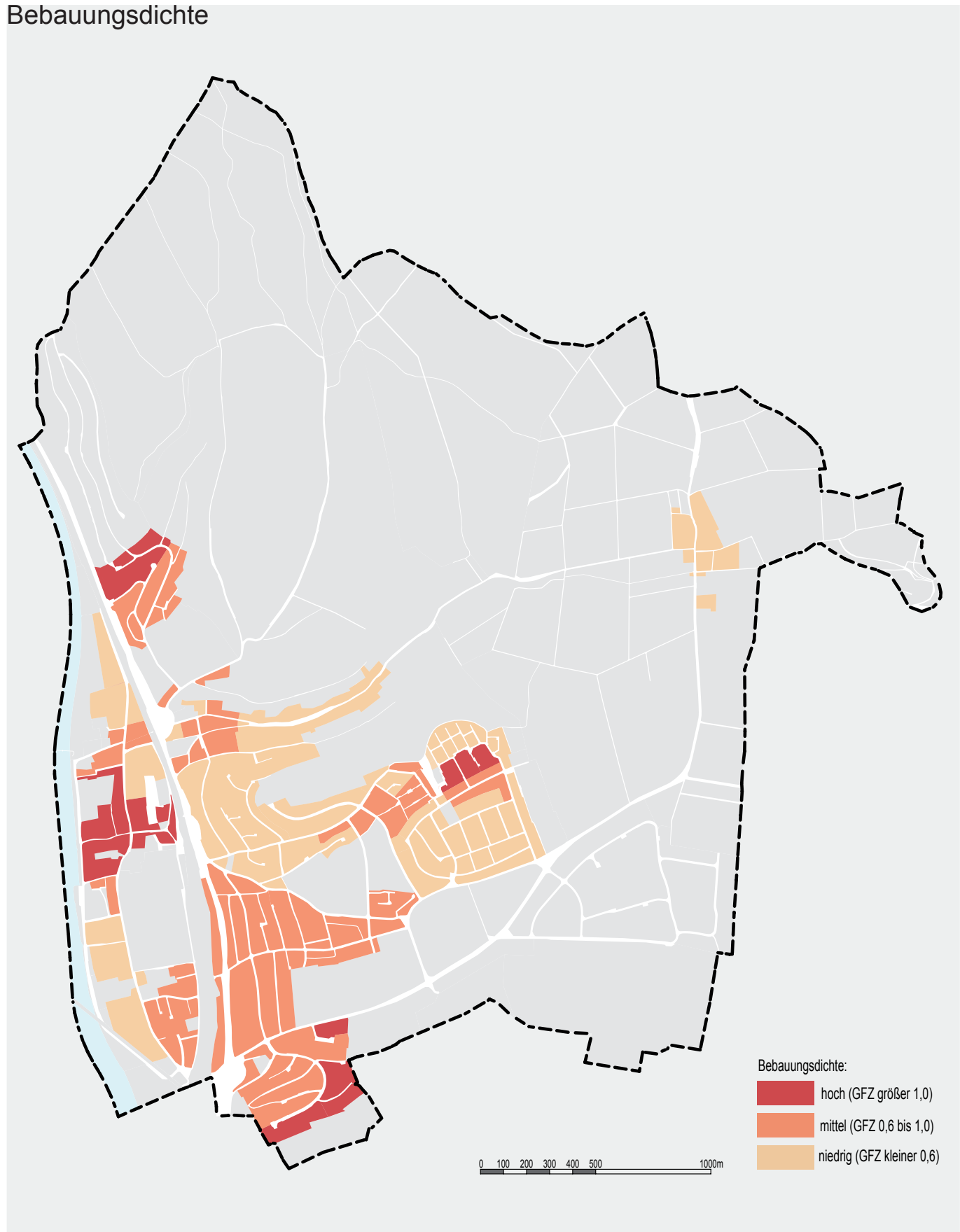




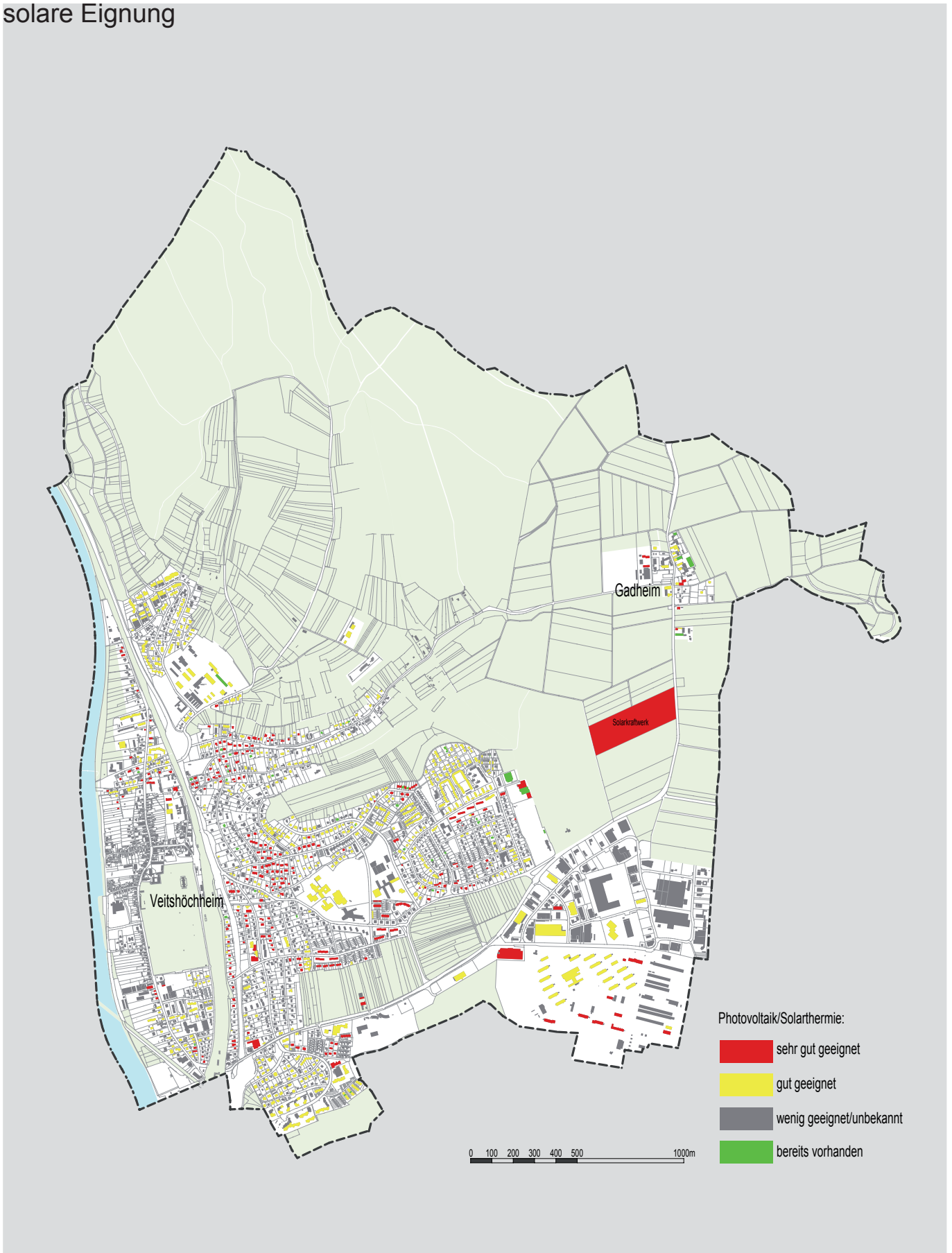
energetische Einstufung



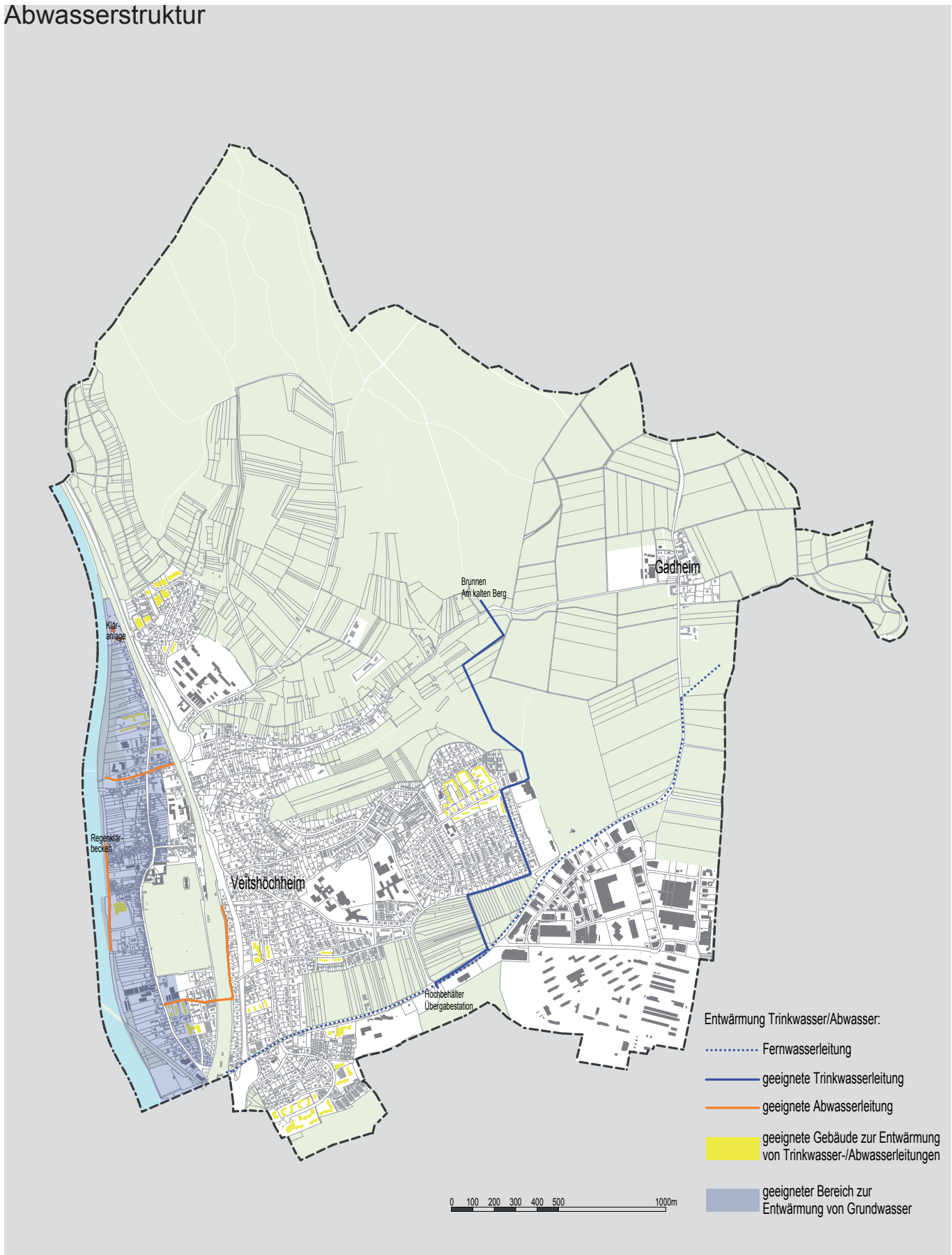
## Bebauungsdichte



solare Eignung




## Abwasserstruktur



Verbrauchsichte



 Bereiche hoher Verbrauchsichte



wichtige Einzelgebäude



Überlagerung Verbrauchsichte / wichtige Einzelgebäude





## Wärmenetze

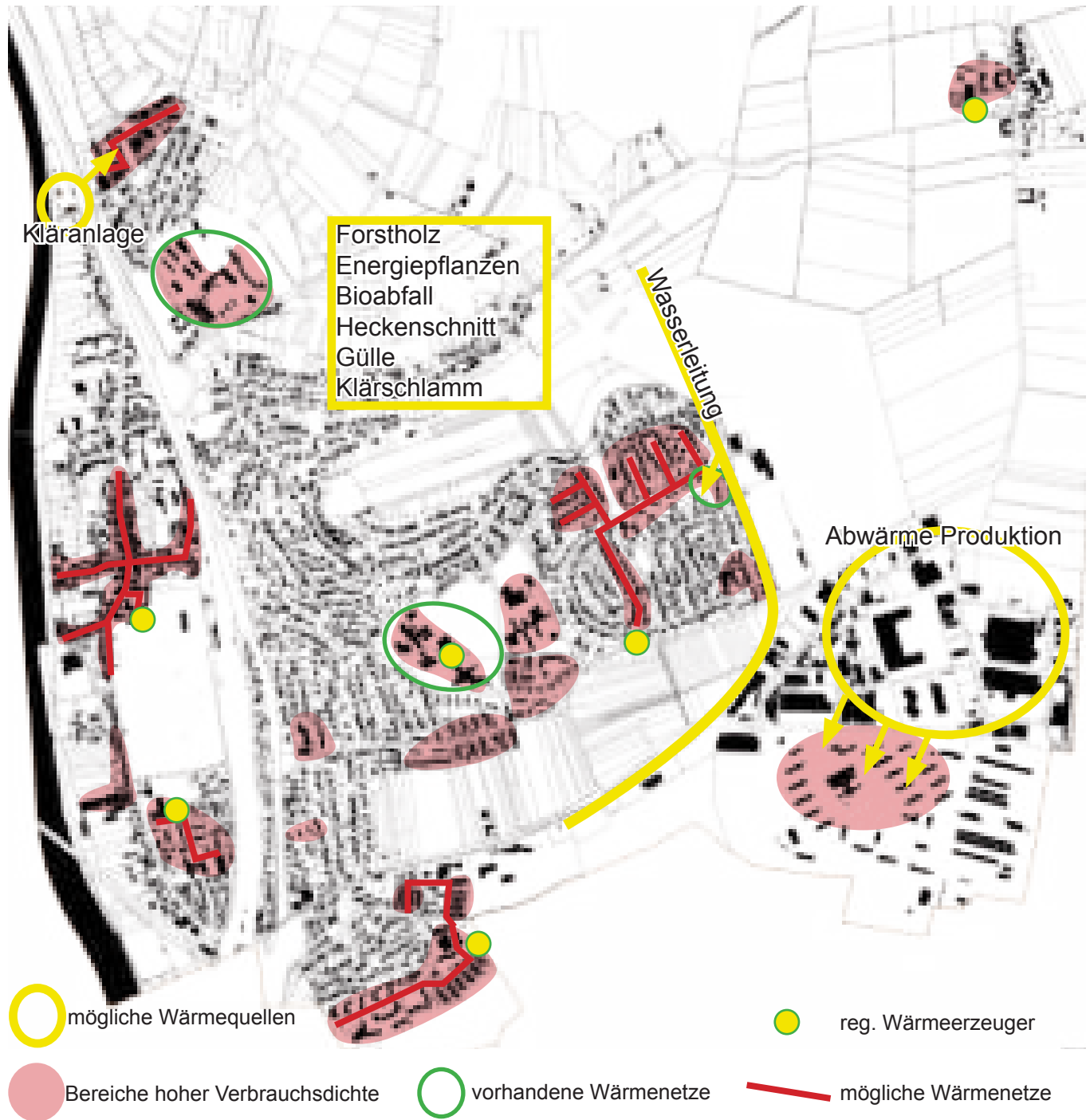




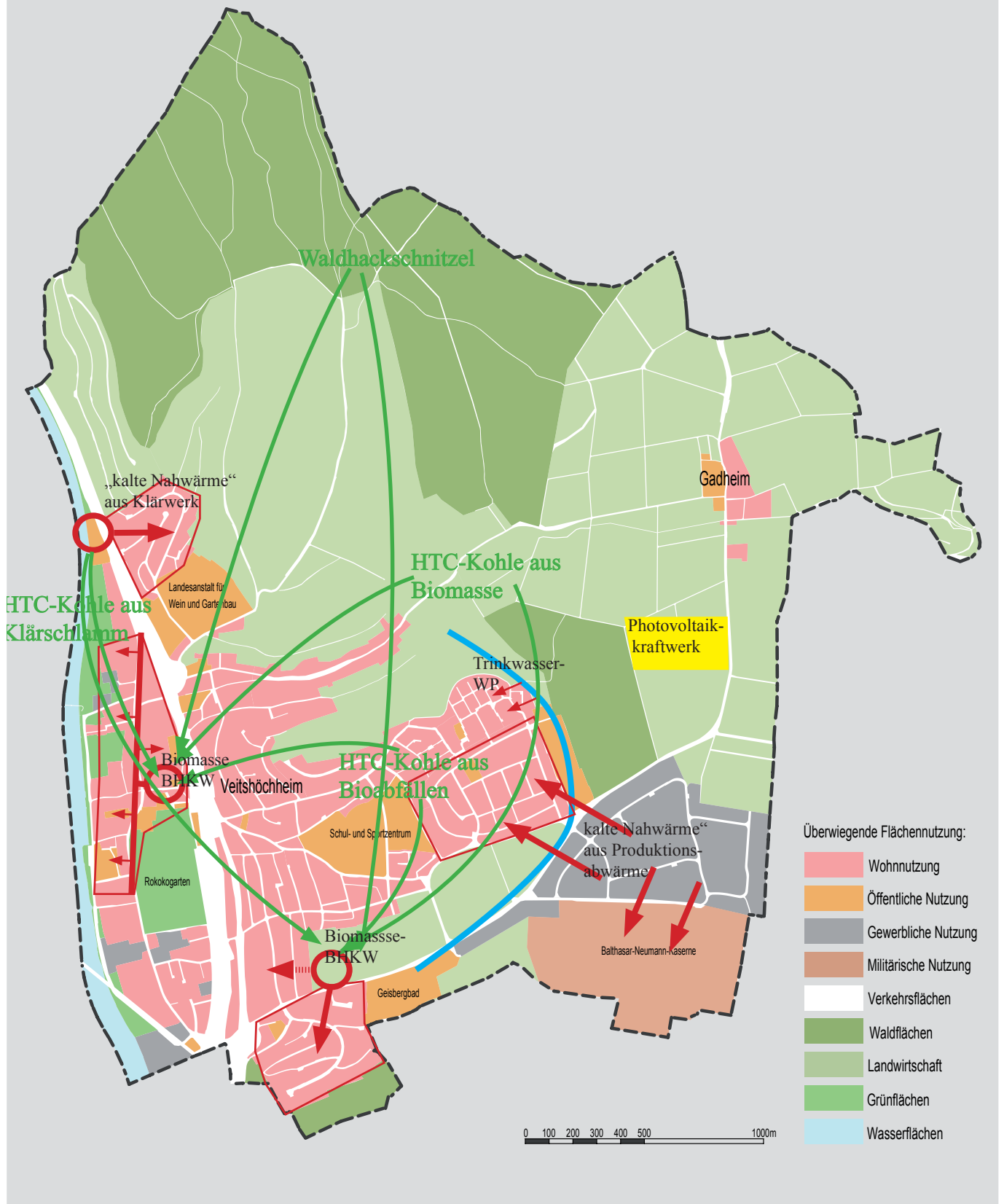
## Energiequellen



## Energiestruktur



Energiestruktur Schema





# Anhang 2 Kurzanalysen

Turnverein	Seite 2
Landesanstalt für Wein- und Gartenbau	Seite 8
Markushof Gadheim	Seite 11
Rupert-Egenberger-Schule	Seite 14
Landkreisgymnasium	Seite 17
St. Vitus	Seite 20
Wegmann automotive	Seite 23



## Turnverein

### Verbrauchsanalyse:

tatsächlicher Verbrauch

Abrechnungszeitraum	2003/2004	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009
große Halle	113420 kWh	136770 kWh	181000 kWh	98300 kWh	124388 kWh	129200 kWh
kleine Halle	61160 kWh	43950 kWh	50470 kWh	22580 kWh	84414 kWh	98100 kWh
Hauptgebäude (o. Pächter)	39770 kWh	33340 kWh	24580 kWh	22343 kWh	47150 kWh	49400 kWh
Doppeltennishalle	107156 kWh	126770 kWh	136600 kWh	96150 kWh	126084 kWh	138300 kWh
Abrechnungszeitraum	2003/2004	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009
Gesamt, Verbrauch	321506 kWh	340830 kWh	392650 kWh	239373 kWh	382036 kWh	415000 kWh
Gesamt, Kosten	12.630 €	14.120 €	19.600 €	13.500 €	21.100 €	30.180 €
Preis/kWh	0,039 €/kWh	0,041 €/kWh	0,050 €/kWh	0,056 €/kWh	0,055 €/kWh	0,073 €/kWh

tatsächliche Kosten

Abrechnungszeitraum	2003/2004	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009
große Halle	4.456 €	5.666 €	9.035 €	5.544 €	6.870 €	9.396 €
kleine Halle	2.403 €	1.821 €	2.519 €	1.273 €	4.662 €	7.134 €
Hauptgebäude (o. Pächter)	1.562 €	1.381 €	1.227 €	1.260 €	2.604 €	3.593 €
Doppeltennishalle	4.210 €	5.252 €	6.819 €	5.423 €	6.964 €	10.058 €



spezifischer Verbrauch

	Durchschnitt	NGF	spez. Verbrauch
große Halle	130513 kWh	990 m <sup>2</sup>	132 kWh/m <sup>2</sup> a
kleine Halle	91257 kWh <i>(nach Umbau)</i>	668 m <sup>2</sup>	137 kWh/m <sup>2</sup> a
Hauptgebäude (o. Pächter)	36097 kWh		
Doppeltennishalle	121843 kWh <i>geschätzt:</i>	1450 m <sup>2</sup>	84 kWh/m <sup>2</sup> a



## Turnverein

### Verbrauchsanalyse:

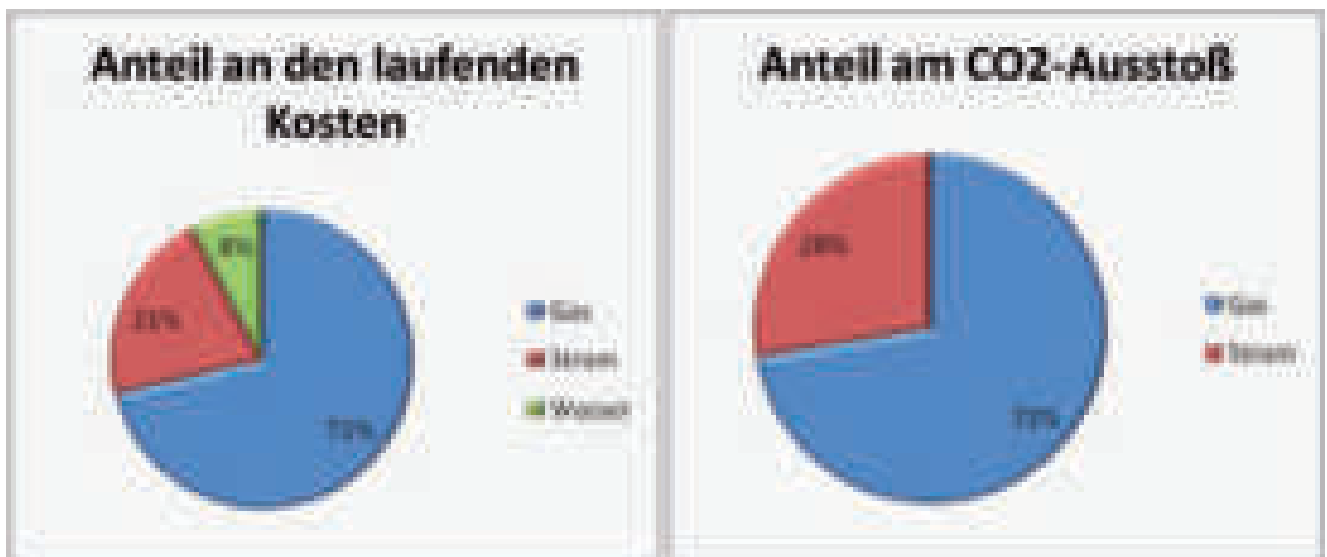
Der Gasverbrauch für Heizung und Warmwasserbereitung ist in den letzten 6 Jahren um ca. 30% gestiegen, was zum einen auf die unterschiedlich kalten Winter, zum anderen auf die Umnutzung der Rudi-Sebold-Halle zurück zu führen ist. Die Kosten hingegen sind in der gleichen Zeit um über 130% gewachsen.

Die Tennishalle ist von den spezifischen Verbrauchswerten deutlich besser als die beiden anderen Hallen. Hier besteht für energetische Maßnahmen entsprechend weniger Einsparpotential als bei den anderen Hallen. Die beiden Mehrzweckhallen sind vom spezifischen Verbrauch gleichwertig, so dass bei beiden Hallen ähnlich große Einsparmöglichkeiten vorhanden sind.

Der Anteil des Gasverbrauchs an der Trinkwarmwassererzeugung ist nicht bekannt, wird aber im Bereich von 50.000kWh (überschlägig berechnet) liegen, also bei ca. 10-15% des Gesamtverbrauchs.

laufende Kosten	Durchschnittsverbrauch	Einheitspreis 2008	Kosten
Gas	348566 kWh	0,073 €/kWh	25.349 €
Strom	42791 kWh	0,173 €/kWh	7.419 €
Wasser	1472 m <sup>3</sup>	1,89 €/m <sup>3</sup>	2.784 €

CO2-Ausstoß		Emissionsfaktor	CO2
Gas	348566 kWh	0,202 kg/kWh	70410 kg/a
Strom	42791 kWh	0,628 kg/kWh	26872 kg/a



Wie an den beiden oberen Grafiken ersichtlich, verursacht die Wärmeerzeugung über 70% der laufenden Kosten, der Anteil von Wasser/Abwasser ist mit 8% sehr gering. Beim CO2-Ausstoß liegt der Anteil der Wärmeerzeugung ebenfalls bei über 70%.

Hieraus ist ersichtlich, dass das größte Einsparpotential im Bereich der Beheizung der Hallen liegt.



## Turnverein

### große Turnhalle (Bj1980)

Außenwände: Betonskelett / Gasbeton

Fenster: Metallrahmen, einfach verglast

Dach: Faserzement Wellplatten, zementgebundene Holzfaserplatten

Lichtbänder: Kunststoff-Doppelstegplatten





## Turnverein

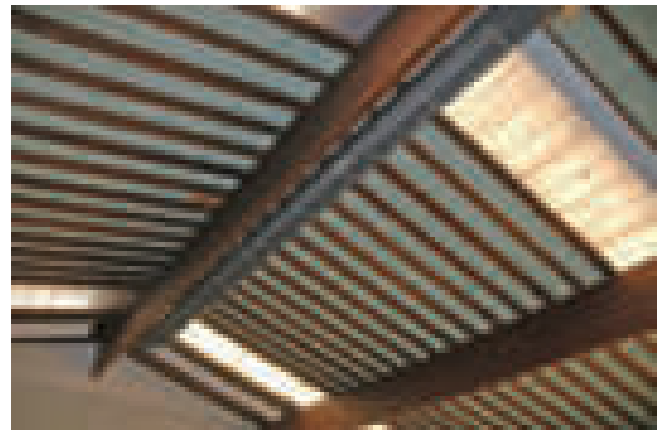
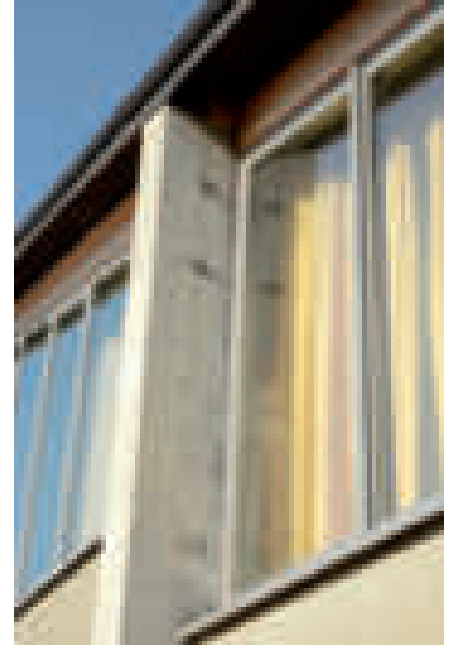
### kleine Turnhalle (Bj1980)

Außenwände: Betonskelett / Gasbeton

Fenster: Metallrahmen, zweifach verglast

Dach: Faserzement Wellplatten, zementgebundene Holzfaserplatten

Lichtbänder: Kunststoff-Doppelstegplatten



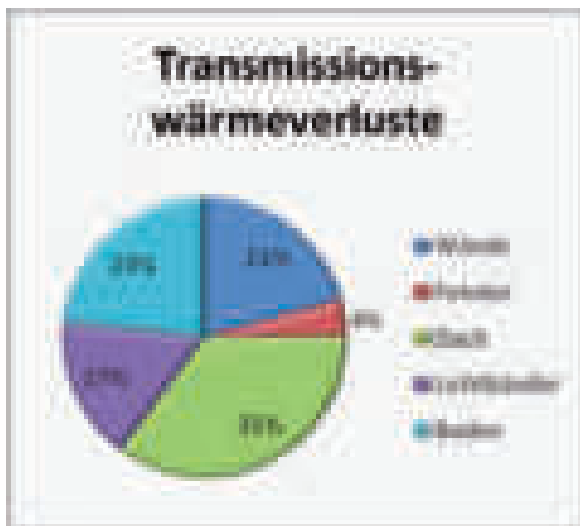
## Turnverein

### Analyse Transmissionswärmeverluste:

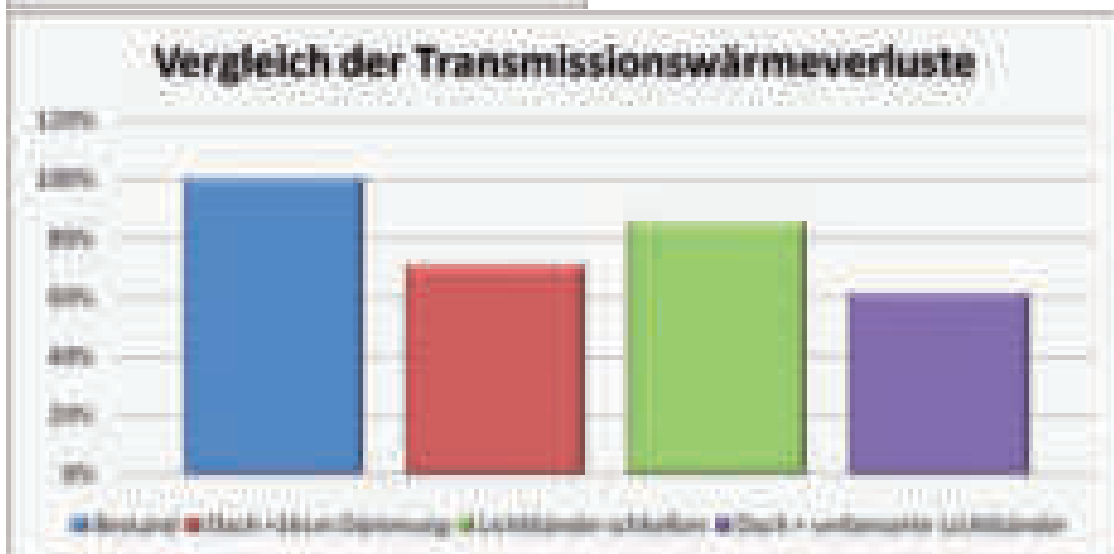
#### Aufteilung der Verluste am Beispiel kleine Turnhalle:

Ca. die Hälfte der Transmissionswärmeverluste geht durch das Hallendach und die Lichtbänder, wobei hiervon zwei Drittel durch die Dachfläche verloren geht. Das Einsparpotential ist in der Dachfläche am höchsten. Mit ca. 16cm zusätzlicher Dämmung könnte man den Wärmeverlust des Daches (ohne Lichtbänder) auf unter 20% reduzieren, der gesamten Transmissionswärmeverlust auf ca. 70%. Im Vergleich dazu reduziert eine Schließung der Lichtbänder die Transmissionswärmeverluste nur auf 85%, und hat zudem den Nachteil dass der Stromverbrauch in der Halle aufgrund der ganz-tägig notwendigen Beleuchtung zunimmt und die Einparung im Bereich der Beheizung der Gebäudes zumindest teilweise ausgleicht.

Bestand:



	Fläche	U-Wert (eff.)	Verluste
Wände	480 m <sup>2</sup>	0,90 W/m <sup>2</sup> KWände	432 W/K
Fenster	50 m <sup>2</sup>	1,80 W/m <sup>2</sup> KFenster	90 W/K
Dach	615 m <sup>2</sup>	1,20 W/m <sup>2</sup> KDach	738 W/K
Lichtbänder	115 m <sup>2</sup>	3,00 W/m <sup>2</sup> KLichtbänder	345 W/K
Boden	695 m <sup>2</sup>	0,70 W/m <sup>2</sup> KBoden	487 W/K



## Turnverein

### Zusammenfassung:

Die kleine und die große Mehrzweckhalle haben den größten Energieverbrauch. Dies liegt zum einen an der intensiven Nutzung, zum anderen an der Gebäudehülle. Diese entspricht von den U-Werten nicht mehr dem heutigen Standard und weist zudem z.T. große Undichtigkeiten auf. Vor allem über die großen Dachflächen geht viel Wärme verloren, so dass hier mit Dämmmaßnahmen der Gesamtverbrauch deutlich reduziert werden kann. In der großen Halle sind zudem die einfach verglasten Fenster mit Metallrahmen eine deutliche Schwachstelle.

Da in den Hallen keine Lüftungsanlagen mit WRG vorhanden sind, wird das große Luftvolumen unkontrolliert gegen die im Winter kalte Außenluft ausgetauscht, so dass auch hier große Wärmemengen verloren gehen.

Die Beheizung der Hallen mit Deckenstrahlern ist eine für große Hallen effiziente Methode, allerdings wird mit Erdgas ein fossiler Energieträger eingesetzt. Wie auch in den letzten Jahren werden die fossilen Energieträger in Zukunft deutliche Preissteigerungen erfahren, so dass die Energiekosten ebenso schnell weiter ansteigen. Die CO<sub>2</sub>-Emission fossiler Energieträger ist maßgeblich an der Erderwärmung beteiligt, was schon heute zu Problemen in der Natur führt, die in Zukunft sich noch verstärken werden. Daher ist das Verbrennen von Erdgas zur Beheizung sowohl vom ökologischen als auch vom ökonomischen Aspekt langfristig nicht sinnvoll.

Im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes für Veitshöchheim wird das Potential regenerativer Energieträger sowie von Effizienztechniken für die Gemeinde erarbeitet, so dass sich in diesem Rahmen Möglichkeiten zum Umbau der Heizungsanlage ergeben können.



## LWG

### Landesanstalt für Wein- und Gartenbau Veitshöchheim

#### Gebäude

Die Gebäude wurden bei einer kurzen Begehung der Landesanstalt nur grob und meist von außen betrachtet, um einen groben Überblick zu erhalten. Daher sind keine detaillierten Aussage zu den Gebäuden möglich.



- 1 Lehrkellerei (BJ ca.1971; unsaniert; Gaskessel)
- 2 Gartenbau (BJ ca. 1968; einzelne Fenster erneuert, sonst unsaniert; an Heizzentrale angeschlossen)
- 3 Neues Schulgebäude (BJ ca. 1996; an Heizzentrale angeschlossen)
- 4 Zierpflanzenversuchsbetrieb (BJ 1968; unsaniert; an Heizzentrale angeschlossen) Die Gewächshäuser haben einen sehr hohen Energieverbrauch und sollen 2012 durch neue, effiziente Gewächshäuser ersetzt werden
- 5 Landespflege (BJ ca. 2000; an Heizzentrale angeschlossen)
- 6 Weinrecht (BJ ca. 1970; an Heizzentrale angeschlossen)
- 7 altes Schulgebäude (BJ ca. 1965; in den 90ern saniert; an Heizzentrale angeschlossen)
- 8 Wohnheime (BJ ca. 1965; den 90ern saniert; an Heizzentrale angeschlossen; Solarthermie für TWW; ca. 150 Zimmer)



## LWG

9 Bienen (BJ ca. 1968; 2003 saniert, an Heizzentrale angeschlossen)

10 neue Gewächshäuser ( im Bau 2010; nach neustem energetischem Standard)

11 Neubau Laborgebäude (im Bau 2010; nach EnEV 2009 geplant; Wärmepumpe)

### Technikzentrale

Contracting-Vertrag 2007 bis 2017: Zwei Rapsöl-BHKW mit insgesamt 88 kW thermisch und ca. 50 kW elektrisch decken die thermische Grundlast ab. Ein 9 m<sup>3</sup> Pufferspeicher entzerrt die thermischen Spitzen, so dass die geringe thermische Leistung der BHKWs etwas ausgeglichen wird. Aufgrund der im Sommer nur geringen vorhandenen Abnahme schalten die BHKWs hier häufiger ab. Trotzdem werden Laufzeiten von über 6.000h/Jahr erreicht. Im Winter wird zur Deckung der Leistung ein Gasbrennwertkessel (BJ 2007 mit ca. 1000 kW) verwendet. Zusätzlich sind zwei Kessel von 1987 als Redundanz mit insgesamt 2400 kW vorhanden, die zur Versorgungssicherheit auch Heizöl verbrennen können.

Versorgt werden die Gebäude durch ein Wärmenetz aus den 60er Jahren mit einer Vorlauftemperatur von 90°C. Die Dämmqualität dieses Netzes ist nicht bekannt, wird allerdings baujahrbedingt nicht allzu hoch sein.

### Verbrauchsdaten:

Der selbst genutzte, von den Rapsöl-BHKWs erzeugte Strom wurde hier nicht berücksichtigt, der Wärmeverbrauch ist hier ohne Klimabereinigung angegeben.

*Wärmeverbrauch 2009:* 4,4 Mio. kWh (3,4 Mio. kWh ohne Standort Herrnstraße)

*Stromverbrauch 2009:* 885.000 kWh (670.000 kWh ohne Standort Herrnstraße)

*CO<sub>2</sub>-Emission:* ca. 1600 t pro Jahr, abzüglich der Gutschriften durch die Einspeisung von regenerativ erzeugtem BHKW-Strom

### Fazit:

Der Dämmstandard der meisten Gebäude ist sehr gering, kontrollierte Lüftungssysteme mit Wärmerückgewinnung sind nicht vorhanden. Aufgrund der überwiegenden Versorgung über das Wärmenetz sind hohe Wärmeverluste im Netz wahrscheinlich. Ein Austausch des bestehenden Netzes gegen ein effektiv gedämmtes Netz sollte überprüft werden.

Die größten Energieverbraucher stellen erfahrungsgemäß die alten Gewächshäuser dar. Die dort kultivierten Zierpflanzen benötigen ganzjährig sehr hohe Temperaturen (16 bis 18°C als absolute Minimaltemperaturen). So ist der für 2012 geplante Neubau dieser Gewächshäuser ein wichtiger Schritt, um den Energieverbrauch zu verringern.



## LWG

Aufgrund des Baualters und den heute machbaren Sanierungsmöglichkeiten ergibt eine grobe Schätzung ein CO<sub>2</sub>-Einsparpotential von 40 bis 50% durch Effizienzmaßnahmen, weiteres Potential besteht durch Umstieg auf regenerative Energieträger. Hierbei muss jedoch neben dem energetischen Aspekt die Wirtschaftlichkeit solcher Maßnahmen betrachtet werden.

Derzeit wird ein Großteil der Bioabfälle zu einer Kompostieranlage gebracht, hier sollte über eine energetisch effiziente Nutzung nachgedacht werden.



## Markushof

### Berufsbildungswerk, Außenstelle Markushof Gadheim

Der ehemalige Gutshof wurde 1988 von Don Bosco Berufsbildungswerk gekauft und im Laufe der Jahre auf mittlerweile 32 Bauteile erweitert. Neben Schulungs- und Ausbildungsbereichen befinden sich Verwaltungsbereiche, Sozialgebäude, Gewächshäuser und Lager auf dem Gelände. Die Gebäude werden über verschiedene Heizzentralen z.T. einzeln bzw. gruppenweise versorgt.

#### Gebäude



#### *BT 1 - Ausbildungshotel*

Eigene Heizzentrale: Gaskessel von 1994 mit 48 kW Nennwärmeleistung

Dämmung zwischen 10 und 16 cm; keine Lüftungsanlage; Beleuchtung mit Präsenzsteuerung

#### *BT 2 – Internat mit Küche*

Eigene Heizzentrale: Gasbrennwertkessel mit 143 kW Wärmeleistung

Dämmung 10 bis 16 cm; Küche / Sanitärräume mit Abluftanlage

#### *BT 3 – Internat*

Eigene Heizzentrale: Gaskessel mit 110 kW Wärmeleistung

Dämmung 10 bis 16 cm

#### *BT 4 – Bäckerei*



## Markushof

Eigener Heizraum: Brennwertkessel mit 66 kW Wärmeleistung

Dämmung 10 bis 16 cm; Wärme aus Backstube (4 gasbetriebene Öfen, 1 strombetriebener Ofen mit 25 kW) und Kühlabwärme gehen in Freie

### BT 5 - -Tagungshaus

Heizzentrale für BT 5, BT 6 und BT 24

### BT 6 – Werkhalle

### BT 9 – Gewächshaus, warm, Lagerhalle

Heizzentrale für BT 9(Lager), BT 10, BT 11, BT 13: Gaskessel 16,5 kW

für das Gewächshaus: Brennwertkessel (Bj 1993) mit 630 kW

### BT 13 - Speisesaal

### BT 14 – Werkstatt

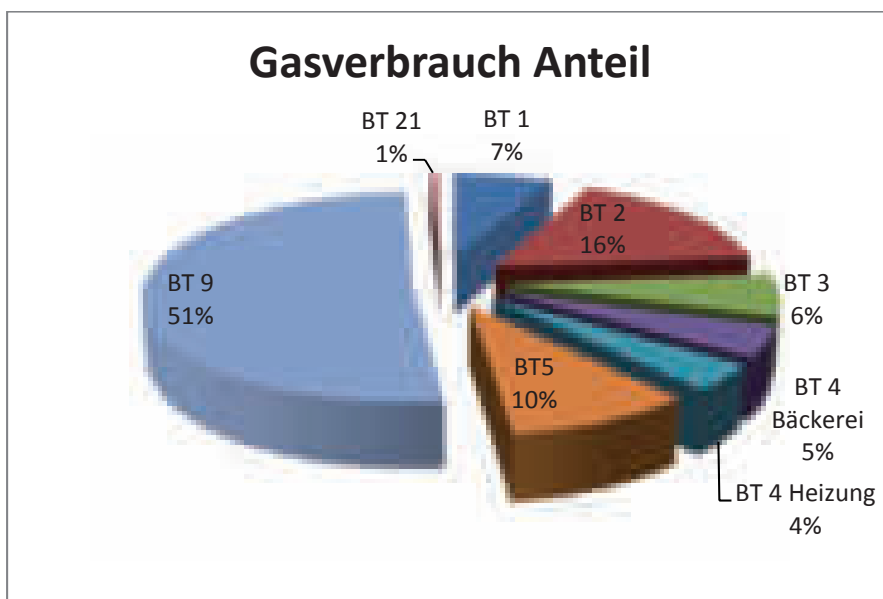
Eigene Heizzentrale: Strahlungsheizung

### Verbrauchsdaten:

Die Heizzentralen des Markushofs haben folgenden Gasverbrauch (nicht klimabereinigt):

Gasverbrauch in kWh	BT 1	BT 2	BT 3	BT 4 Bäckerei	BT 4 Heizung	BT5	BT 9	BT 21	Summe:
Durchschnitt 2008 / 2009	77.596	179.381	70.706	50.900	43.875	105.119	559.883	8.636	1.096.095

Der Verbrauch teilt sich wie folgt auf:





## Markushof

Der Stromverbrauch des Markushofs liegt bei jährlich 277.500 kWh (Durchschnitt 2008-2010).

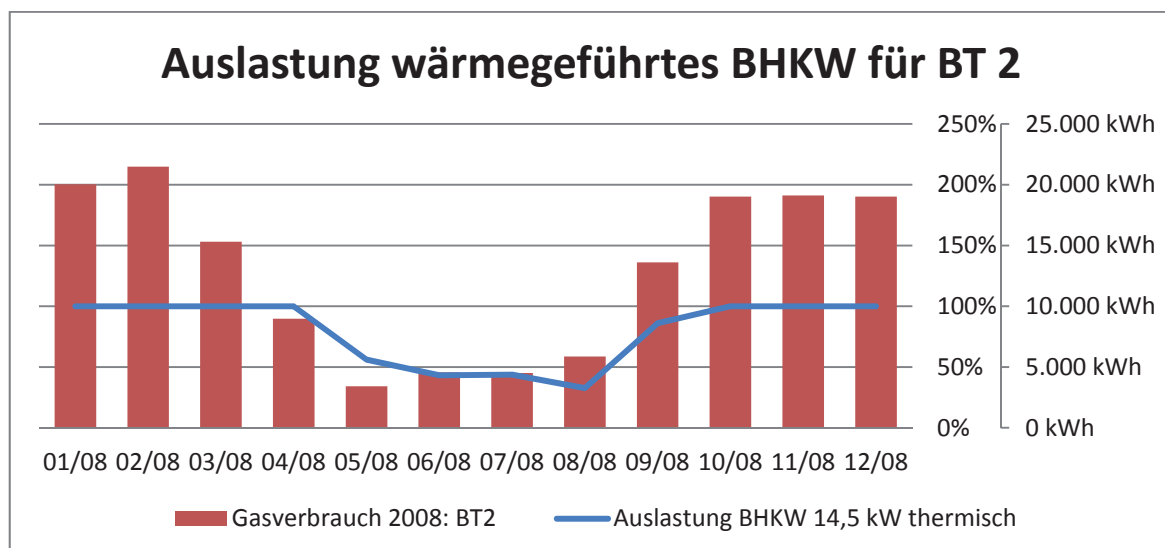
Daraus ergibt sich eine Gesamt-CO<sub>2</sub>-Emission (Strom und Gas) von ca. 441 t pro Jahr.

### Fazit:

Die Hauptgebäude des Markushofs weisen einen guten Dämmstandard auf. Die Heizzentralen versorgen kleine Gebäudebereiche, so dass keine großen Verteilnetze vorhanden sind. Die durch Prozesse entstehende Abwärme (Bäckerei, Küche) wird derzeit nicht genutzt, ebenso wenig die Möglichkeit der Wärmerückgewinnung aus der Abluft (Lüftungsanlage). Hier besteht ein gewisses Potential der Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung, wobei die Umsetzbarkeit hier oft schwierig ist.

Aus den Verbrauchsdaten ist allerdings herauszulesen, dass ungefähr die Hälfte des Gasverbrauchs zur Beheizung der Gewächshäuser (BT 9) verwendet wird. Hier besteht ein sehr großes Potential zur CO<sub>2</sub>-Einsparung. Der Umstieg auf regenerative Energieerzeuger für diesen Bereich würde eine CO<sub>2</sub>-Minderung von ca. 130 t sowie eine deutliche Einsparung bei den Energiekosten bewirken. Die Möglichkeiten der Energieeinsparung durch bauliche oder betriebliche Maßnahmen in diesem Bereich sollten zudem überprüft werden, um den spezifischen Wärmebedarf von derzeit ca. 370 kWh/m<sup>2</sup>a zu reduzieren.

Der Einsatz eines Klein-BHKW's im Bereich BT 2 zur Grundlastabdeckung (hier besteht ganzjährig ein recht hoher Grundbedarf an Wärme, so dass große Laufzeiten möglich sind) sollte überdacht werden. Bei realistisch erscheinenden Laufzeiten von ca. 7.000 Std pro Jahr bei 14,5 kW thermisch und 5,5 kW elektrisch könnten hier ca. 14 t CO<sub>2</sub> pro Jahr eingespart werden. Bei den 2009 gezahlten Preisen für Strom und Gas würde der Einsatz des BHKW's unter den angenommenen Voraussetzungen eine jährliche Energiekosteneinsparung von 4.700 € (zuzgl. z.Zt. 5,11 ct / kWh erzeugten Strom Vergütung nach KWK-Gesetz) bedeuten bei Investitionskosten von ca. 25.000 € bis 30.000 €. Wird eine Wärmeleitung zwischen BT2 und BT3 gelegt, scheint auch ein zweites (oder größeres) BHKW sinnvoll.



Die geeigneten, nach Süden ausgerichteten Dachflächen der BT 1 / 3 / 5/ 13 /14 / 21 eignen sich sehr gut für den Einsatz von solarthermischen bzw. Photovoltaik-Anlagen.



## Rupert-Egenberger-Schule

### Rupert-Egenberger-Schule

Bei der Rupert-Egenberger-Schule handelt es sich um einen Betonbau aus dem Jahr 1970. Das Gebäude ist stark gegliedert und terrassiert. Die Gesamtnutzfläche beträgt ca. 3080m<sup>2</sup>. Bis auf den Austausch der Fenster der Westfassade in den 90er Jahren durch Fenster mit Wärmeschutzverglasung wurden keine umfangreicheren energetischen Maßnahmen an dem Gebäude durchgeführt. Insgesamt ist das Gebäude in einem schlechten baulichen Zustand. Die Fenster (auch die neueren) sind undicht, die Dichtungen sind beschädigt oder in einem sehr schlechten Zustand. Die Beleuchtungssituation ist bis auf wenige Ausnahmen schlecht, meist sind die Leuchten (Leuchtstoffröhren mit KVG) in den Feldern der Rippen/Rasterdecke angebracht. Dadurch geht ein Großteil der Lichtleistung verloren, da die Untezüge angestrahlt werden.

Trotz der, aus energetischer Sicht, schlechten Gebäudehülle ist der Energieverbrauch der Schule relativ niedrig. Dies liegt vor allem am Nutzerverhalten: die Flure weisen auch während der Schulzeit recht niedrige Temperaturen auf, der Hausmeister überprüft immer wieder die Klassenräume auf offene Fenster. Bei der Begehung sind keine gekippten Fenster aufgefallen.

Beheizt wird die Schule über eine Nahwärmeleitung von der Heizzentrale im Sportzentrum, die Nahwärmeleitung scheint recht gut gedämmt. Nach Aussage des Hausmeisters ist im Winter kaum ein Unterschied der Schnee-



Luftbild



Nord-West-Ansicht



Westansicht



## Rupert-Egenberger-Schule

höhe über der Leitung zum umliegenden Gelände zu sehen. Die Heizkörper sind mit Thermostatventilen versehen und sind in der Regel unterhalb der Fenster angebracht. In der Turnhalle liegen sie hinter einer Holzblende. Hier mussten für die Beheizung der Halle die Thermostatventile ausgebaut werden, da die Temperaturen hinter der Holzblende aufgrund des Wärmestaus deutlich über denen in der Halle liegen. So ist die Temperaturregelung in der Halle über Thermostatventile nicht möglich.



Fensterdichtung

### Energieverbrauch (Mittelwert 2008- 2010):

Strom : 38.300 kWh/a

Wärme: 329.000 kWh/a (klimabereinigt)

### spezifischer Energieverbrauch:

Strom : 12,4 kWh/m<sup>2</sup>a

Wärme: 106,8 kWh/m<sup>2</sup>a (klimabereinigt)



Beleuchtung Flur

### Vergleichskennwert nach EnEV 2009:

Strom : 15 kWh/m<sup>2</sup>a

Wärme: 105 kWh/m<sup>2</sup>a

Grundsätzlich sollte die Rupert-Egenberger-Schule generalsaniert werden. Aus energetischer Sicht sollte neben einer Verbesserung der Gebäudehülle der Austausch der Beleuchtung eine hohe Priorität erhalten. Im Zuge einer umfangreichen Sanierungsmaßnahme ist der Einbau von Lüftungsgeräten mit Wärme-



Beleuchtung Turnhalle



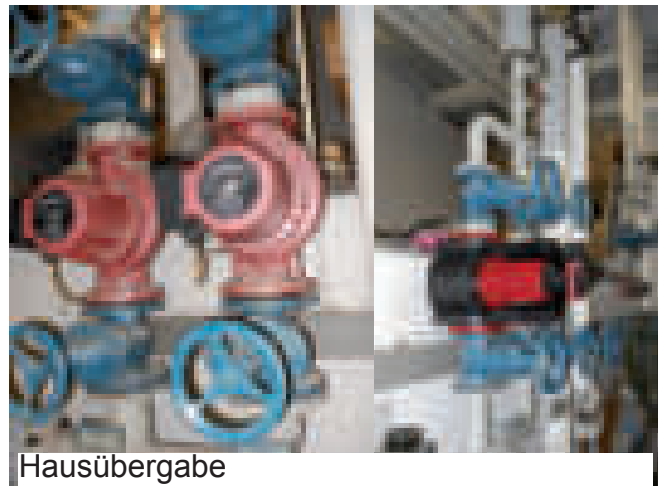
## Rupert-Egenberger-Schule

rückgewinnung zu empfehlen. Das Einsparpotential der Schule liegt im Bereich des Wärmebedarfs bei über 80%. Beim Strom wird nur eine geringe Einsparung (ca. 20% bis 30%) möglich sein, da ein Teil der Einsparung aufgrund höherer Effizienz durch die benötigte höhere Beleuchtungsstärke aufgehoben wird.

Die Notwendigkeit der baulichen und energetischen Maßnahmen ist beim Landratsamt bekannt. Entsprechende Haushaltsmittel sind im Finanzplan ab 2014 vorgesehen.

CO<sub>2</sub>-Emission:

Bestand:	157 t pro Jahr
optimal :	43 t pro Jahr
Einsparpotential:	114 t pro Jahr (73%)



## Landkreisgymnasium Gymnasium Veitshöchheim



Grundrisse schematisch

Das Gymnasium Veitshöchheim wurde im Jahr 2000 errichtet und hat einen, seinem Alter entsprechend, guten Standard hinsichtlich seiner energetisch relevanten Bauteile. Die Fenster sind zweifachverglast (WS-Verglasung mit großem Scheibenzwischenraum, z.T. mit einer Jalousie im Scheibenzwischenraum), die nicht verglasten Wandbauteile sind gut gedämmt, ebenso das Dach. Eine entsprechend gute Dämmung kann für den unteren Gebäudeabschluss angenommen werden. Die Wärme für die Heizung wird über eine Nahwärmeleitung von der Heizzentrale im Sportzentrum bereitgestellt, erreicht in einer modernen, gut gedämmten Übergabestation das Gebäude, und wird über Heizkörper und Fußbodenheizung an die Räume abgegeben. Die Steuerung wird zentral vom Hausmeister über ein BUS-System bedient, so dass alle Räume individuell ansteuerbar sind. Der variable Sonnenschutz und die Beleuchtung werden ebenfalls über



Ansicht Eingangsbereich



Außenansicht



## Landkreisgymnasium

das BUS-System gesteuert und sind über einen zentralen Lichtsensor auf dem Dach geregelt. In der Pausenhalle und den Fluren ist eine Lüftungsanlage vorhanden, über die auch geheizt wird. Trotz der offenen Bauweise und dem großen Glasanteil ist der Heizwärmeverbrauch sehr niedrig, was neben dem recht guten Dämmstandard auch auf die intensive Betreuung durch den Hausmeister zurückzuführen ist. Der Stromverbrauch dagegen ist außergewöhnlich hoch. Z.T. liegt das an den vorherrschenden Kompaktleuchtstoffröhren, die gegenüber stabförmigen Röhren einen deutlichen Mehrverbrauch haben. Ein weiterer Faktor könnte die Lüftungsanlage im Bereich der Pausenhalle darstellen, die sowohl für die Ventilatoren Strom benötigt, und evtl. elektrisch beheizt wird (keine Angaben vorhanden).

### Energieverbrauch (Mittelwert 2008-2010):

Strom : 130.900 kWh/a

Wärme: 371.500 kWh/a (klimabereinigt)

### spezifischer Energieverbrauch:

Strom : 42,5 kWh/m<sup>2</sup>a

Wärme: 51,2 kWh/m<sup>2</sup>a (klimabereinigt)

### Vergleichskennwert nach EnEV 2009:

Strom : 10 kWh/m<sup>2</sup>a

Wärme: 90 kWh/m<sup>2</sup>a

Aufgrund des geringen Baualters ist die Schule in einem guten Zustand. Trotzdem ist auch hier



Fassade / Dach



Beleuchtung Pausenhalle



Beleuchtung Klassenzimmer

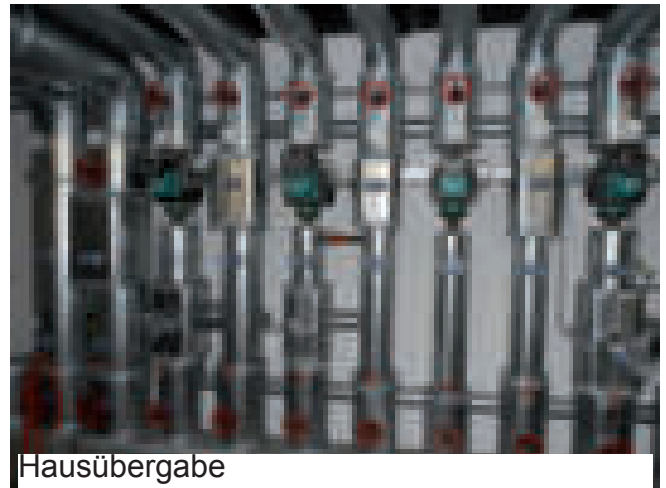


## Landkreisgymnasium

ein gewisses Einsparpotential vorhanden, welches allerdings erst mittel- bis langfristig ausgeschöpft werden kann. Neben dem Einbau von 3-fach verglasten Scheiben ist auch eine Lüftungsanlage mit hoher Wärmerückgewinnung für das komplette Gebäude sinnvoll. Ein weiterer Punkt ist die Beleuchtung. Hier sollten effiziente Leuchten statt der zur Zeit installierten Kompaktleuchtstofflampen eingebaut werden. Abgeschätzt besteht ein Einsparpotential von ca. 30% bei der Heizwärme und ca. 40% bei Strom. Entsprechend ergibt sich für die Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes ein Potential von ca. 33%.

### CO<sub>2</sub>-Emission:

Bestand: 232 t pro Jahr  
optimal : 154 t pro Jahr  
Einsparpotential: 78 t pro Jahr (33%)



Hausübergabe



Dachverglasung Pausenhalle



## St. Vitus

Die Pfarrgemeinde St. Vitus unterhält derzeit drei Gebäude:

- Pfarrhaus
- Kirche
- Haus der Begegnung

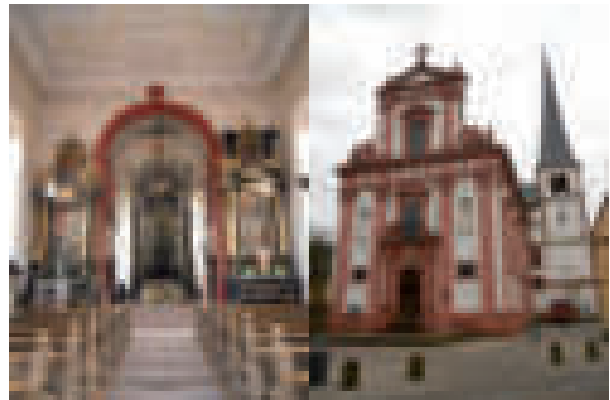
### Pfarrhaus:

Das Pfarrhaus ist ein unter Denkmalschutz stehendes Gebäude von 1613 mit massiven, ca. 70 cm dicken Außenwänden aus Mauerwerk. Die kleinteiligen Holzfenster sind älteren Datums und sollen in den nächsten Jahren durch neue Fenster ersetzt werden. Das Dach ist nicht ausgebaut, unbeheizt und ungedämmt. Der Keller ist ebenfalls unbeheizt, die Decke zum EG ungedämmt. Im Pfarrhaus befinden sich das Pfarrbüro und die Pfarrerwohnung. Beheizt wird das Gebäude mit einem Gaskessel (BJ 2001) mit einer Nennleistung von ca. 50 kW. Die Warmwassererzeugung wird durch einen Boiler mit 33 kW und 150 l Speicher gewährleistet. Die Leitungen im Heizraum sind gut gedämmt, die relativ neuen Pumpen ebenfalls. Der durchschnittliche Verbrauch des Gebäudes liegt (klimabereinigt) bei ca. 100.000 kWh pro Jahr. Aufgrund des Denkmalschutzes und des Erscheinungsbildes können bei diesem Gebäude nur eingeschränkt Maßnahmen zur Energieeinsparung durchgeführt werden, so dass das Potential durch eine Sanierung eher gering ist (im Idealfall können hier max. 30% bis 50% des Wärmebedarfs eingespart werden). Bei allen baulichen Maßnahmen sollten die bauphysikalischen Auswirkungen berücksichtigt werden, um spätere Bauschäden zu vermeiden.



### Kirche:

Die Pfarrkirche St. Vitus wurde 1691 erbaut, der Glockenturm stammt aus dem 13. Jh. Die Außenwände bestehen aus ungedämmtem Mauerwerk, die großen Fenster sind einfach verglast. Für den Gottesdienst wird die Kirche auf ca. 16°C erwärmt, in der übrigen Zeit wird die Temperatur auf ca. 8°C gehalten. Erwärmt wird die Kirche über eine Umluftheizung, die zur Schonung von Altar und Orgel die Luft kontinuierlich um ca. 1°C je Stunde erwärmt. Als Wärmeerzeuger dient der Kessel im Haus der Begegnung, von dem 1990 eine kurze Nahwärmeleitung zur Kirche gelegt wurde. Der Wärmeverbrauch der Kirche wird nicht gesondert erfasst, so dass nur ein gemeinsamer Verbrauchswert für Kirche





## St. Vitus

Die Pfarrgemeinde St. Vitus unterhält derzeit drei Gebäude:

- Pfarrhaus
- Kirche
- Haus der Begegnung

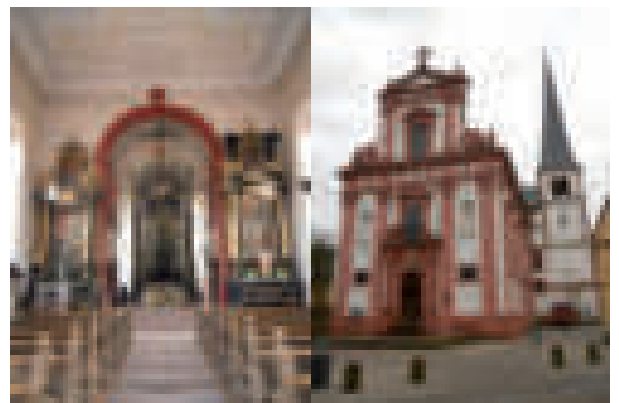
### Pfarrhaus:

Das Pfarrhaus ist ein unter Denkmalschutz stehendes Gebäude von 1613 mit massiven, ca. 70 cm dicken Außenwänden aus Mauerwerk. Die kleinteiligen Holzfenster sind älteren Datums und sollen in den nächsten Jahren durch neue Fenster ersetzt werden. Das Dach ist nicht ausgebaut, unbeheizt und ungedämmt. Der Keller ist ebenfalls unbeheizt, die Decke zum EG ungedämmt. Im Pfarrhaus befinden sich das Pfarrbüro und die Pfarrwohnung. Beheizt wird das Gebäude mit einem Gaskessel (BJ 2001) mit einer Nennleistung von ca. 50 kW. Die Warmwassererzeugung wird durch einen Boiler mit 33 kW und 150 l Speicher gewährleistet. Die Leitungen im Heizraum sind gut gedämmt, die relativ neuen Pumpen ebenfalls. Der durchschnittliche Verbrauch des Gebäudes liegt (klimabereinigt) bei ca. 100.000 kWh pro Jahr. Aufgrund des Denkmalschutzes und des Erscheinungsbildes können bei diesem Gebäude nur eingeschränkt Maßnahmen zur Energieeinsparung durchgeführt werden, so dass das Potential durch eine Sanierung eher gering ist (im Idealfall können hier max. 30% bis 50% des Wärmebedarfs eingespart werden). Bei allen baulichen Maßnahmen sollten die bauphysikalischen Auswirkungen berücksichtigt werden, um spätere Bauschäden zu vermeiden.



### Kirche:

Die Pfarrkirche St. Vitus wurde 1691 erbaut, der Glockenturm stammt aus dem 13. Jh. Die Außenwände bestehen aus ungedämmtem Mauerwerk, die großen Fenster sind einfach verglast. Für den Gottesdienst wird die Kirche auf ca. 16°C erwärmt, in der übrigen Zeit wird die Temperatur auf ca. 8°C gehalten. Erwärmt wird die Kirche über eine Umluftheizung, die zur Schonung von Altar und Orgel die Luft kontinuierlich um ca. 1°C je Stunde erwärmt. Als Wärmeerzeuger dient der Kessel im Haus der Begegnung, von dem 1990 eine kurze Nahwärmeleitung zur Kirche gelegt wurde. Der



## St. Vitus

Die Pfarrgemeinde St. Vitus unterhält derzeit drei Gebäude:

- Pfarrhaus
- Kirche
- Haus der Begegnung

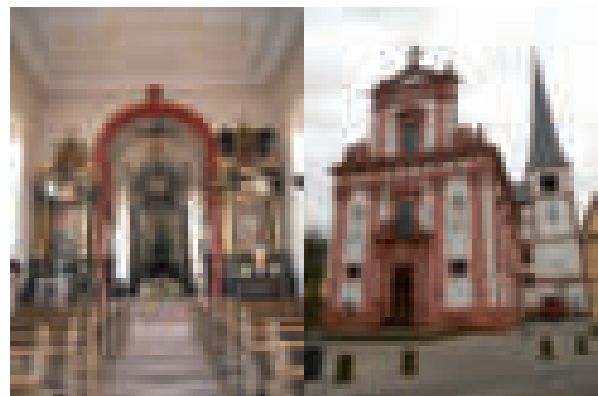
### Pfarrhaus:

Das Pfarrhaus ist ein unter Denkmalschutz stehendes Gebäude von 1613 mit massiven, ca. 70 cm dicken Außenwänden aus Mauerwerk. Die kleinteiligen Holzfenster sind älteren Datums und sollen in den nächsten Jahren durch neue Fenster ersetzt werden. Das Dach ist nicht ausgebaut, unbeheizt und ungedämmt. Der Keller ist ebenfalls unbeheizt, die Decke zum EG ungedämmt. Im Pfarrhaus befinden sich das Pfarrbüro und die Pfarrerwohnung. Beheizt wird das Gebäude mit einem Gaskessel (BJ 2001) mit einer Nennleistung von ca. 50 kW. Die Warmwassererzeugung wird durch einen Boiler mit 33 kW und 150 l Speicher gewährleistet. Die Leitungen im Heizraum sind gut gedämmt, die relativ neuen Pumpen ebenfalls. Der durchschnittliche Verbrauch des Gebäudes liegt (klimabereinigt) bei ca. 100.000 kWh pro Jahr. Aufgrund des Denkmalschutzes und des Erscheinungsbildes können bei diesem Gebäude nur eingeschränkt Maßnahmen zur Energieeinsparung durchgeführt werden, so dass das Potential durch eine Sanierung eher gering ist (im Idealfall können hier max. 30% bis 50% des Wärmebedarfs eingespart werden). Bei allen baulichen Maßnahmen sollten die bauphysikalischen Auswirkungen berücksichtigt werden, um spätere Bauschäden zu vermeiden.



### Kirche:

Die Pfarrkirche St. Vitus wurde 1691 erbaut, der Glockenturm stammt aus dem 13. Jh. Die Außenwände bestehen aus ungedämmtem Mauerwerk, die großen Fenster sind einfach verglast. Für den Gottesdienst wird die Kirche auf ca. 16°C erwärmt, in der übrigen Zeit wird die Temperatur auf ca. 8°C gehalten. Erwärmt wird die Kirche über eine Umluftheizung, die zur Schonung von Altar und Orgel die Luft kontinuierlich um ca. 1°C je Stunde erwärmt. Als Wärmeerzeuger dient der Kessel im Haus der Begegnung, von dem 1990 eine kurze Nahwärmeleitung zur Kirche gelegt wurde. Der Wärmeverbrauch der Kirche wird nicht gesondert erfasst, so dass nur ein gemeinsamer Verbrauchswert für Kirche



## Wegmann automotive

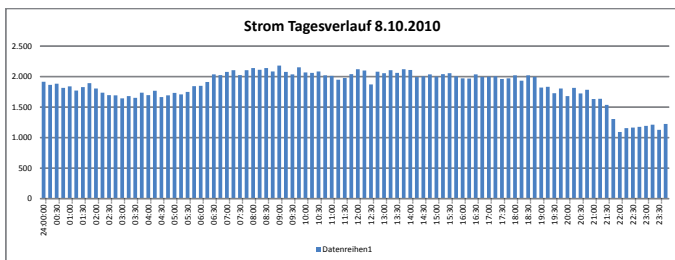
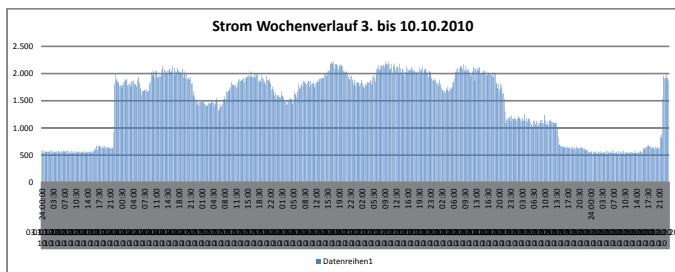
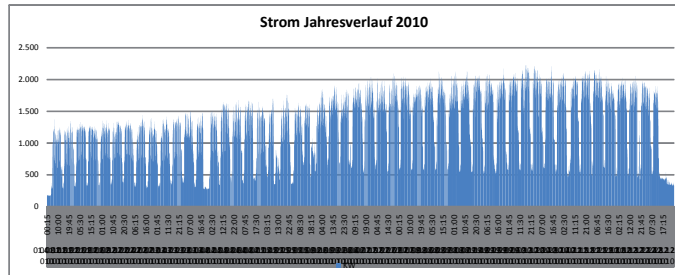
Die Firma Wegmann automotive ist ein führender Hersteller von Auswuchtgewichten und beschäftigt in Veitshöchheim über 200 Mitarbeiter. Da die Gewichte größtenteils aus Metallen (Zink, Stahl und Blei) hergestellt werden, ist für die Produktion eine erhebliche Energiemenge erforderlich. Ein Großteil der Gewichte wird im Druckgussverfahren hergestellt, wobei die Metalle auf 350°C bis 450°C erhitzt werden müssen. Auch für die im Kaltstanzverfahren hergestellten Gewichte werden große Energiemengen benötigt, ebenso wie für die anderen Produktionsschritte wie das Verzinken.

Um die entstehende Produktionsabwärme nicht vollkommen ungenutzt zu lassen, wird ein Teil der Wärme über die Abluft mittels eines Rotationswärmetauschers zurückgewonnen und über einen Pufferspeicher in die Heizungsanlage eingespeist. Aufgrund der Größe von ca. 20.000 m<sup>2</sup>, sowie der unterschiedlichen Nutzungen, sind verschiedene Heizsysteme installiert. Die Produktionshalle wird z.T. durch Strahlplatten, ansonsten über eine Luftheizung mit Wärme versorgt. Ein Teil der hier benötigten Wärme wird aus der Abwärme der Produktionsprozesse gewonnen. Die Büros werden über Gaskessel (2 x 300 kW) beheizt, die Fußbodenheizung der Kantine erhält ihre Wärme aus der genutzten Abwärme der Kompressoren (Gesamtleistung ca. 300 kW). Der nicht unerhebliche Kühlbedarf (die genaue Menge ist nicht bekannt) wird über ein Kühlaggregat (Kühlleistung ca. 250 kW), ansonsten über pas-



## Wegmann automotive

sive Kühlung, gedeckt. Am Gesamtenergieverbrauch von derzeit ca. 10 Mio. kWh Strom und ca. 2,6 Mio. kWh Gas hat die Beheizung des Gebäudes trotz seiner Größe von ca. 20.000 m<sup>2</sup> Nutzfläche nur einen unerheblichen Anteil. Überschlüssig berechnet wird für die Gebäudebeheizung ca. 2 Mio. kWh Wärme benötigt, wobei ein großer Teil hiervon schon durch internen Lasten (Abwärme) gedeckt wird. Der tatsächliche Heizwärmebedarf wird bei unter 500.000 kWh pro Jahr liegen, ähnlich wie der geschätzten Stromverbrauch für Beleuchtung, Lüftung und Kühlung. Die Jahreslastkurve für Strom verläuft sehr konstant, der kontinuierliche Anstieg ist durch die steigende Produktion erklärbar. Die Grundlast von ca. 500 kW ist sehr hoch. Leistungsspitzen sind von der Intensität nur schwach ausgeprägt und dauern recht lang an, d.h. der Produktionsprozess ist als recht homogen einzustufen. Ein Spitzenlastmanagement erscheint daher hier auch nicht sinnvoll.



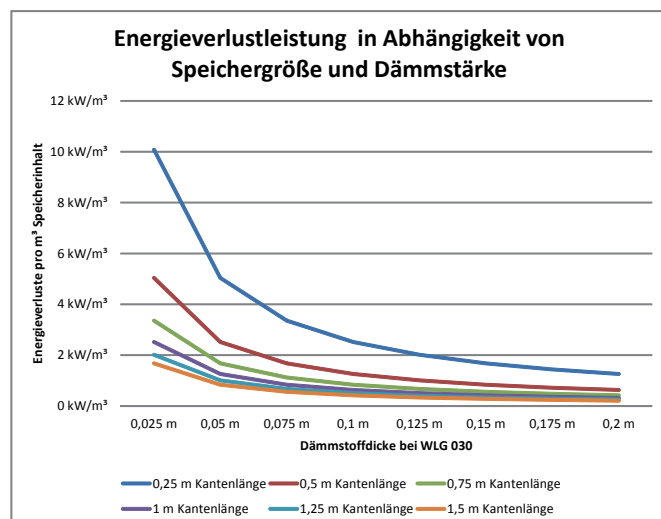
### Bestand (2010):

Stromverbrauch: 10.551.000 kWh

Gasverbrauch : 2.557.000 kWh

CO<sub>2</sub>-Emission : 7140 t pro Jahr

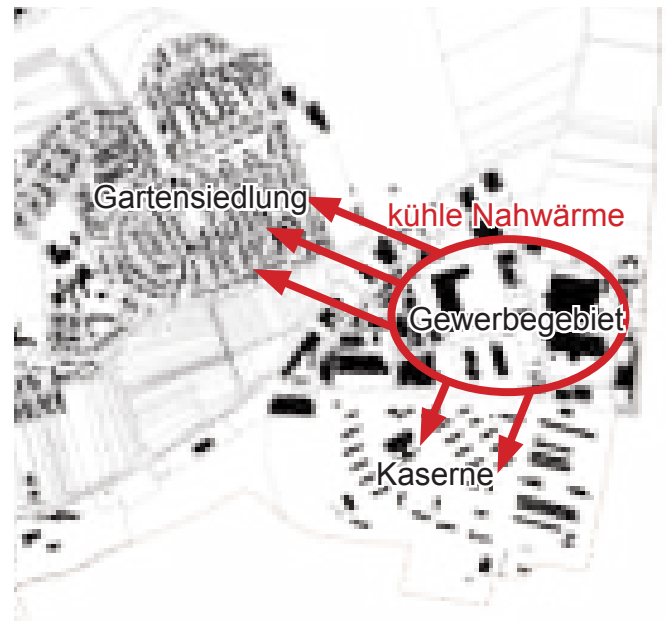
Da der größte Teil der Energie für Produktionsprozesse aufgebracht wird, sollte sich eine energetische Verbesserung des Gebäudes nur geringfügig auf den Energieverbrauch auswirken. Die Produktionsprozesse sind zu



## Wegmann automotive

umfangreich, um im Rahmen des gemeindlichen Gesamtkonzeptes konkrete Maßnahmen vorschlagen zu können. Allgemein gilt aber auch bei der Produktion: effiziente Maschinen sind gerade bei hohen Laufzeiten auch wirtschaftlich sinnvoll. Eine bessere Dämmung von Wärmeerzeugern und Speichern (wie Schmelztiegeln) kann die Energieverluste deutlich reduzieren.

Eine möglichst umfangreiche Nutzung von Abwärme kann den Energieverbrauch deutlich reduzieren. Aufgrund der geringen Entfernung zur Balthasar-Neumann-Kaserne bzw. der Wohngebiet Gartensiedlung ist eine Nutzung der Produktionsabwärme als „kühle Nahwärme“ denkbar, wobei allerdings die technische Umsetzbarkeit fraglich ist.





# Anhang 3 Energiestandards



## Energiestandards

<b>Hochbau</b>	
Kompaktheit	auf kompakte Bauweise ist zu achten, Vor- und Rücksprünge sind zu vermeiden
Gebäudevolumen	Das Gebäudevolumen (Flächen und Raumhöhen) sollte optimiert werden
Ausrichtung	bei der Ausrichtung von Gebäuden sind energetische Aspekte zu berücksichtigen (passive solare Gewinne, sommerlicher Wärmeschutz, Dachflächen für solarthermische oder PV-Anlagen)
Fensteranteil	die Fensterflächen sind so zu planen, dass sowohl die energetische Bilanz als auch die Tageslichtnutzung optimiert sind
U-Werte Bauteiltypen	die U-Werte der opaken Bauteile sollten einschließlich Korrekturfaktor einen durchschnittlichen Wert von 0,17 W/m <sup>2</sup> K, transparente Bauteile einen Wert von 0,8 W/m <sup>2</sup> K nicht überschreiten. Bei Sanierungen können Einschränkungen aufgrund der Gegebenheiten hingenommen werden.
Wärmebrücken	bei Neubauten ist wärmebrückenfrei zu bauen, bei Sanierungen sind Wärmebrücken soweit wie möglich zu vermeiden
Gebäudedichtheit	Gebäude sind möglichst dicht zu bauen: $n_{50} < 1,0h^{-1}$
Zonierung Räume	Nutzungszonen sind auch von der Raumtemperatur her sinnvoll anzuordnen; an allen Eingängen sind, wenn möglich, unbeheizte Windfänge vorzusehen
Verschattung	eine Verschattung von Verglasungsflächen ist so zu planen, dass sowohl der sommerliche Wärmeschutz als auch der Lichteinfall möglichst optimiert sind, eine Automatisierung ist zu prüfen
Lichtlenkung	Fenster sind so zu planen, dass die Tageslichtnutzung optimiert ist, gegebenenfalls ist eine Tageslichtlenkung vorzusehen
Materialien	Alle zu verwendenden Materialien sind auf ihren Herstellungsenergieaufwand und ihre Lebenszykluskosten zu prüfen, regionale Produkte sind zu bevorzugen
Oberflächen	Oberflächen sind so zu planen, dass die Lebenszykluskosten minimiert werden (Unterhalt, Reinigung)
<b>Heizungstechnik</b>	
Energieträger	die Energieträger zur Versorgung eines Gebäudes sind aus ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten auszuwählen, es ist immer eine rein regenerativ betriebene Variante vorzulegen
Technik, Wartung	Die Technik ist dem Gebäude angepasst zu planen, Wartungskosten sind zu minimieren
Wärmeübergabe	Flächenheizungen sind bevorzugt einzusetzen, Heizflächen vor transparenten Bauteilen sind zu vermeiden.
Leitungsämmung	die Dämmwirkung von Heiz- Warmwasser und Lüftungsleitungen sollte die Vorgaben der EnEV um mind. 30% unterschreiten
Warmwasser	Zirkulationsleitungen sind, wenn möglich, zu vermeiden





## Energistandards

	Heizungspumpen	als Heizungspumpen sind Hocheffizienzpumpen zu verwenden
	solare Nutzung	die Sinnhaftigkeit von solarthermische Anlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung ist grundsätzlich zu prüfen
<b>Lüftungs- Kimatechnik</b>		
	Art der Lüftung	zu lüftende Räume sind grundsätzlich mit einer Lüftungsanlage auszustatten, die Option einer zusätzlichen Fensterlüftung muss trotzdem vorhanden sein
	Luftqualität	in Aufenthaltsräumen sollte die CO <sub>2</sub> -Konzentration 1500 ppm nicht überschreiten
	Wärmerückgewinnung	Lüftungsanlagen sind grundsätzlich mit Wärmerückgewinnung (WRG >80%) zu planen
	Ventilatoren	Es sind Lüftungsgeräte nach Passivhauskriterien mit hohem Ventilatorwirkungsgrad zu bevorzugen
	Struktur, Wartung	die Struktur ist unter Berücksichtigung der Lebenszykluskosten zu planen (Wartung, Investition). Leitungslängen sind zu optimieren, Druckverluste zu minimieren
<b>Sanitärtechnik</b>		
	Sanitärgegenstände	der Einsatz von wasserlosen Urinalen ist zu prüfen
	Wasserverbrauch Armaturen	es sind bevorzugt wassersparende Armaturen einzubauen
	Grau- u. Regenwassernutzung	die Nutzung von Grau- und Regenwasser ist zu prüfen
<b>Elektrotechnik</b>		
	Beleuchtung Lichtausbeute	Bei der Wahl der Beleuchtung sind Leuchten mit möglichst hoher Lichtausbeute zu bevorzugen
	Beleuchtung Lichtqualität	die Beleuchtung muss hinsichtlich der Lichtqualität und Helligkeit der Nutzung angepasst sein.
	Beleuchtung Steuerung	der Einsatz von Tageslichtsteuerung und Präsenzsteuerung ist zu prüfen
	Elektroantrieb von Motoren	hocheffiziente Elektromotoren sind bevorzugt einzusetzen
<b>Mess- Steuer- und Regelungstechnik</b>		
	Zähler	es sind getrennte Zähler für jeden Heizungserzeuger, für Warmwasser, Beleuchtung und Lüftung vorzusehen
	Gebäudeleittechnik	bei größeren Gebäuden ist die Aufschaltung von Heizung, Lüftung und Klima auf eine gemeinsame Gebäudeleittechnik zu ermöglichen
	Bedienung	eine einfache Bedienbarkeit der Steuerung ist immer zu gewährleisten, das Umschalten auf Handbetrieb muss möglich sein. Eine Funktionsbeschreibung ist zu erstellen
	Nachoptimierung	Nach Inbetriebnahme eines Gebäudes ist eine Nachoptimierung über mindestens 2 Jahre einzuplanen
<b>sonstige Nutzungsspezifische Anlagen</b>		
	Schwimmbadtechnik	Wasser- und energiesparende Schwimmbadtechnik ist bevorzugt einzubauen
	EDV	auf energiesparende Geräte ist zu achten
	sonstige elektrische Geräte	auf energiesparende Geräte ist zu achten

in großen Kommunen ist es sinnvoll und üblich, konkrete Standards und Grenzwerte für die verschiedenen Gebäudetypen festzulegen; aufgrund der geringen Anzahl an Liegenschaften ist dies hier allerdings nicht zu empfehlen





# Anhang 4 Zeitplan



Zeitplan

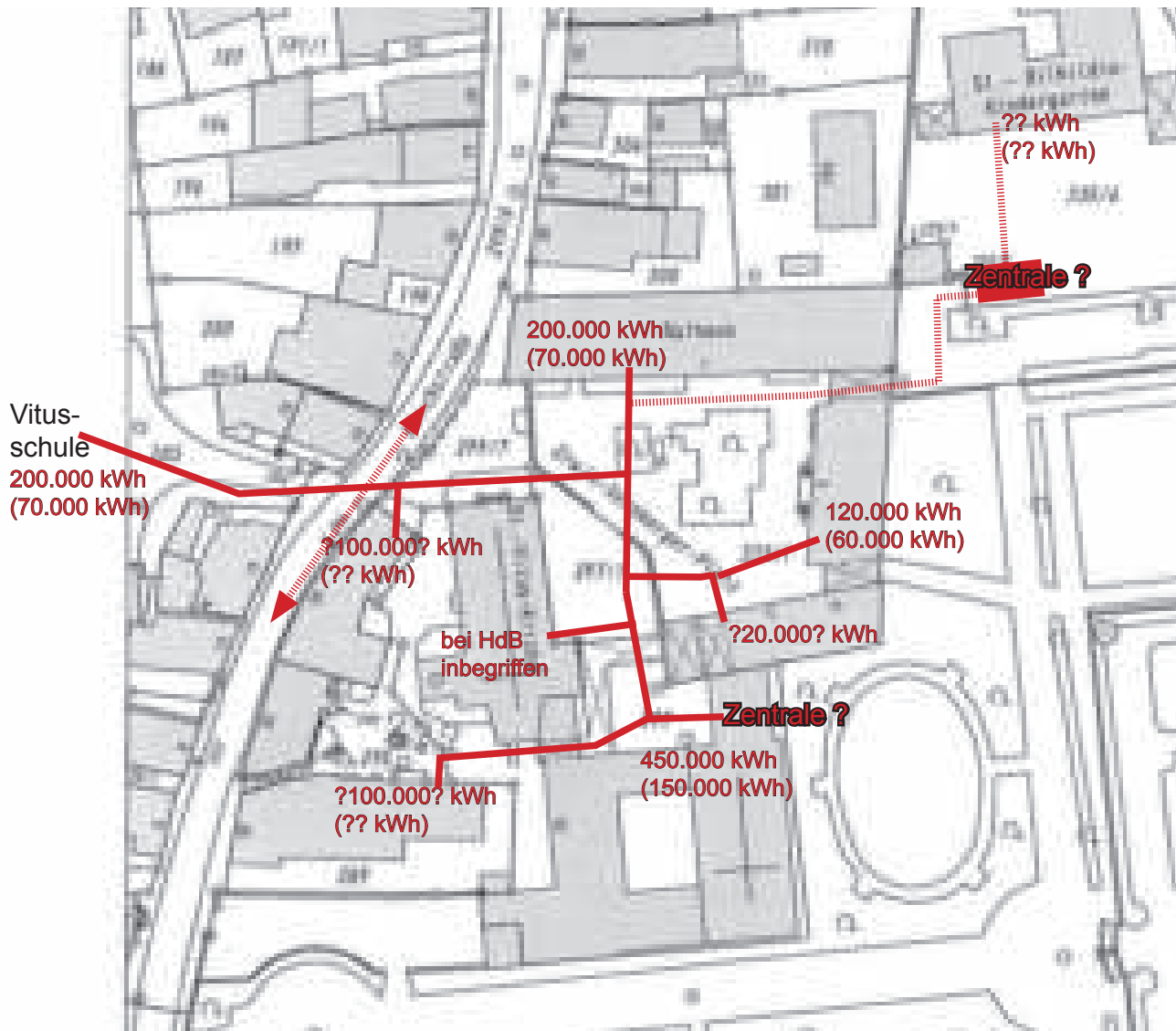


# Anhang 5 Wärmenetz Ortskern



## Konzept Wärmeerzeugung Ortskern Veitshöchheim - Nahwärmenetz

Aufgrund der dichten Bebauung mit großen Gebäuden eignet sich der Ortskern Veitshöchheims besonders für ein Nahwärmenetz. In Hinblick auf die CO<sub>2</sub>-Emission und die in Zukunft weiterhin deutlich Steigenden Preise für Gas und Öl, ist ein mit regenerativen Energieträgern beheiztes Wärmenetz ökonomisch und ökologisch sinnvoll. Ideal ist hier der Einsatz von Kraft-Wärmekopplung (BHKW)



### Netz ohne Bilhildis, Zentrale HdB:

Gesamtlänge ca. 250 m

Verluste ca. 70.000 kWh/a

Wärmeleistung ca. 700 kW

Kosten: ca. 450.000 € (Leitungen ? 100.000 € + Übergabe ? 50.000€ + Zentrale ? 300.000 €)

Verbrauch versorgte Gebäude, unsaniert ca. 1.200.000 kWh/a (4.800 kWh/m Wärmenetz)

Verbrauch versorgte Gebäude, saniert ca. 450.000 kWh (1.800 kWh/m Wärmenetz)

### zusätzliche Netzlänge bei Zentrale am Kindergarten Bilhildis (KiGa nicht angeschlossen):

ca. 60 m, Verluste: +16.000 kWh/a

zus. Kosten: ca. 180.000 € (Leitungen ? 25.000 € + Übergabe ? 5.000€ + Zentrale ? 150.000 €)

(4800 kWh / m Wärmenetz)

(1450 kWh / m Wärmenetz)

Die Einbindung des Kindergartens erscheint nicht sinnvoll, da nach einer Sanierung der Verbrauch zu gering sein wird! Eine Erweiterung der Netzes ist bei entsprechendem Interesse v.a nach der Sanierung der angeschlossenen Gebäude empfehlenswert, um die verringerte Abnahme zu kompensieren.



# Anhang 6 Förderprogramme



**Übersichtstabelle Fördermöglichkeiten für Wohngebäude**

<b><u>Bund</u></b>	<b>Förderprogramm</b>	<b>Förderziel</b>	<b>Förderfähige Maßnahmen</b>	<b>Art der Förderung</b>	<b>Kontakt</b>	<b>Bemerkungen</b>
Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)	Energieeffizient Bauen	Förderung besonders energieeffizienter Wohngebäude, Klimaschutz	Neubau oder Kauf eines KfW-Effizienzhauses 70 (Energiebedarf nur 70% des gesetzlich vorgeschriebenen Wertes)	zinsgünstiges Darlehen für 100% der Baukosten (ohne Grundstück), bis zu 50.000€ pro Wohneinheit	KfW Bankengruppe Palmengartenstraße 5 - 9 60325 Frankfurt am Main  Telefon: 069 74 31-0 Telefax: 069 74 31-29 44  E-Mail: info@kfw.de	nicht gefördert werden Ferien- und Wochenendhäuser
Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)	Energieeffizient Bauen	Förderung besonders energieeffizienter Wohngebäude, Klimaschutz	Neubau oder Kauf eines KfW-Effizienzhauses 55 oder 40 (Energiebedarf nur 55% bzw. 40% des gesetzlich vorgeschriebenen Wertes)	zinsgünstiges Darlehen für 100% der Baukosten (ohne Grundstück), Tilgungszuschuss 5% ( KfW-Effizienzhauses 55) bzw. 10% (KfW-Effizienzhauses 40)	KfW Bankengruppe Palmengartenstraße 5 - 9 60325 Frankfurt am Main  Telefon: 069 74 31-0 Telefax: 069 74 31-29 44  E-Mail: info@kfw.de	nicht gefördert werden Ferien- und Wochenendhäuser
Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)	Energieeffizient Sanieren – Investitionszuschuss	Förderung besonders energieeffizienter Wohngebäude, Klimaschutz	Sanierung auf den Standard eines KfW-Effizienzhauses 115, 100, 85, 70 oder 55 oder Kauf eines so sanierten Wohnhauses; Einzelmaßnahmen	Tilgungszuschuss je nach Standard zwischen 7,5% (5.625€ pro Wohneinheit und 17,5 % (13.125€ pro Wohneinheit)	KfW Bankengruppe Palmengartenstraße 5 - 9 60325 Frankfurt am Main  Telefon: 069 74 31-0 Telefax: 069 74 31-29 44  E-Mail: info@kfw.de	nicht gefördert werden Ferienhäuser und Häuser, für die nach dem 01.01.1995 der Bauantrag gestellt wurde





**Übersichtstabelle Fördermöglichkeiten für die Nutzung von Trink- und Abwasserwärme**

<u>Land Bayern</u>	Förderprogramm	Förderziel	Förderfähige Maßnahmen	Art der Förderung	Kontakt	Bemerkungen
Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie	Bayerisches Programm Rationellere Energiegewinnung und –verwendung	Entwicklung und Anwendung neuer Energietechnologien, Durchführung von Untersuchungen zur rationelleren Gewinnung und Verwendung von Energie	erfolgsversprechende Vorhaben im Freistaat Bayern, die zur rationelleren Gewinnung und Verwendung von Energie bzw. zur Energieeinsparung beitragen	Zuschuss in der Regel bis zu 30 % der anrechenbaren Kosten, in Ausnahmefällen bis zu 50 %	StmWIVT Bayern Innovationsberatungsstelle Südbayern Prinzregentenstraße 26 80525 München Tel. 089 2162-2537 E-Mail: infoibs@stmwivt.bayern.de	
<u>Bund</u>	Förderprogramm	Förderziel	Förderfähige Maßnahmen	Art der Förderung	Kontakt	Bemerkungen
Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)	Förderbereich Umwelttechnik	Die DBU fördert bereits einige Projekte zur Abwärmenutzung aus Abwasser. Ziel des Vorhabens ist es die Technologie der Abwasserwärmepumpen in Deutschland einzuführen.	Es sollen Grobanalysen und die Realisierung von Abwasserwärmepumpen durchgeführt werden.	Zuschuss	DBU Herr Dr. Digel Postfach 1705 49007 Osnabrück An der Bornau 2 49090 Osnabrück Telefon (0541)9633-0  E-Mail: info@dbu.de	
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)	BMU-Programm zur Förderung von Demonstrationsvorhaben	Verminderung von Umweltbelastungen	Demonstrationsvorhaben in großtechnischem Maßstab unter anderem in folgenden Bereichen: Abwasserreinigung/Wasserbau, rationelle Energieverwendung und Nutzung, erneuerbare Energien, umweltfreundliche Energieversorgung und –verteilung	Zinszuschuss zum KfW-Darlehen	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit Alexanderplatz 6 11055 Berlin Tel: 0188 / 3 05-22 40 Fax: 01888 / 3 05-43 75  Email: service@bmu.bund.de.	



**Übersichtstabelle Fördermöglichkeiten für die Straßenbeleuchtung**

<u>Land Bayern</u>	<u>Förderprogramm</u>	<u>Förderziel</u>	<u>Förderfähige Maßnahmen</u>	<u>Art der Förderung</u>	<u>Kontakt</u>	<u>Bemerkungen</u>
Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie	Bayerisches Programm Rationellere Energiegewinnung und –verwendung	Entwicklung und Anwendung neuer Energietechnologien, Durchführung von Untersuchungen zur rationelleren Gewinnung und Verwendung von Energie	erfolgsversprechende Vorhaben im Freistaat Bayern, die zur rationelleren Gewinnung und Verwendung von Energie bzw. zur Energieeinsparung beitragen	Zuschuss in der Regel bis zu 30 % der anrechenbaren Kosten, in Ausnahmefällen bis zu 50 %	StmWIVT Bayern Innovationsberatungsstelle Südbayern Prinzregentenstraße 26 80525 München Tel. 089 2162-2537 E-Mail: infoibs@stmwivt.bayern.de	
<u>Bund</u>	<u>Förderprogramm</u>	<u>Förderziel</u>	<u>Förderfähige Maßnahmen</u>	<u>Art der Förderung</u>	<u>Kontakt</u>	<u>Bemerkungen</u>
Bundesministerium für Umwelt	Klimaschutz-technologien bei der Stromnutzung	Förderung von Technologien bei der Stromnutzung, die kurzfristig zu einer nachhaltigen Reduzierung von Treibhausgasemissionen führen	Einbau effizienter Lampen und Leuchten mit hoher Lichtausbeute, Installation effizienter Lampen für bestehende Leuchtensysteme, Installation von LED Voraussetzung: Verbrauchsreduzierung um mind. 30%	Zuschuss bis zu 25 % der zuwendungsfähigen Ausgaben	Forschungszentrum Jülich Postfach 61 02 47 10923 Berlin  Tel: 030 20199-577 E-Mail: ptj-ksi@fz-juelich.de	Fördervolumen mindestens 3.000 Euro
Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)	KfW-Investitionskredit für Kommunen	Bereitstellung einer langfristigen Finanzierungsmöglichkeit für Kommunen	Investitionen der Kommunen in die kommunale und soziale Infrastruktur sowie im Bereich der Wohnwirtschaft	zinsgünstiges Darlehen, bei Beträgen unter 2 Mio Euro 100%, bei Beträgen ab 2 Mio Euro maximal 50 % der förderfähigen Investitionskosten	KfW Bankengruppe Palmengartenstraße 5 - 9 60325 Frankfurt am Main  Telefon: 069 74 31-0 Telefax: 069 74 31-29 44  E-Mail: info@kfw.de	Kombination mit öffentlichen Fördermitteln möglich



## **Förderungen zur Umsetzung von Klimaschutzkonzepten:**

### **Beratende Begleitung bei der Umsetzung von Klimaschutzkonzepten oder Teilkonzepten**

(Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: „Klimaschutzinitiative“)  
Zuschuss von bis zu 50%, max. 100.000€ für Projektmanagement, fachliche Unterstützung, Durchführung von Informationsveranstaltungen, Controlling, Beratung, Vernetzung und Öffentlichkeitsarbeit

### **Beratende Begleitung bei der Einführung und Weiterführung von Energiesparmodellen in Schulen und Kindertagesstätten**

(Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: „Klimaschutzinitiative“)  
Zuschuss für Personalkosten in Abhängigkeit der teilnehmenden Schulen / Kindertagesstätten sowie Sachkosten von maximal 10% der Personalkosten.



# Teilkonzept Liegenschaften

---



Beauftragt von: Gemeinde Veitshöchheim  
Ansprechpartner: Peter Wolf, Dipl.-Ing. (FH)

gefördert durch: Klimaschutzinitiative des BMU  
FZK 03KS0785

erstellt von: Architekturbüro Werner Haase  
Julius-Echter-Straße 59  
97753 Karlstadt

Projektleitung: Holger Keß, Dipl.-Ing. (FH), Dipl.-Biol.  
Jochen Spieß, Dipl.-Ing. (FH)

Bearbeitung: Felicitas Nickel, Dipl.-Ing. (FH)  
Jochen Spieß, Dipl.-Ing. (FH)

*Karlstadt, März 2011*



Inhalt

<b>1</b>	<b><u>EINLEITUNG</u></b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b><u>UNTERSUCHUNG DER EINZELNEN GEBÄUDE</u></b>	<b>4</b>
2.1	GRUNDLAGEN	4
2.2	VORGEHENSWEISE	4
2.3	BESTAND	5
2.4	EINSPARPOTENTIAL	7
2.5	PRIORITÄTEN	8
<b>3</b>	<b><u>FINANZIERUNGSMODELLE</u></b>	<b>11</b>
3.1	WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER ALTERSWERTMINDERUNG	12
<b>4</b>	<b><u>KLIMASCHUTZMANAGEMENT GEMEINDEEIGENER LIEGENSCHAFTEN</u></b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b><u>FÖRDERUNGEN</u></b>	<b>17</b>
<b>6</b>	<b><u>ZUSAMMENFASSUNG</u></b>	<b>17</b>
<b>7</b>	<b><u>INHALT ANHANG</u></b>	<b>18</b>
<b>8</b>	<b><u>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</u></b>	<b>19</b>
<b>9</b>	<b><u>TABELLENVERZEICHNIS</u></b>	<b>19</b>



## 1 Einleitung

Energieeinsparung wird für Kommunen ebenso wie für private Hausbesitzer ein immer wichtigeres Thema. Zum einen gilt es die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Gründen des Klimaschutzes zu senken, zum anderen nehmen die Energiekosten in Folge der steigenden Energiepreise einen immer größer werdenden Anteil an den laufenden Kosten ein. Mit steigendem Anteil an energetischen Betriebskosten wird der finanzielle Spielraum für die Zukunft weiter eingeschränkt. Das Diktat der Unterhaltshaushalte bestimmt das haushaltspolitische Handeln, außer die Kommunen schaffen sich heute schon haushaltspolitischen Spielraum, indem sie die Energiekosten von der allgemeinen exponentiellen Energiepreissteigerung entkoppeln.

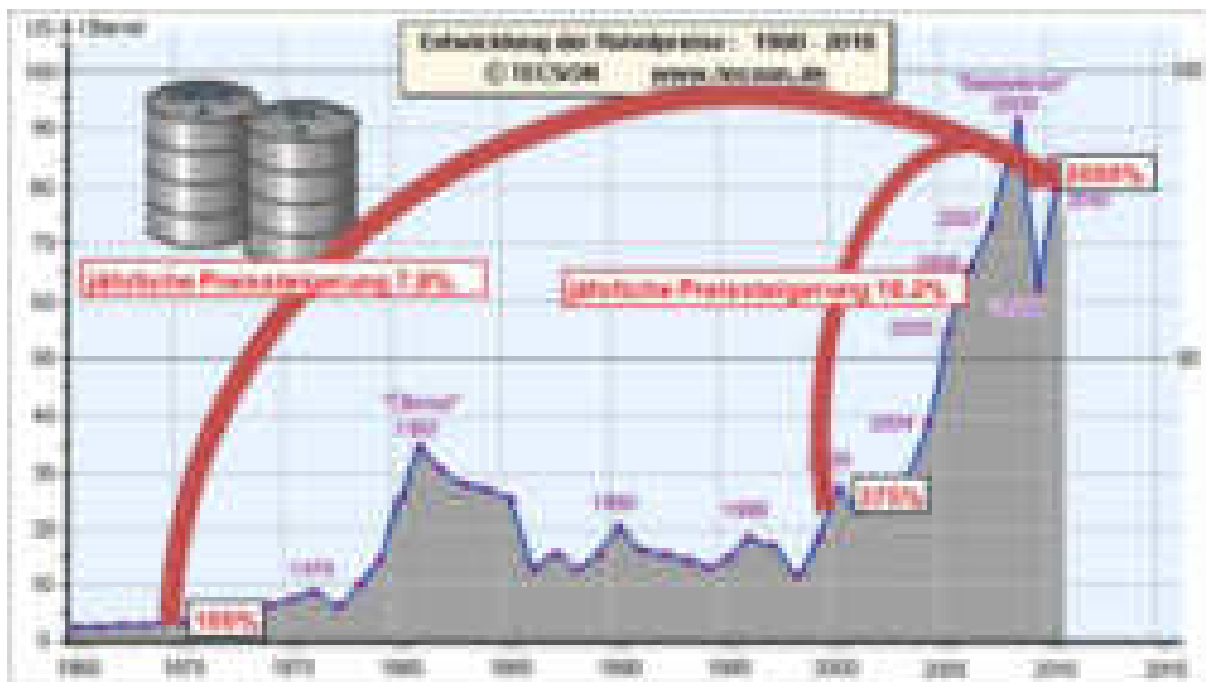


Abbildung 1.1: Ölpreisentwicklung

Auch wenn die gemeindeeigenen Liegenschaften auf den Gesamtverbrauch der Gemeinde bezogen einen nur geringen Anteil ausmachen, ist die Betrachtung der Liegenschaften für das Gesamtkonzept wichtig. So liegt der Gesamtverbrauch immerhin bei ca. 2,7 Millionen kWh/a für Wärme und bei ca. 0,5 Millionen kWh/a für Strom, was einer jährlichen CO<sub>2</sub>-Emission von über 1.100 t entspricht. Neben dieser direkten Einsparung kann die Sanierung der Gemeindeeigenen Gebäude eine Vorbildfunktion für die Einwohner der Gemeinde und andere Kommunen darstellen, und zu weiteren Sanierungen andere Gebäude führen, die wiederum zur CO<sub>2</sub>-Minderung beitragen können.



## 2 Untersuchung der einzelnen Gebäude

### 2.1 Grundlagen

Als Grundlage der Untersuchungen dienten die klimabereinigten Verbrauchsdaten für Strom, Wärme und Wasser von drei aufeinanderfolgenden Jahren, die Informationen der Hausmeister und Nutzer vor Ort sowie die Begehung der Gebäude. Zur Ermittlung der energetisch relevanten Kosten wurden Bauteilpreise auf Grundlage von bereits gebauten Objekten und des Baukosteninformationszentrums (BKI) über Bauteilflächen hochgerechnet, die Gebäudetechnik wurde über Kennwerte pro Nettogrundfläche ermittelt.

### 2.2 Vorgehensweise

Die Verbrauchsdaten der Gebäude wurden klimabereinigt, sämtliche gebäudespezifischen Daten in einem Standardformular zur direkten Vergleichbarkeit der Objekte dokumentiert und in einen spezifischen Kennwert ( $\text{kWh/m}^2 \text{ a}$ ) umgerechnet, der mit den EnEV 2009-Vergleichskennwerten für Nichtwohngebäude verglichen wurde. Bei den Vergleichskennwerten handelt es sich um einen im Rahmen der EnEV 2007 aus dem Gebäudebestand ermittelten Mittelwert, der an das Niveau der EnEV 2009 angepasst wurde, aber nicht mit dem Referenzwert einer Berechnung vergleichbar ist. Parallel dazu wurden die einzelnen Gebäude vor Ort hinsichtlich ihrer energetisch relevanten Bauteile untersucht. Aus diesen Bestandsuntersuchungen sowie den vorhandenen Bauunterlagen wurden der U-Wert sowie die Flächen der Hüllbauteile grob ermittelt und daraus über eine vereinfachte Berechnung der Heizwärmebedarf berechnet. Das mögliche energetische Sanierungspotential sowie die Kosten für diese Maßnahmen wurden abgeschätzt und mit Hilfe der schon im Bestand verwendeten Berechnung in einen Wärmebedarf umgewandelt. Zur Abschätzung der Kosten wurden nur die energetischen Maßnahmen berücksichtigt, ohne Nebenkosten, da diese sehr projektspezifisch unterschiedlich ausfallen können. Dabei wurde bei Sanierungen der Hüllfläche über feste  $\text{m}^2$ -Preise ermittelt, die für einzelne Gebäude gegebenenfalls angepasst wurden, bei der Technik wurde über die NGF je nach Umfang und Komplexität gerechnet. (vgl. *Tabelle 2.1 verwendete Kostenkennwerte*) Nach Abgleich der Berechnungsergebnisse mit dem tatsächlichen Verbrauch konnte die  $\text{CO}_2$ -Einsparung berechnet werden. Die Ergebnisse wurden dann zusammengefasst und mündeten in eine Sanierungsempfehlung. Für die Feinanalyse wurden zusätzlich baukonstruktive Details betrachtet, eine einfache 1-Zonen-Berechnung nach DIN 18599 sowie eine Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt.



Bauteil	Maßnahme	Kosten
Außenwand	WDVS, 20cm Mineralschaum WLG 045	130 €/m <sup>2</sup>
Außenwand	Innendämmung, 10cm Mineralschaum / Perlite Dämmung	90 €/m <sup>2</sup>
Steildach	Zwischensparren + Auf-/ Untersparren, gesamt 25cm WLG 040	150 €/m <sup>2</sup>
Flachdach	25cm WLG 035 + neue Abdichtung	200 €/m <sup>2</sup>
Fenster	2+1 oder 3-fach (wenn möglich Holz-Alu)	650 €/m <sup>2</sup>
Fenster, Denkmal	wenn möglich: Vitrinenfenster mit Bestandsaußenfenster	450 €/m <sup>2</sup>
Lüftung	einfach	70 €/m <sup>2</sup> NGF
	schwierig	90 €/m <sup>2</sup> NGF
Beleuchtung	einfach	40 €/m <sup>2</sup> NGF
	schwierig	50 €/m <sup>2</sup> NGF
	Museum	60 €/m <sup>2</sup> NGF

Tabelle 2.1 verwendete Kostenkennwerte

### 2.3 Bestand

Die Liegenschaften der Gemeinde sind sowohl von Größe und Typ als auch vom Baualter und energetischen Standard sehr unterschiedlich. Die ältesten Gebäude sind aus der Mitte des 18. Jahrhunderts, das neuste Gebäude ist im Jahr 2001 erbaut. Entsprechend sind die verschiedensten Bauteilaufbauten und Konstruktionen vorhanden. Die CO<sub>2</sub>-Emission der Liegenschaften beträgt im Bestand ca. 1100 t pro Jahr, wobei jeweils knapp ein Drittel durch Eichendorffschule und Sportzentrum emittiert wird (vgl. *Abbildung 2.1: Anteil der CO<sub>2</sub>-Emissionen Bestand* und *Abbildung 2.2: Energieverbrauch Bestand*).





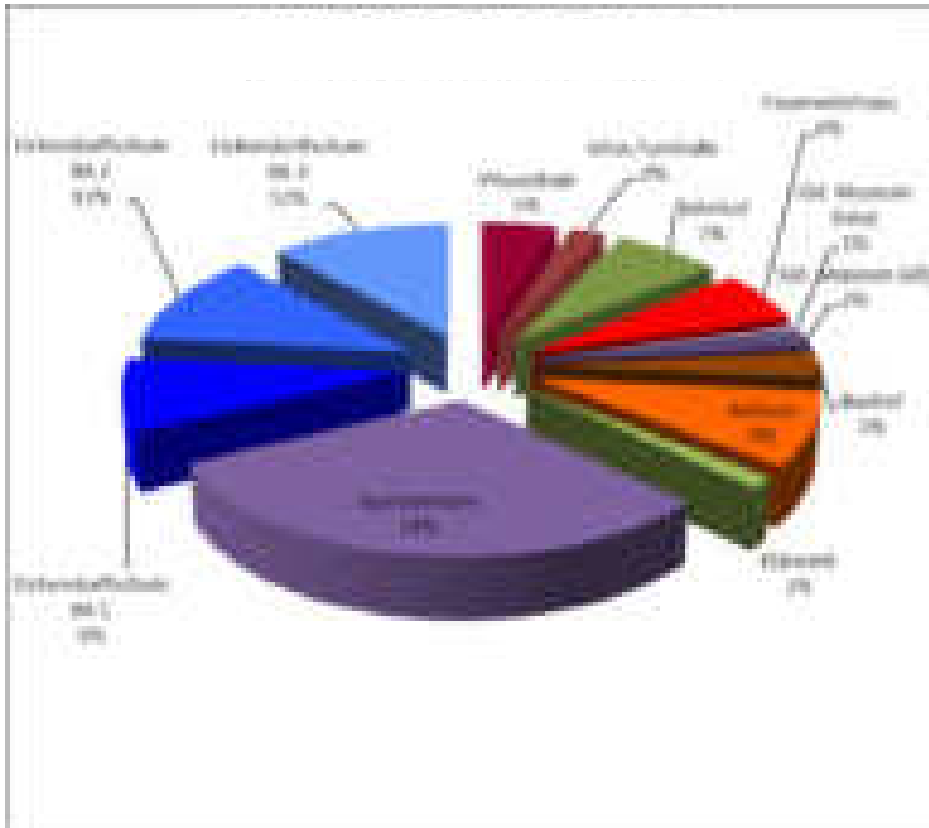


Abbildung 2.1: Anteil der CO<sub>2</sub>-Emissionen Bestand

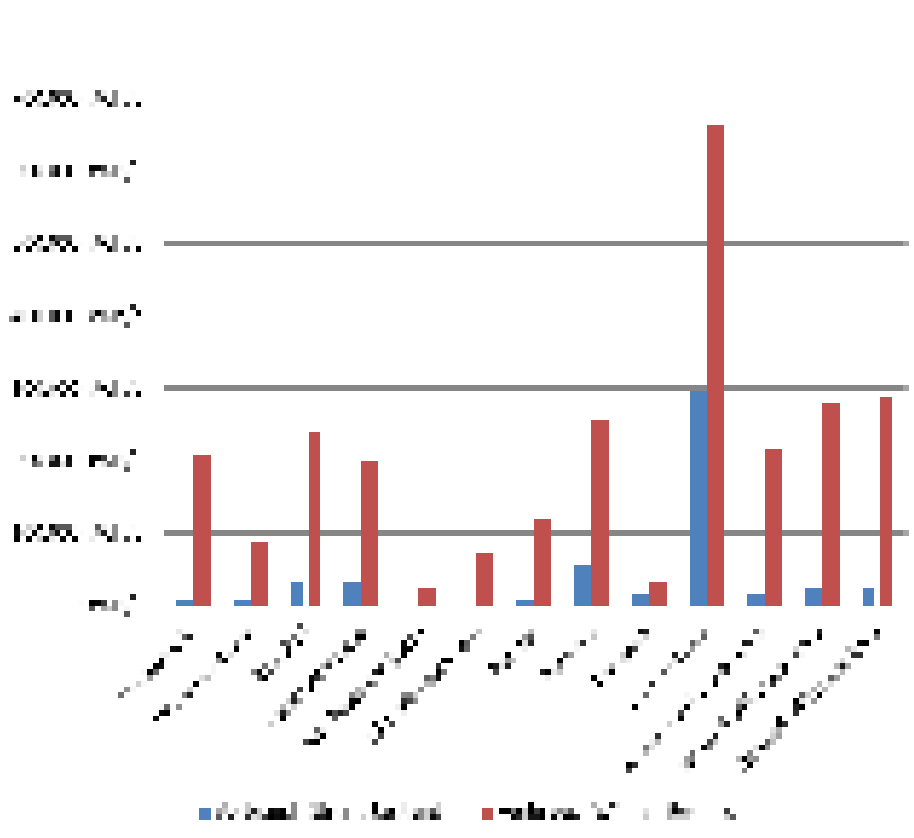


Abbildung 2.2: Energieverbrauch Bestand



## 2.4 Einsparpotential

Das Einsparpotential der Gebäude ist sowohl absolut als auch relativ gesehen sehr unterschiedlich (vgl. *Abbildung 2.3: Einsparpotential* und *Abbildung 2.4: Vergleich des Energieverbrauchs Bestandsgebäude – saniert*). Über alle Liegenschaften gerechnet kann die CO<sub>2</sub>-Emission um ca. 50% verringert werden, was ungefähr 520 t pro Jahr entspricht.



Abbildung 2.3: Einsparpotential der CO<sub>2</sub>-Emissionen bei Sanierung

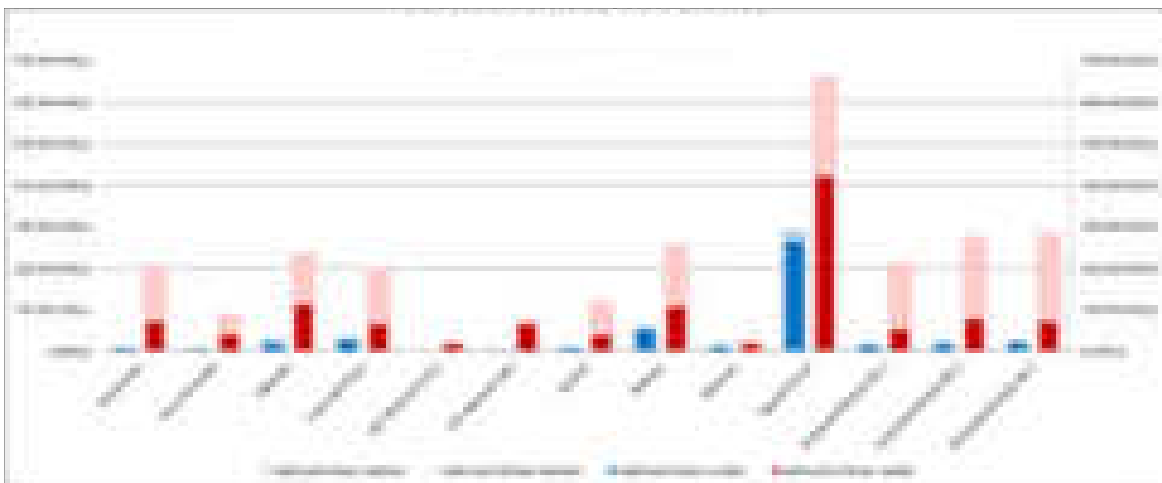


Abbildung 2.4: Vergleich des Energieverbrauchs Bestandsgebäude – sanierte Gebäude



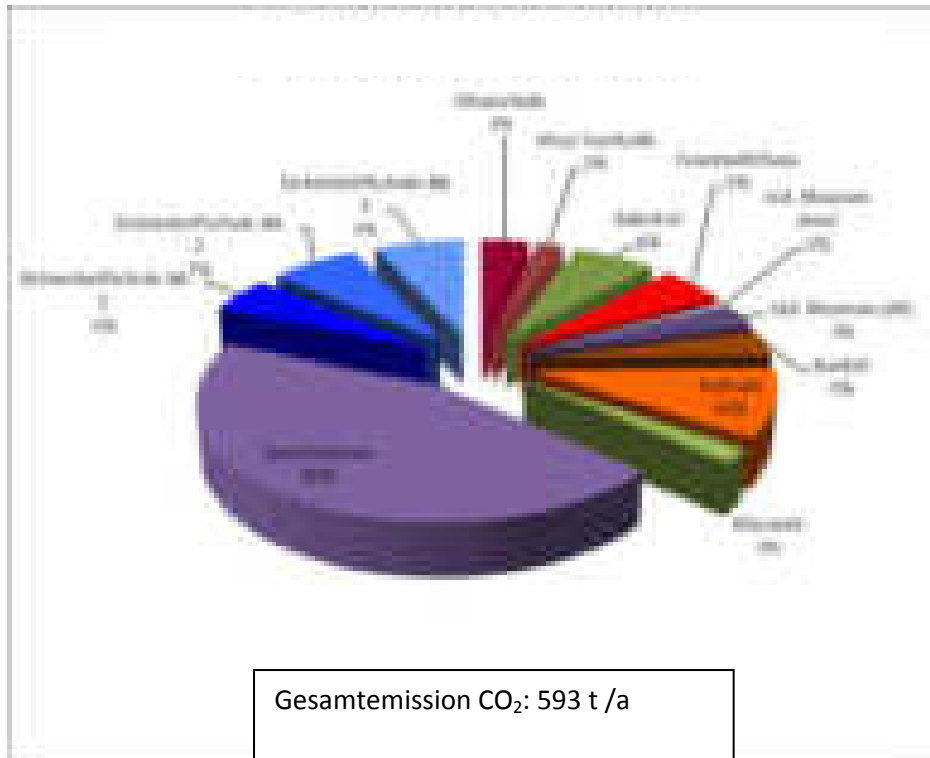


Abbildung 2.5: Anteil der CO<sub>2</sub>-Emission nach der energetischen Sanierung

Bei den vorgeschlagenen Maßnahmen wurde, wenn sinnvoll und technisch möglich, zur Vergleichbarkeit der voraussichtliche energetische Standard im Niveau der EnEV 2012 angesetzt. Die einzelnen Maßnahmen werden im textlichen Teil der einzelnen Gebäude (s. Anhang) näher beschrieben. Da im parallel erstellten Gesamtkonzept die Möglichkeiten einer Wärmeversorgung für das Gemeindegebiet erarbeitet werden, wurde bei der Betrachtung der Liegenschaften die Wärmeversorgung zunächst unverändert gelassen. Ebenfalls wurde die Wärmeübergabe nicht berücksichtigt, da diese keine direkte energieeinsparende Maßnahme darstellt, sondern der Austausch meist nutzungsbedingt (meist ist das technische Baualter längst überschritten) notwendig ist, und somit als Sowieso-Maßnahme einzustufen ist.

## 2.5 Prioritäten

Um Prioritäten für die Sanierung der Gebäude zu finden, wurden folgende Punkte berücksichtigt: Kosten der energetisch relevanten Maßnahmen pro Tonne jährlich eingespartem CO<sub>2</sub>, öffentliches Interesse und Sanierungsbedarf allgemein.

Das heißt Gebäude mit geringen Sanierungskosten, hohem Einsparpotential an CO<sub>2</sub>, bei denen in näherer Zukunft größere Bauunterhaltsmaßnahmen anstehen und die im öffentlichen Interesse stehen, haben die höchste Priorität. Unabhängig durchführbare Maßnahmen wie Austausch der Beleuchtung sollten bei Objekten mit niedriger Priorität trotzdem in nächster Zeit, losgelöst von den sonstigen Sanierungsmaßnahmen durchgeführt werden. Ebenfalls vorzuziehen sind Maßnahmen, die im Rahmen von direkt anstehenden Bauunterhaltsmaßnahmen durchgeführt werden können (z.B. Dämmung des Daches bei Neueindeckung).



In allen Gebäuden sollte zeitnah der hydraulische Abgleich von einem Fachmann überprüft und gegebenenfalls durchgeführt werden.

Priorität	Gebäude		
1 – unmittelbar (0 bis 5 Jahre)	Turnhalle Vitusschule (gesamt)	Eichendorffschule (gesamt)	Beleuchtung Bahnhof + jüd. Museum
2 – Kurzfristig (6-10 Jahre)	Rathaus (gesamt)	Vitusschule (Gesamt)	Beleuchtung Bauhof + Feuerwehrhaus
3 – Mittelfristig (11-20 Jahre)	3-fach-Halle + Schwimmbad (gesamt)	Bahnhof (gesamt)	Feuerwehrhaus (gesamt)
4 - Langfristig (21 bis 30 Jahre)	Bauhof (gesamt)	Jüd. Museum (gesamt)	Betriebsgebäude Klärwerk

Tabelle 2.2 Sanierungsprioritäten

Die **Eichendorffschule** mit ihren drei älteren Bauabschnitten ist in einem, energetisch gesehen, sehr schlechten Zustand. Sie ist einer der Hauptverbraucher der gemeindeeigenen Liegenschaften. In Verbindung mit dem Baualter und der damit verbundenen geringen Restlebensdauer des Gebäudes besteht hier ein hoher Handlungsbedarf, so dass die Eichendorffschule in den nächsten Jahren bauabschnittsweise saniert werden sollte.

Eine ähnliche Priorität hat die **Turnhalle der Vitusschule**. Diese ist in einem ebenfalls schlechten energetischen Zustand. Zudem bestehen große Mängel in der Nutzbarkeit (sommerliche Überhitzung, Blendung bei Sonnenschein, Schäden durch Kälte und Feuchtigkeit im Geräteraum). Im Gegensatz zur Eichendorffschule ist die Turnhalle eine eher kleine Maßnahme, bei der daher allerdings absolut gesehen auch nur geringes Einsparpotential besteht.

Ebenfalls möglichst schnell sollte im **Bahnhof (Bücherei)** und im **jüdischen Museum** die **Beleuchtung** ausgetauscht werden. Die bestehenden Leuchten haben einen sehr hohen Energieverbrauch, sind zum Teil nicht ausreichend hell (Bahnhof) und entsprechen daher nicht mehr dem Stand der Technik. Sie sollten durch energieeffiziente, der Nutzung angepasste Leuchten ersetzt werden. Hier besteht großes Einsparpotential beim Stromverbrauch.

**Rathaus** und **Vitusschule** haben aufgrund ihrer Bauweise (massives Mauerwerk aus Voll- bzw. Natursteinen) und ihres schlechten Dämmstandards einen sehr hohen Energieverbrauch. Da hier bei einer Sanierung allerdings nur eine Innendämmung zum Einsatz kommen kann, ist das Einsparpotential nicht ganz so hoch. Bei beiden Gebäuden (bis auf Brandschutzaspekte, die noch geprüft werden sollten) bestehen keine größeren Defizite in der Nutzung, so dass die beiden Gebäude nicht unmittelbar saniert werden müssen. Aufgrund der zentralen Lage, des Baualters und der Funktion wird die Sanierung dieser Gebäude jedoch im Blickpunkt der Öffentlichkeit stehen, was zusammen mit dem hohen energetischen Sanierungsbedarf zu einer kurzfristigen Sanierung führen sollte.

Als kleinere Maßnahmen sollte die schlechte **Beleuchtung** im **Feuerwehrhaus** und im **Betriebsgebäude** des Bauhofs ebenfalls kurzfristig ausgetauscht werden.



Dies kann jedoch auch in Verbindung mit einer mittelfristig sinnvollen energetischen Sanierung (**Feuerwehrhaus**) geschehen, so dass hier nicht mehrere Maßnahmen nacheinander durchgeführt werden müssen. Beim Feuerwehrhaus besteht trotz des recht jungen Baualters ein hohes Einsparpotential, so dass die Priorität nur aufgrund des noch guten Zustandes eher niedrig anzusetzen ist.

Auch wenn die **Sporthalle mit Schwimmbad** der größte Verbraucher der gemeindeeigenen Liegenschaften ist, ist die Priorität hier nicht allzu hoch anzusetzen. Das Gebäude ist relativ neu, die bestehenden konstruktiven Schwachpunkte an der Schwimmhalle werden in nächster Zeit im Rahmen einer Mängelbeseitigung behoben. Die Kosten einer energetischen Ertüchtigung des Gebäudes sind sehr hoch, so dass eine Sanierung eher mittelfristig durchgeführt werden sollte. Sollten bei der Behebung der Mängel im Schwimmbad größere Maßnahmen an Hüllbauteilen oder technischen Geräten notwendig werden, ist die Ausführung in einem hohen energetischen Standard zu empfehlen.

Beim **Bahnhof** ist aufgrund des Denkmalschutzes ebenso auf eine Außendämmung zu verzichten wie bei Rathaus und Vitusschule. Die aufwendigen Maßnahmen sowie die vorgezogen empfohlene Beleuchtungssanierung ergeben auch hier eine eher geringe Priorität, so dass die Sanierung als mittelfristige Maßnahme empfohlen wird.

Mittel- bis langfristig sollte auch der **Bauhof** saniert werden. Dies sollte dann vorgezogen werden, sofern die derzeit nicht sehr intensive Nutzung sich ändert. Aufgrund der Bauweise ist das Einsparpotential relativ gesehen sehr hoch, aufgrund der Nutzung ist die absolute Einsparung jedoch eher gering.

Ebenfalls gering ist das Potential beim **jüdischen Museum**, da hier große Teile der Außenwände (Altbau) nicht gedämmt werden können und die regelmäßige Nutzungszeit ebenfalls eher gering ist.

Am Ende der Priorität steht das **Betriebsgebäude des Klärwerks**; dieses ist erst ca. 10 Jahre alt und weist entsprechend den besten energetischen Standard auf.

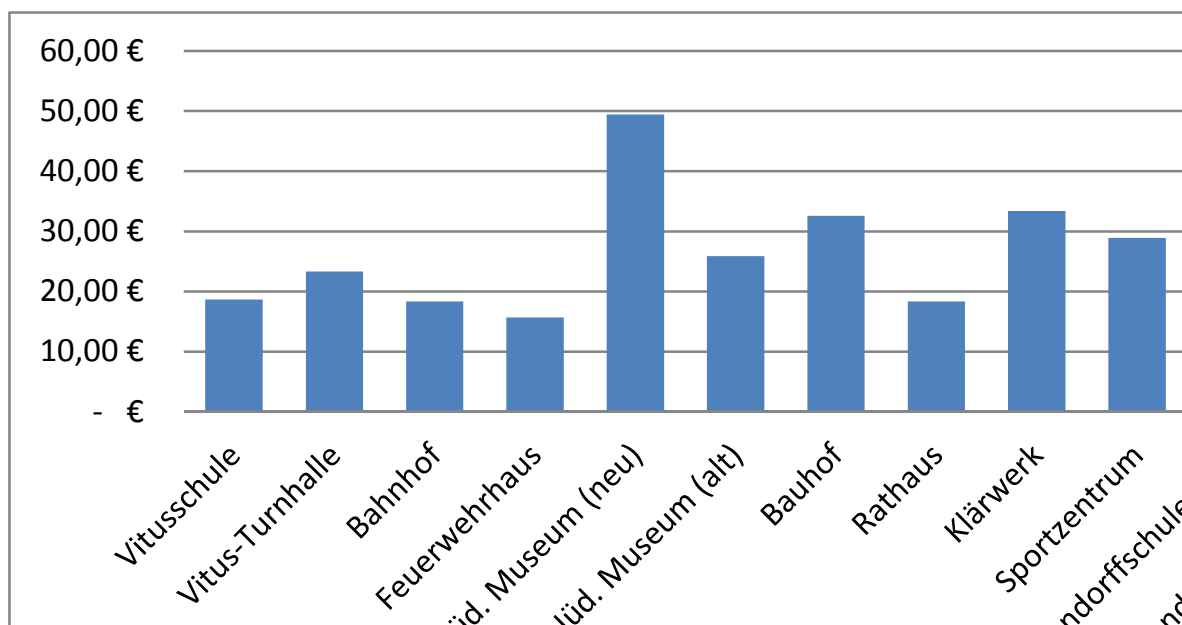
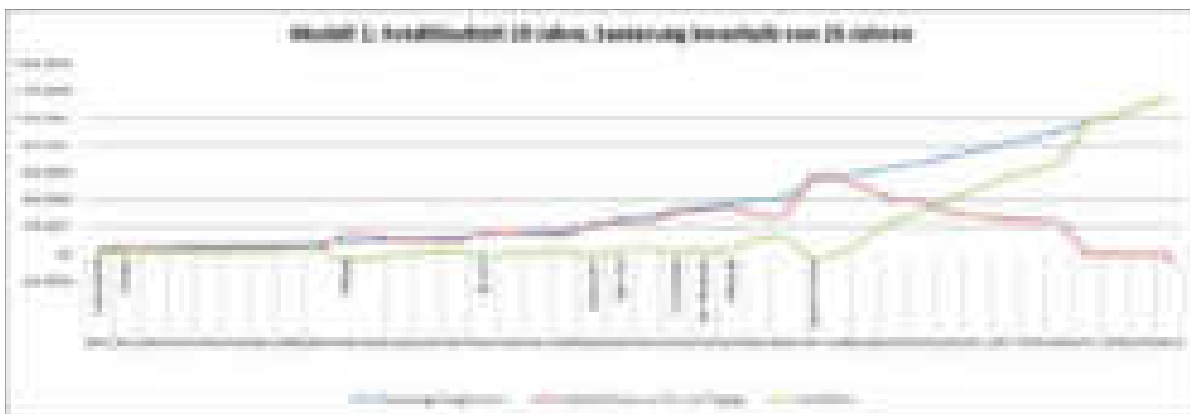


Abbildung 2.6: Gebäudevergleich der Sanierungskosten pro kg eingespartem CO<sub>2</sub>

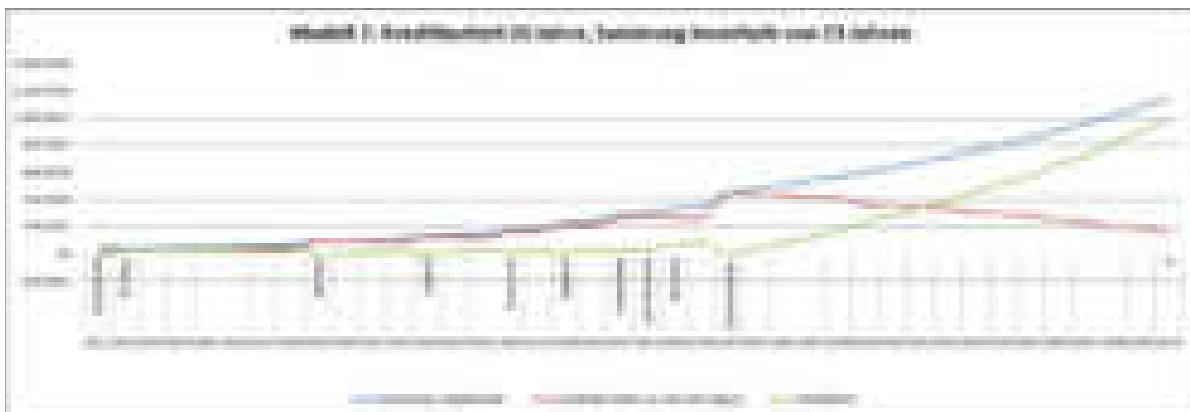


### 3 Finanzierungsmodelle

Die Gesamtsumme von fast 10 Mio. € für die energetischen Sanierungen der Liegenschaften lässt sich mit einer Erstinvestition von ca. 30% (z. B. Eichendorffschule) recht gut über die Einsparung der Energiekosten finanzieren. In den folgenden Modellen wird die Energiekosteneinsparung bereits sanierter Gebäude zum Tilgen der Kredite neuer Sanierungen verwendet. Werden ausreichend große Abstände zwischen den Sanierungen sowie lange Kreditlaufzeiten gewählt, müssen keine weiteren Mittel verwendet werden. Je dichter die Sanierungen aufeinanderfolgen, desto mehr Fremdmittel müssen verwendet werden, desto besser wird hier allerdings auch die Gesamtbilanz nach 30 Jahren. Zusätzliche Einsparungen aufgrund des geringeren Bauunterhalts wurden hier nicht eingerechnet, da bei den Investitionskosten ebenfalls nur energetische Kosten berücksichtigt wurden. Bei diesem Modell wird die Priorität der Maßnahmen noch stärker von den Gesamtkosten beeinflusst, so dass nie zwei größere Maßnahmen dicht aufeinander folgen sollten.

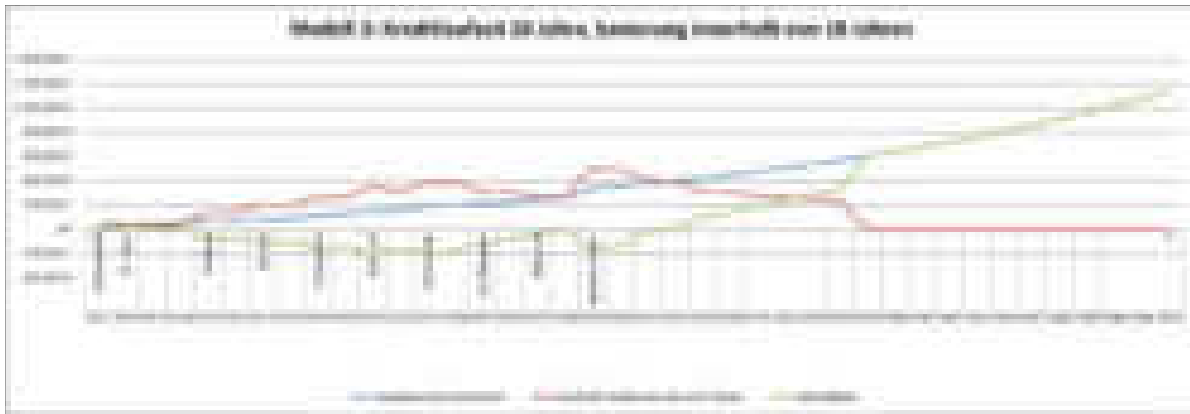


Modell 1: Die geringe Kreditlaufzeit von 10 Jahren verursacht höhere jährliche Ausgaben für die Tilgung, so dass von allem in den ersten Jahren die Abstände der Sanierungen recht groß sein müssen. Die Belastungen führen jeweils maximal ein bis zwei Jahre zu einer negativen Jahresbilanz, die aber sonst die meiste Zeit nahe Null oder positiv ist. Die Reihenfolge der Sanierungen hält sich grob an die Prioritäten, ist aber hier auch von der Größe des Objektes beeinflusst.



Modell 2: Die hohe Kreditlaufzeit von 20 Jahren verursacht geringere Tilgungskosten pro Jahr. Dadurch können die Sanierungen etwas dichter aufeinanderfolgen, ohne dass die Jahresbilanz negativ wird; dafür sind die Gesamtaufwendungen für Zinsen insgesamt höher, was sich wiederum auf die Gesamtbilanz auswirkt.





Modell 3: Hierbei werden wieder kurzlaufende Kredite in Anspruch genommen, dabei allerdings auf eine möglichst vollständige Finanzierung der nachfolgenden Sanierungen durch die Energiekosteneinsparungen verzichtet und die Sanierungen in minimal möglichem Abstand (im Schnitt zwei Jahre) durchgeführt. Dies führt zunächst nahezu dauerhaft zu finanziellen Belastungen, insgesamt aber zu der besten Gesamtbilanz, da sehr schnell von Energiekosteneinsparungen profitiert werden kann. Trotz der großen Sanierungsdichte werden 200.000€ im Jahr für die Mehraufwendungen nie überschritten.

**Abbildung 3.1: Modelle zur Finanzierung durch Energiekosteneinsparung**

Die in Modell 3 vorkommenden negativen Jahresbilanzen werden leicht mit der Unwirtschaftlichkeit einer Maßnahme verwechselt, bedeuten aber nur, dass in dem entsprechenden Jahr mehr Geld investiert werden muss, als die Energieeinsparungen gegenüber dem Bestand einbringen. Da hier dichtgedrängt Sanierungen aufeinanderfolgen, entstehen hier natürlich zunächst einmal Kosten, die erst nach Tilgung des letzten Kredits (hier: 2039) wegfallen. Ungefähr auf diesem Zeitpunkt fällt auch die Gesamtamortisation aller aufgezeigten Sanierungen. Hierbei wurde die Sicherung bzw. Steigerung des Gebäudewertes nicht berücksichtigt. Im folgenden Abschnitt wird der Einfluss der Lebenszykluskosten auf die Gesamtinvestitionen exemplarisch aufgezeigt.

### 3.1 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unter Berücksichtigung der Alterswertminderung

In einer mittel- bis langfristigen Betrachtungsweise hat die Sicherung des Gebäudewertes durch Sanierungen einen großen Einfluss auf die Gesamtinvestitionskosten, die hier deutlich unter denen von punktuellen Reparaturmaßnahmen liegen.

Bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit von Gebäuden wird normalerweise das sanierte Gebäude mit dem unsanierten Gebäude verglichen. Hierbei wird vernachlässigt, dass der Wert des sanierten Gebäudes nach der Sanierung weit über dem des unsanierten Gebäudes liegt. Das unsanierte Gebäude dagegen muss spätestens bei Erreichen seiner Lebensdauer aufwendig saniert bzw. abgerissen und neu gebaut werden. Eine Vergleichbarkeit der auflaufenden Kosten beider Vorgehensweisen kann erzielt werden, wenn die Gebäude auf den gleichen Gebäuderestwert normiert werden. Dazu wird am Ende der Lebenszeit des nicht sanierten Gebäudes bei beiden



Varianten der gleiche Gebäudestandard hergestellt (s. *Normierungspunkt Abbildung 3.3: Gebäuderestwert*) Anhand vom tatsächlichen Gebäudealter, Gebäudetyp, Baustandard sowie bisher durchgeführter Sanierungsmaßnahmen wird ein rechnerisches Gebäudealter sowie die Restlebensdauer des Gebäudes ermittelt. Über die allgemein anerkannte Alterswertminderung nach Ross und das Sanierungsvolumen kann nun grob der ursprüngliche Gebäudewert ermittelt werden. Dieser wird mit Kennwerten aus dem Baukosteninformationszentrum verglichen und verifiziert. Die Wertsteigerung durch eine heute durchgeführte Sanierung wird beim Gebäudewert berücksichtigt.

Für den Zeitpunkt des berechneten Endes der Gebäudelebensdauer des unsanierten Gebäudes werden folgende Maßnahmen angenommen. Neubau (die Abrisskosten werden hier nicht berücksichtigt) des bisher unsanierten Gebäudes mit 100% des Gebäudeneuwertes. Sanierung des heute sanierten Gebäudes auf Gebäudeneuwert mit den nach Ross ermittelten notwendigen Kosten. Nun sind beide Varianten auf dem gleichen Gebäudewert und können somit hinsichtlich der bisher notwendigen Kosten wirklich verglichen werden.

Es ist deutlich ablesbar, dass eine optimierte Sanierung punktuellen Maßnahmen vorzuziehen ist. Diese vollständigere Ermittlung der Wirtschaftlichkeit zeigt den Vorteil einer ganzheitlichen Betrachtungsweise von Unterhalts- und Sanierungskosten auf.

Da die Grundlagen nur sehr aufwendig und mit vielen Unsicherheiten zu ermitteln sind, wurde der Vergleich an einen Gebäude mit vereinfachten Abschätzungen vorgenommen. So ist das vorhandene Ergebnis mehr als Prinzip denn als exakte Kosten zu verstehen.

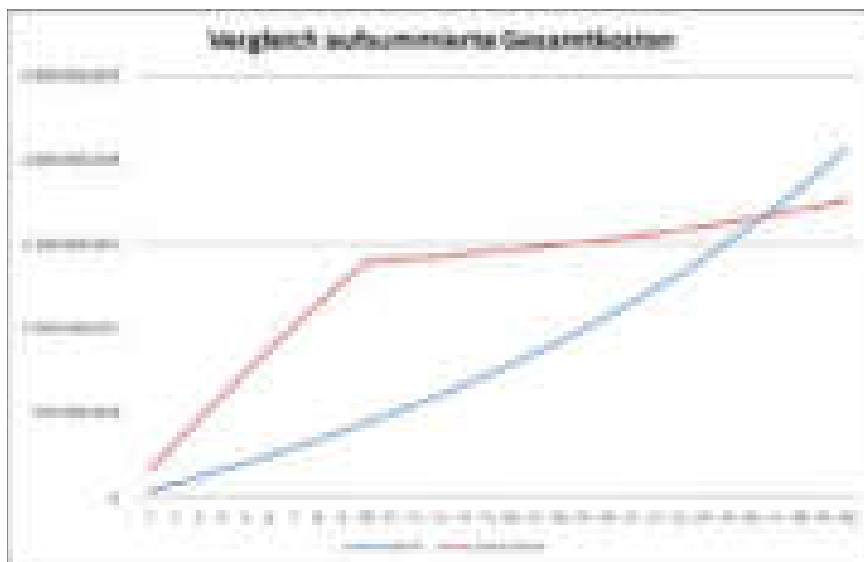


Abbildung 3.2: Gesamtkosten ohne Berücksichtigung der Alterswertminderung





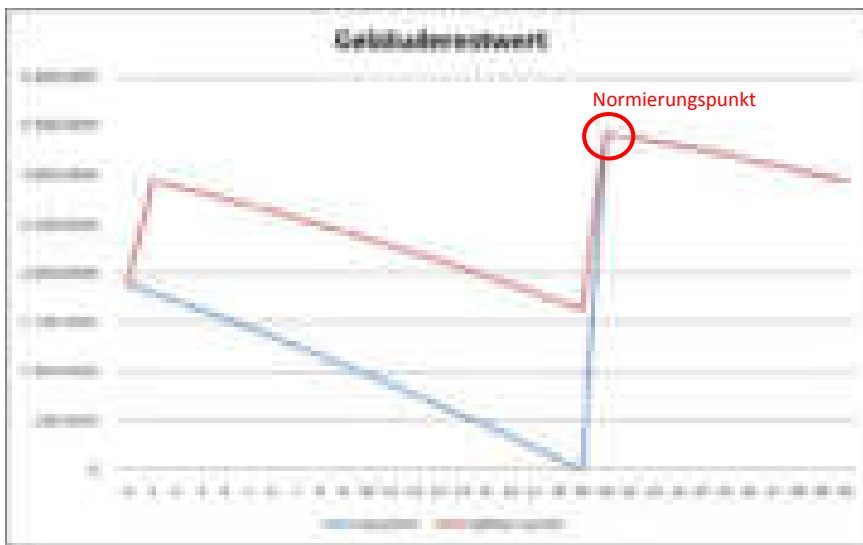


Abbildung 3.3: Gebäuderestwert

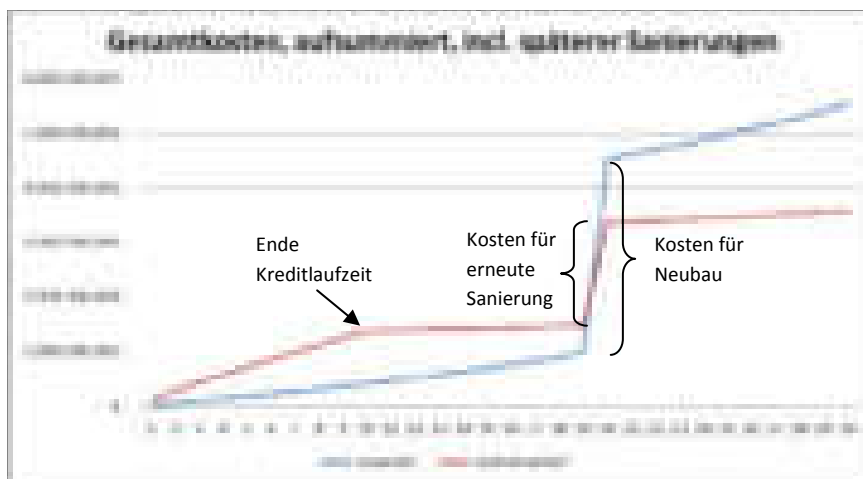


Abbildung 3.4: Gesamtkosten unter Berücksichtigung späterer Sanierungen

Die dargestellten Diagramme wurden exemplarisch für ein Gebäude in der Größenordnung eines Bauabschnitts der Eichendorffschule (Kosten der Sanierung ca. 1 Mio. €) erstellt und sind von den Daten am ersten Bauabschnitts der Schule orientiert.



## 4 Klimaschutzmanagement gemeindeeigener Liegenschaften

Das Klimaschutzmanagement von Gebäuden hat zum Ziel, den Einsatz von Energie zu optimieren. Da in den meisten Gemeinden keine Daten zum energetischen Zustand der gemeindeeigenen Gebäude, zum Energieverbrauch oder zum Nutzerverhalten vorliegen, können vorhandene Energieeinsparpotentiale oft nicht ausgeschöpft werden. Die erstellten Datenblätter für die Gebäude in Veitshöchheim (siehe Anhang) geben der Gemeinde einen Überblick über den energetischen und gebäudetechnischen Ist-Zustand, den Energieverbrauch sowie mögliche Sanierungsmaßnahmen und bilden die Basis für das kommunale Klimaschutzmanagement. Zu den weiteren Schritten gehört die regelmäßige Auswertung der Zählerstände. Die Verbrauchszahlen der Sparten Strom, Wasser und Gas bzw. Wärme müssen jährlich einer Überprüfung und einer anschließenden Analyse unterzogen werden, um aus diesen Ergebnissen entsprechende Schlüsse zu ziehen. Aus den gewonnenen Rohdaten wird der jährliche CO<sub>2</sub>-Ausstoß und der Primärenergieverbrauch errechnet und mit den vorangegangenen Jahren verglichen. Hieraus ist eine Trendentwicklung abzulesen und zu bewerten. Die Aktivitäten im Rahmen des kommunalen Klimaschutzkonzeptes sollten von den für das Klimaschutzmanagement zuständigen Mitarbeitern konzipiert, betreut und regelmäßig (z.B. jährlich) bilanziert werden. So erhält der Gemeinderat eine wichtige Entscheidungshilfe, um die Ressourcen, die auf kommunaler Ebene zur CO<sub>2</sub>-Verringerung notwendig sind, so effizient wie möglich einzusetzen. Es ist sinnvoll, wenn die Aufgaben des Klimaschutzmanagements bei einem Mitarbeiter zusammenlaufen, da die Zuständigkeiten in Gemeinden häufig aufgesplittet sind. Dafür ist es eventuell nötig, zusätzliches Personal einzustellen. Der Leitfaden „Energie-Management kommunaler Liegenschaften“ des Wirtschaftsministeriums Baden-Württemberg empfiehlt für Gemeinden von der Größe Veitshöchheims mit 10.000 bis 15.000 Einwohner einen Ingenieur oder Versorgungstechniker als „Energiemanager“<sup>1</sup>. Da die Einwohnerzahl Veitshöchheims knapp unter 10.000 Einwohnern liegt, ist auch eine Kooperation mit den Nachbargemeinden denkbar.

Großen Einfluss auf den Erfolg des Klimaschutzmanagements haben auch die Gebäudenutzer und Anlagenbetreuer. Klare Vorgaben der Verwaltung (z.B. durch Dienstanweisungen) helfen den Anlagenbetreuern Entscheidungsunsicherheiten zu vermeiden. Unsachgemäße Bedienung führt auch bei modernen gebäudetechnischen Anlagen zu vermeidbaren Mehrverbräuchen. Deshalb sollten regelmäßige Schulungen ein wesentlicher Teil des Klimaschutzmanagements sein.

Trotz großer Zufriedenheit mit dem örtlichen Energieversorgungsunternehmen sollten in regelmäßigen Abständen die Bezugskonditionen und Verträge überprüft werden, ob dieser noch auf die Bedürfnisse zugeschnitten sind. Da sich die Anforderungen in den kommenden Jahren durch Sanierungen stark ändern können, ist es ratsam die bestehenden Verträge auf Sinnhaftigkeit zu überprüfen. Durch die Liberalisierung des Energiemarktes bietet es sich an, die Konditionen anderer Anbieter zu prüfen und gegebenenfalls die Verträge neu zu verhandeln.

---

<sup>1</sup> Wirtschaftsministerium Baden Württemberg: Energie-Management kommunaler Liegenschaften, 1999, S. 19



Die 10 Schritte des kommunalen Klimaschutzmanagements<sup>2</sup>:

- |               |  |
|---------------|--|
| Vorbereitung  | 1. Organisatorische Vorbereitung (Ziele, Organisation, Entscheidungskompetenzen)   |
| Erfassung     | 2. Übersicht über die vorhandene Datenlage (Gebäudedaten, Verbrauchsdaten)   |
|               | 3. Bildung von Energieverbrauchskennwerten   |
|               | 4. Grobdiagnose nach Prioritätenliste (10 energieintensivste Liegenschaften)   |
| Optimierung   | 5. Verbrauchskontrolle   |
|               | 6. Stammdatenerfassung   |
|               | 7. Maßnahmenplanung (langfristiger Investitionsplan)   |
| Dokumentation | 8. Optimierter Gebäudebetrieb  |
|               | 9. Die Maßnahmen und ihre laufende Überwachung   |
|               | 10. Erstellung eines fortschreibbaren Energieberichts und öffentliche Darstellung der Einsparergebnisse (im Idealfall online auf der Internetseite der Gemeinde) |

Um kontinuierlich Daten erfassen und die Wirksamkeit von Energieeinsparmaßnahmen überprüfen zu können, ist ein wirksames Controllingkonzept notwendig.

**4.1.1.1**

Maßnahme	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Maßnahme 1	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh
Maßnahme 2	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh
Maßnahme 3	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh
Maßnahme 4	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh
Maßnahme 5	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh
Maßnahme 6	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh
Maßnahme 7	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh
Maßnahme 8	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh
Maßnahme 9	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh
Maßnahme 10	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh
<b>Gesamt</b>	<b>10000 kWh</b>	<b>10000 kWh</b>	<b>10000 kWh</b>	<b>10000 kWh</b>	<b>10000 kWh</b>	<b>10000 kWh</b>	<b>10000 kWh</b>

Tabelle 4.1 Beispiel für Controlling des Energieverbrauchs eines Gebäudes

<sup>2</sup> Wirtschaftsministerium Baden Württemberg: Energie-Management kommunaler Liegenschaften, 1999, S. 21



## 5 Förderungen

Weder bei der Kostenbetrachtung noch bei den Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden hier Fördermöglichkeiten berücksichtigt. Diese können die Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen deutlich verbessern. Da sich die Förderlandschaft derzeit oft und schnell verändert, kann vor allem bei den Maßnahmen, die erst in einigen Jahren umgesetzt werden sollen, keine verlässliche Aussage getroffen werden. Weiterhin sind Förderungen oft von der Einhaltung bestimmter energetischer Kennwerte oder vom Einsparpotential abhängig, so dass auch hier auf eine Berücksichtigung bei der Wirtschaftlichkeit oder bei den Investitionskosten verzichtet wurde. Dennoch ist die Förderlandschaft heute sehr attraktiv und sollte unbedingt genutzt werden.

Nachfolgend werden die wichtigsten der derzeit bestehenden Fördermöglichkeiten (Stand: Dez 2010) aufgezeigt:

- **Marktanreizprogramm (MAP) des BAFA:** Zuschuss für kleine bis mittelgroße Anlagen zur regenerativen Energieerzeugung
- **Finanzausgleichsgesetz (FAG):** Zuschuss für kommunale Bildungseinrichtungen wie z.B. Schulen und Kindergärten
- **KFW-Programm 218:** Zinsgünstiger Kredit für Sanierungen von Schulen, Kindergärten,..
- **CO<sub>2</sub>-Minderungsprogramm Bayern:** Zuschuss für innovative Sanierungen mit Vorbildcharakter
- **BMU Klimaschutzinitiative:** Zuschuss für modellhafte Projekte mit mindestens 70% CO<sub>2</sub>-Einsparung (Anm.: dieses Förderprogramm wurde Jan 2011 gestrichen)

## 6 Zusammenfassung

Bei der Sanierung von Gebäuden gibt es gerade bei Gemeinden immer wieder den Zwiespalt zwischen der kurzfristigen Betrachtung mit dem Schwerpunkt der aktuellen Finanzierbarkeit und einer langfristigen Betrachtung mit Blick in die Zukunft. Die langfristigen Vorteile von kontinuierlichen Sanierungen und einem umfassenden Bauunterhalt zur Werterhaltung der Gebäude sollten jedoch zu einer zukunftsorientierten Betrachtungsweise führen. Gerade im Hinblick auf Klimaschutz, steigende Energiepreise und der Vorsorge für künftige Generationen ist eine umfangreiche und zeitnahe Sanierung der gemeindeeigenen Liegenschaften empfehlenswert. Das heißt nicht, dass bei allen Liegenschaften eine Generalsanierung durchgeführt werden soll, sondern dass abhängig von Gebäudezustand, Nutzbarkeit und Einsparpotential eine Mischung aus einzelnen, unabhängig durchführbaren Maßnahmen und Generalsanierungen zielführend ist.



## 7 Inhalt Anhang

Erfassungsbögen für die einzelnen Liegenschaften:

- Vitusschule
- Turnhalle Vitusschule
- Bahnhof
- Feuerwehrhaus
- Jüd. Museum Neubau
- Jüd. Museum Altbauten
- Bauhof Verwaltungsgebäude
- Rathaus
- Betriebsgebäude Klärwerk
- Sportzentrum
- Eichendorffschule BA 1
- Eichendorffschule BA 2
- Eichendorffschule BA 3

Diagramme

Übersichtstabelle der Liegenschaften



## 8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Ölpreisentwicklung .....	3
Abbildung 3.2: Anteil der CO <sub>2</sub> -Emissionen Bestand .....	6
Abbildung 3.3: Energieverbrauch Bestand .....	6
Abbildung 3.4: Einsparpotential der CO <sub>2</sub> -Emissionen bei Sanierung .....	7
Abbildung 3.5: Vergleich des Energieverbrauchs Bestandsgebäude – sanierte Gebäude.....	7
Abbildung 3.6: Anteil der CO <sub>2</sub> -Emission nach der energetischen Sanierung .....	8
Abbildung 3.8: Gebäudevergleich der Sanierungskosten pro kg eingespartem CO <sub>2</sub> .....	10
Abbildung 4.1: Modelle zur Finanzierung durch Energiekosteneinsparung .....	12
Abbildung 4.2: Gesamtkosten ohne Berücksichtigung der Alterswertminderung .....	13
Abbildung 4.3: Gebäuderestwert .....	14
Abbildung 5.1: Gesamtkosten unter Berücksichtigung späterer Sanierungen .....	14

## 9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1 verwendete Kostenkennwerte .....	5
Tabelle 3.2 Sanierungsprioritäten.....	9
Tabelle 5.1 Beispiel für Controlling des Energieverbrauchs eines Gebäudes .....	16



Name / Objekt		Jahr	
<b>Vituschule</b>		1911	
Nutzung			
Grundschule, Vorkurs, Hausmeisterwohnung			
Wärme	Kühl	Anzahl Räume	
1.407 m <sup>2</sup>	7.200 m <sup>2</sup>	8 + 60	
Anmerkungen			
Wasserverbrauch mit Turbine			



**Verbrauchsdaten (effizienzberichtigt)**

Jahr	2007	2008	2009	2010 (10/11/12/13)	2011 (12/13/14/15)
Wärme	8.387 kWh	8.240 kWh	7.248 kWh	7.991 kWh	5.039 kg
Kühlung	186.844 kWh	190.300 kWh	205.021 kWh	207.445 kWh	92.617 kg
Wasser	211 m <sup>3</sup>	194 m <sup>3</sup>	207 m <sup>3</sup>	217 m <sup>3</sup>	95.036 kg

**Vergleich mit Verbrauchswerten Ende 2008**

Jahr	2007-2008	Ende 2008	Änderung
Wärme	6 kWh	10 kWh	ErDc -47%
Kühlung	147 kWh	105 kWh	ErDc +40%
Wasser	6,2 m <sup>3</sup>		

**Energieische Bewertung der Bauteile**

Teil	Beschreibung	Uf	Fläche	U-Wert	Wert	Wert (1/100)
Außenwand	Mörtel-Mauerwerk, ungedämmt	1911	726 m <sup>2</sup>	0,84 W/m <sup>2</sup> K	6	1099
Fenster	3-fach Holz		158 m <sup>2</sup>	1,16 W/m <sup>2</sup> K	2	426
Fenster	3-fach Kunststoff, WSW	2007-2009	22 m <sup>2</sup>	0,84 W/m <sup>2</sup> K	2	13
Außenwand	Holz		25 m <sup>2</sup>	0,84 W/m <sup>2</sup> K	2	61
Bodenplatte	ungedämmt	1911	437 m <sup>2</sup>	0,46 W/m <sup>2</sup> K	2	273
Dach	ungedämmt	1911	234 m <sup>2</sup>	0,46 W/m <sup>2</sup> K	2	503
unterste Decke	Schlackefüllung	1911	437 m <sup>2</sup>	0,46 W/m <sup>2</sup> K	2	352
Fenster	Kunststoff 3-fach WSW		94 m <sup>2</sup>	1,16 W/m <sup>2</sup> K	1	179

**Überschlägiger Wärmebedarf** 244.089 kWh/a

**Heizung**

Heizungssystem	Uf	Leistung	Erzeuger	Anmerkung
<b>Wärmepumpe</b>	1998	120 kW	ErDgas	hoher Wirkungsgrad der Bauteile
Anzahl Heizkörper		Anzahl Heizkörper		
auf gedämmt		teilw. auf gedämmt		
Heizkörper	Typ	Hersteller		Hersteller
Thermocentrale		Herkünfte		
Anmerkungen				
zusätzlich Spitzenkessel 4 kW, Niedertemperaturkessel, Baujahr 1998				
Raumlüftung, Öffnung ca. 6,2 m <sup>2</sup>				



**Trinkwassererwärmung**

Energieerzeuger zentral	BJ 1998	Nennleistung	Energieträger Erdgas	Anmerkung
Anmerkungen Heizung und Trinkwassererwärmung kombiniert				

**Beleuchtung**

Beschreibung überwiegend neue Leuchtstoffröhren mit Spiegelreflektoren, manuell schaltbar, Bewegungsmelder in Fluren und WCs	Einsparpotential 10%
--	-------------------------

**Lüftung**

Art der Lüftung Fensterlüftung	WRG --
Einschätzung zur Luftdichtheit des Gebäudes keine offensichtlichen Undichtigkeiten erkennbar	

**Übersicht**

	Verbrauch Bestand	Einsparpotential	Brennstoffwechsel	Verbrauch saniert*	CO <sub>2</sub> -Einsparung
Strom	7.961 kWh/a	10%		7.165 kWh/a	504 kg/a
Wärme	207.445 kWh/a	67%	ohne	69.337 kWh/a	33.698 kg/a
Wasser	317 m <sup>3</sup> /a				
					34.202 kg/a

**Sanierungskosten 659.000 € (rein energetisch, netto, ohne Nk)**

Bauteil	Kosten	Beschreibung	U-Wert empfohlen
Außenwand	80.000 €	Innendämmung, Ausmauern Heizkörpernischen	0,35 W/m <sup>2</sup> K
Fenster	170.000 €	Ersetzen der alten Holzfenster	1,00 W/m <sup>2</sup> K
oberste Decke	35.000 €	Dämmung	0,20 W/m <sup>2</sup> K
Dach	35.000 €	Dämmung von innen	0,20 W/m <sup>2</sup> K
Tür	30.000 €	Ersetzen	1,00 W/m <sup>2</sup> K
Lüftung	98.000 €	Einbau einer Lüftungsanlage mit WRG	
Heizkörper	90.000 €	Ersetzen durch Wandheizflächen, Temperierung	
Beleuchtung	11.000 €		

\* der überschläg berechnete Bedarf wird hierzu im gleichen Verhältnis angepasst, wie Bedarf/Verbrauch im Bestand





## textliche Zusammenfassung

### *Beschreibung:*

Die Vitusschule wurde 1911 errichtet und dient der Gemeinde als Grundschule mit insgesamt vier Klassen. Sie enthält neben den Schulräumen noch eine Hausmeisterwohnung im Kellergeschoss und Räume von Musikschule und Vereinen im Dachgeschoss. Der Spitzboden darüber ist nicht ausgebaut. Die Außenwände bestehen aus ca. 70 cm dickem, ungedämmtem Mauerwerk. Von den zweifach verglasten Holzfenster wurden einige in den Jahren 2007 bis 2009 durch Kunststofffenster mit z.T. Drei-Scheiben-Wärmeschutzverglasung ersetzt. Die oberste Geschossdecke ist mit ca. 8 cm Schlacke aufgefüllt, das Dach ist ungedämmt. Erwähnenswert sind die noch vorhandenen Lüftungskamine, die bei Gebäuden dieser Zeit häufiger vorzufinden sind. Sie wurden zur kontrollierten Be- und Entlüftung der Klassenräume eingesetzt. Die Kamine der Vitusschule sind heute nicht mehr funktionsfähig, wahrscheinlich werden sie als Kabelschächte verwendet. Beheizt wird das Gebäude mit einem Gasbrennwertkessel mit einer Nennleistung von 120 kW und einem Gas-Niedertemperaturkessel mit einer Nennleistung von 26 bis 47 kW zur Abdeckung von Bedarfsspitzen. Beide Kessel arbeiten mit einem hohen Wirkungsgrad. Die Beleuchtung wurde zum Großteil in den letzten Jahren erneuert. In den Klassenzimmern befinden sich Leuchtstoffröhren mit Spiegelreflektoren, die Flure und WC's sind mit Bewegungsmeldern ausgestattet. Ein Problem stellt die Hausmeisterwohnung im Kellergeschoss dar, da hier die Wände besonders im Sommer feucht werden. Allgemein ist anzumerken, dass immer wieder Teile des Gebäudes erneuert werden, jedoch kein Gesamtkonzept zur Sanierung verfolgt wird. Der vorbeugenden bauliche Brandschutz ist zu prüfen, da ein einziges Treppenhau ohne klassifizierte Abtrennung vorliegt und der zweite baul. Rettungsweg nicht gegeben ist.

### *Verbrauchsanalyse:*

Der Wert für den Heizwärmeverbrauch liegt wie erwartet über dem der EnEV2009; dies liegt vor allem an den ungedämmten Außenwänden so wie dem ungedämmten oberen Gebäudeabschluss (obere Geschossdecke bzw. Dach). Aufgrund der neuen Beleuchtung, sowie der natürlichen Belichtung ist der Stromverbrauch sehr gering und liegt deutlich unter dem Vergleichswert der EnEV 2009.

### *Maßnahmen:*

Auch wenn das Gebäude nicht unter Denkmalschutz steht, sollte aufgrund des bauzeitlich hochwertigen Erscheinungsbildes auf eine Außendämmung verzichtet werden. Stattdessen ist eine innenliegende Dämmung mit einem diffusionsoffenen und gegebenenfalls kapillaraktiven System zu empfehlen, so dass neben dem Wärmeschutz auch die Bauphysik zur Vermeidung von Bauschäden beachtet wird. Hierbei sind bei unvermeidbaren Wärmebrücken Temperierleitungen zur Schadensfreihaltung zu empfehlen. Die bestehenden zweifach-verglasten Fenster sollten durch 3-fach verglaste Fenster mit einem  $U_w \leq 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  ausgetauscht werden. Die Dämmung der Fensterlaibungen ist zur Vermeidung von Wärmebrücken ebenfalls sehr wichtig. Die oberste Geschossdecke sollte mit mindestens 20cm Dämmung versehen werden, die Dachflächen über beheizten Räumen ebenfalls. Der Übergang von Geschossdecke zu Dach ist möglichst wärmebrückenfrei auszuführen. Zur Verringerung der Lüftungswärmeverluste ist eine passivhaustaugliche Lüftungsanlage mit WRG > 80% sinnvoll. Hierbei sollte geprüft werden, ob die Nutzung der bestehenden Lüftungskanäle zur Leitungsführung möglich ist, so dass ein kostengünstiges Leitungssystem aufgebaut werden kann.

Zur Wärmeübergabe eignen sich in Kombination mit einer Innendämmung besonders Wandheizflächen. Dabei kann der Rücklauf als Temperierung genutzt werden. (Empfohlene U-Werte: s. Seite 2 Tabelle)

### *Zusammenfassung:*

Die Vitusschule gehört mit einem Einsparpotential von über 50% CO<sub>2</sub> zu den gut zu sanierenden Gebäuden. Weiterhin sind die Sanierungskosten (rein energetisch) recht niedrig. Da aber aufgrund der Innendämmung in den Innenraum des Gebäudes eingegriffen wird, sind die entstehenden Gesamtkosten mit anfallenden Sowieso-Maßnahmen zu vergleichen. Eine Sanierung in näherer Zukunft ist hier empfehlenswert. Aufgrund der sowieso nötigen Sanierungsmaßnahmen (Brandschutz, Modernisierung, ...) und den Eingriffen in Inneren durch Innendämmung, Lüftung, usw. ist hier eine Gesamtmaßnahme anzustreben. Dabei können aufgrund des sicherlich erreichbaren Generalsanierungsstatus bayerische FAG-Mitte beansprucht werden.



### Fassade/Architektur

Bild 1: Detail Fassade



Bild 2: Detail Hauptingang



Bild 3: Detail Erdgeschoss



Bild 4: Detail über Kanaltürschwelle - 2. Stock



Bild 5: Flur

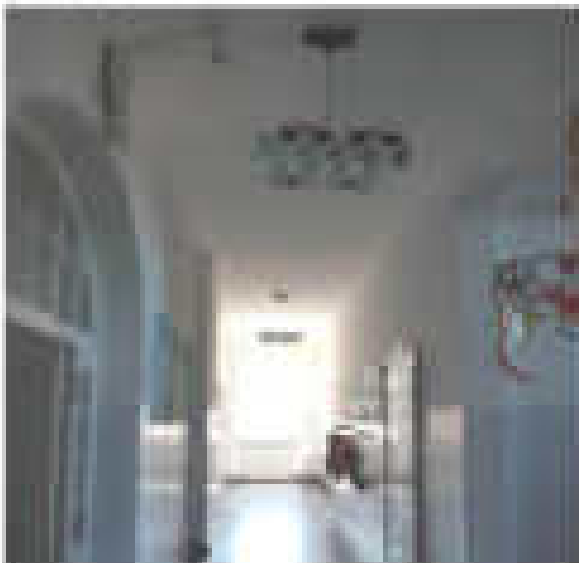


Bild 6: Klassenzimmer



### Hydrolagerungstank

Bild 10: Installation im Dachgeschoss



Bild 11: Einbauelement im WC

Bild 12: Installation von Energiegeplättchen im WC



Bild 13: Einbauelement im Wohnzimmer



Bild 14: Stützbalken, Dachstuhl



**Fotodokumentation**

**Baum 10: Straßenseite**



**Baum 10: Straßenseite West der Einfahrt**

**Baum 10: Straßenseite Ostgebäude**



**Baum 10: Rückseite**



**Baum 11: unter Einfahrt**



**Baum 10: Decke im Eingangsbereich**



**Detailaufgabe**

Durch eine Verjüngung von Holzbohlen in der Außenwand kann, abhängig von der benötigten Verdichtung, eine Dichtungslage zwischen Wandtemperatur und Wandoberfläche eingebaut werden. Durch bewusste Positionierung an den bauphysikalisch kritischen Punkten (Wärmebrücken) können Bauschäden verhindert werden. In nach benötigter Lattung und vorhandener Wandfläche können die Insulation verschoben großen Abständen einfach oder mehrfach verlegt, angebracht werden.



Der Übergang des Daches in die Mauerwerk ist ein wichtiger Detailpunkt, da hier die Dämmung der Außenwandlage in die Dachdämmung übergeht. Hier ist die Vermeidung von Wärmebrücke ebenso wichtig wie die Luftdichtheit u.a. der Anschlusspunkte. Grundsätzlich ist zur Vermeidung der Wärmebrücken eine Kombination von Zwischensparren / Balkendämmung und Aufdämmung vorteilhaft, im Bereich des Daches kann dies aber durch die Erhöhung des Dachaufbaus neuer Anschlüsse notwendig machen.



Bei Innenwärmungen ist die Fensterdämmung ein zu blinder Detailpunkt. Die größere Leihungstiefe sowie die notwendige Vermeidung von Wärmebrücken erschweren bei Innenwärmungen diesen Punkt zusätzlich. Eine mögliche Lösung ist die Ausbildung von Vitrufenfenstern (z. B. Haus). Diese Variante muss allerdings bei Schallreduzierung besonders beachtet werden, da die Öffnung der Fenster erschwert wird. Evtl. ist es sinnvoll je Raumraum ein "einbauf" zu öffnendes Fenster vorzusehen.



## Energiebilanz IST-Zustand

Objekt (Art, Bez.)		Vitusschule	
<b>Energiekennwerte vor und nach der Sanierung</b> (Planwerte gemäß Berechnungen nach EnEV / DIN 18599 für einen vergleichbaren Neubau)			
<b>NGF, Summe der beheizten Räume</b>		1407 m <sup>2</sup>	
<b>Jahres-Heizwärmebedarf Q<sub>h</sub></b>	Nutzenergie		
	vor Sanierung	195,7 kWh/m <sup>2</sup> a	
	nach Sanierung	46,1 kWh/m <sup>2</sup> a	- 76 %
<b>Trinkwasser-Energiebedarf Q<sub>TW</sub></b>	Nutzenergie		
	vor Sanierung	0,0 kWh/m <sup>2</sup> a	
	nach Sanierung	0,0 kWh/m <sup>2</sup> a	
<b>Sonstiger Endenergiebedarf</b>			
<b>Beleuchtung</b>	vor Sanierung	5,7 kWh/m <sup>2</sup> a	nach Sanierung 4,3 kWh/m <sup>2</sup> a
<b>Lüftung</b>	vor Sanierung	0,0 kWh/m <sup>2</sup> a	nach Sanierung 7,1 kWh/m <sup>2</sup> a
<b>Klimatisierung</b>	vor Sanierung	0,0 kWh/m <sup>2</sup> a	nach Sanierung 0,0 kWh/m <sup>2</sup> a
<b>Kühlung</b>	vor Sanierung	0,0 kWh/m <sup>2</sup> a	nach Sanierung 0,0 kWh/m <sup>2</sup> a
<b>Jahres-Endenergiebedarf Q<sub>E</sub>''</b>	Endenergie		
	vor Sanierung	248,5 kWh/m <sup>2</sup> a	
	nach Sanierung	71,5 kWh/m <sup>2</sup> a	- 71 %
<b>Jahres-Primärenergiebedarf Q<sub>p</sub>''</b>	Primärenergie		
	vor Sanierung	257,1 kWh/m <sup>2</sup> a	
	nach Sanierung	97,3 kWh/m <sup>2</sup> a	- 62 %
	Höchstwert nach EnEV-Neubau	109,3 kWh/m <sup>2</sup> a	
	Unterschreitung des Höchstwertes um	11%	
<b>spez. Transmissionswärmeverlust H<sub>T</sub>'</b>	(bezogen auf Gebäudehüllfläche A <sub>B</sub> )		
	vor Sanierung	1,411 W/m <sup>2</sup> K	
	nach Sanierung	0,466 W/m <sup>2</sup> K	- 67 %
<b>eingesparte CO<sub>2</sub>-Emissionen</b>			
	vor Sanierung	81.521 kg / a	
	nach Sanierung	29.057 kg / a	- 64 %
DIN 18599 bilanziert mit der Software:		BKI Version 8.2.2, <a href="http://www.lop.de">http://www.lop.de</a>   EnEV 2009	

## nicht investive Energiesparmaßnahmen

Maßnahme	Beschreibung	Einsparpotential	Einsparung CO <sub>2</sub>
Windfang	Türen schließen, Windfang als Pufferzone nutzen		
Temperaturabsenkung	in den Fluren und im Treppenhaus		
Beleuchtung	Ausschalten bei Verlassen der Klassenzimmer		
Fenster	in der Heizperiode nicht kippen, kontrolliere, kurzzeitige Querlüftung		



**Wirtschaftlichkeitsbewertung**

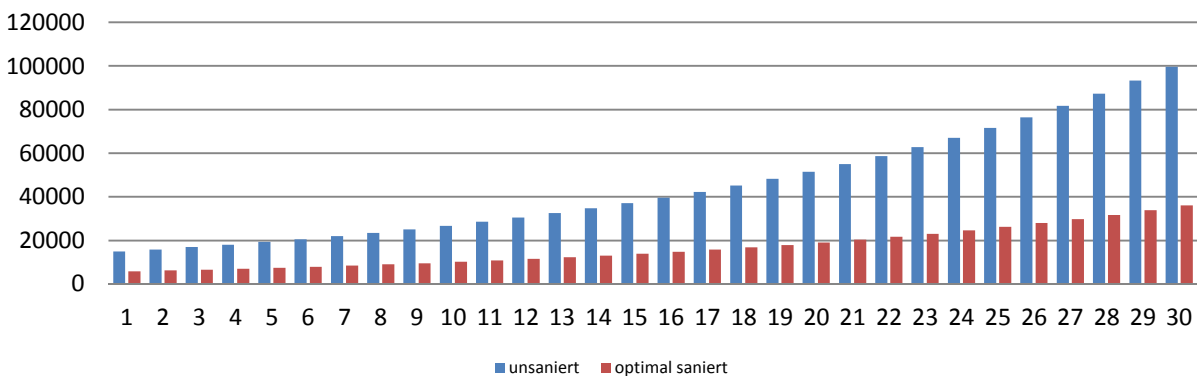
	Energiekosten /Jahr	Energiekosten über 30 Jahre	Gesamtkosten über 30 Jahre
unsaniert	14.900 €	1.346.000 €	1.742.000 €
optimiert	5.850 €	500.000 €	1.286.000 €

**Erläuterung:**

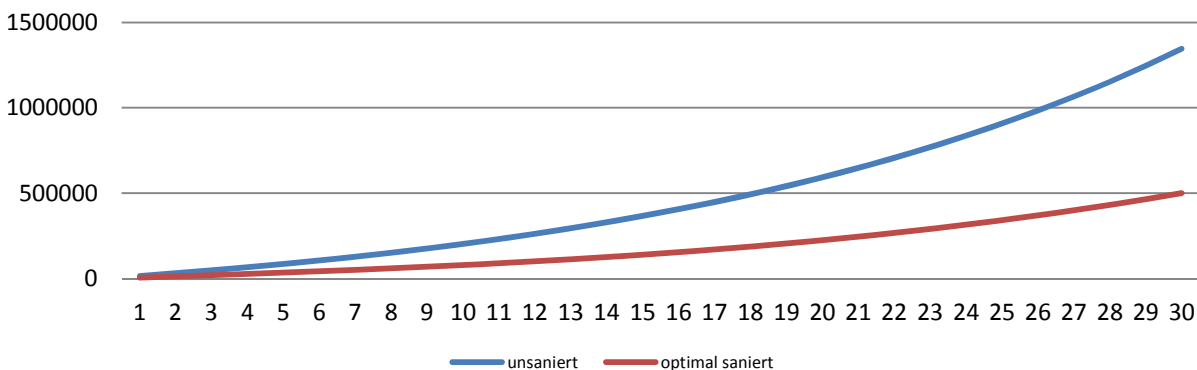
Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurde der tatsächliche Verbrauch im unsanierten Zustand und der über das Einsparpotential ermittelte "Verbrauch" der sanierten Variante als Grundlage genommen. Zur Ermittlung der heutigen Energiekosten wurde für Strom ein Preis von 19 ct /kWh, für Gas 6 ct /kWh angenommen.

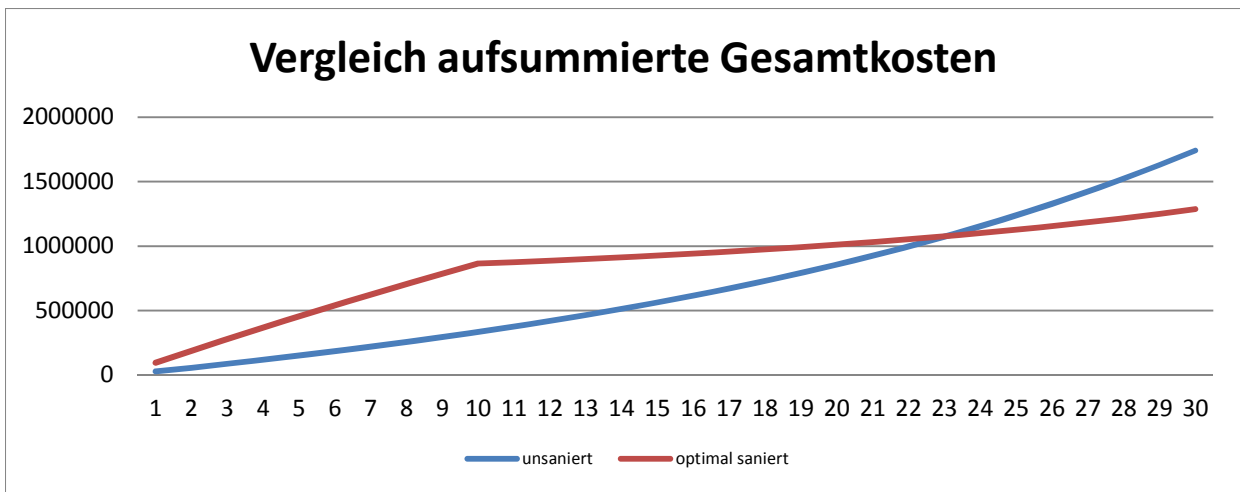
Es wurden ein üblicher Zinssatz von 3,5% und keine Förderungen (kfw, Map,FAG) zu Grunde gelegt. Bei Annahme einer Förderung können deutlich frühere Amortisationszeiten erreicht werden. In der Bestandsvariante wurde mit einem zusätzlichen Bauunterhalt von 2% der Sanierungskosten gerechnet. Es wurde mit Preissteigerungen von 4 % für Strom und 7% für Erdgas gerechnet. Betrachtet wurde ein Zeitraum von 30 Jahren.

**Vergleich jährliche Energiekosten**



**Vergleich aufsummierte Energiekosten**







Gebäude / Objekt		Jahr	
<b>Vituschule Turnhalle</b>		ca. 2000	
Profil			
Turnhalle			
WV	WV	Anzahl	
440 m <sup>2</sup>	3.200 m <sup>2</sup>	1	



Anmerkungen	

Anmerkungen	
Wasserverbrauch im Verbrauch der Schule enthalten	

**Verbrauchsdaten (witterungsbereinigt)**

Jahr	2007	2008	2009	Durchschnitt
Strom	3.975 kWh	4.531 kWh	4.572 kWh	4.203 kWh
Wärme	80.758 kWh	101.793 kWh	89.793 kWh	92.087 kWh
Wasser				

CO <sub>2</sub> -Emissionen	
	2.717 kg
	22.488 kg
Gesamt	
	25.205 kg

**Vergleich mit Verbrauchskennwerten EnEV 2009**

Jahr	2007 m <sup>2</sup> kWh	2009 2009
Strom	10 kWh	85 kWh
Wärme	208 kWh	120 kWh
Wasser	0,0 m <sup>3</sup>	

Vergleich	
EnEV	<span style="background-color: green; color: white;">100%</span>
EnEV	<span style="background-color: orange; color: white;">+140%</span>

**Energetische Bewertung der Bauteile**

Bauteil	Beschreibung	U	Fläche	U-Wert	Verlust (kWh)
Außenwand	30cm Mauerwerk		452 m <sup>2</sup>	U-Wert: 1	452
Fenster	2-fach Holz		248 m <sup>2</sup>	U-Wert: 1	978
Fenster	einzelne Kunststoff, neu, 2-fach		5 m <sup>2</sup>	U-Wert: 1	10
Außentüren	Holz, Glas 2-fach		18 m <sup>2</sup>	U-Wert: 1	36
oberste Decke	Annahme: Isozent/Dämmplatten 5		325 m <sup>2</sup>	U-Wert: 0,8	156
Flachdächer	Annahme: Isozent/Dämmplatten 5		108 m <sup>2</sup>	U-Wert: 1	108
Bodenplatte	Annahme: Beton		493 m <sup>2</sup>	U-Wert: 0,8	185

Überschüssiger Wärmebedarf **92.258 kWh/a**

**Heizung**

Heizungssystem	U	Leistung	Heizungsart	Bemerkung
Brennwertkessel	2007	48 kW	Erdgas	Wirkungsgrad 98,1%
Zustand Leitungen Heizkörper		Zustand Pumpen Heizkreis		
gedämmt		gedämmt		
Wärmeverlust	Heizung		Wärmeverlust	
U	U		Umluftheizgeräte	
Anmerkungen				
Hoher Wirkungsgrad der Kessel				



**Trinkwassererwärmung**

Energieerzeuger	BJ	Nennleistung	Energieträger	Anmerkung
Durchlauferhitzer	2007	8,6-28 kW	Erdgas	bis 16,1 l/min
Anmerkungen				

**Beleuchtung**

Beschreibung	Einsparpotential
vor ca. 8 Jahren erneuert, Leuchtstoffröhren mit Reflektoren	10%

**Lüftung**

Art der Lüftung	WRG
Fensterlüftung	--
Einschätzung zur Luftdichtheit des Gebäudes	

**Übersicht**

	Verbrauch Bestand	Einsparpotential	Brennstoffechsel	Verbrauch saniert*	CO2-Einsparung
Strom	4.293 kWh	10%		3.863 kWh/a	272 kg/a
Wärme	92.087 kWh	58%	ohne	38.424 kWh/a	13.094 kg/a
Wasser					13.365 kg/a

**Sanierungskosten 342.000 € (rein energetisch, netto, ohne Nk)**

Bauteil	Kosten	Beschreibung	U-Wert empfohlen
Außenwand	74.000 €	Dämmung, inkl. Putz + Frostschräge	0,20 W/m <sup>2</sup> K
Fenster+ Türen	73.700 €	Ersetzen	1,00 W/m <sup>2</sup> K
Fenster	10.500 €	z.T. aufmauern (Blendung, Kosten, Energie)	0,20 W/m <sup>2</sup> K
oberste Decke	26.000 €	Dämmung	0,17 W/m <sup>2</sup> K
Flachdächer	34.000 €	Dämmung, inkl. Dachdeckung	0,14 W/m <sup>2</sup> K
Beleuchtung	18.000 €	Ersetzen	
Lüftung	30.800 €	Lüftungsanlage mit WRG	
Heizung	17.600 €	Übergabe an Lüftung	

\* der überschläg berechnete Bedarf wird hierzu im gleichen Verhältnis angepasst, wie Bedarf/Verbrauch im Bestand



## textliche Zusammenfassung

### *Beschreibung:*

Die Turnhalle der Vitusschule wurde etwa im Jahr 1960 errichtet. Sie besteht aus einer Kleinsporthalle mit Abstellraum und Sanitärräumen. Die Sporthalle hat ein Satteldach, während die Nebenräume in zwei niedrigeren Anbauten mit Flachdächern untergebracht sind. Die Dächer sind wahrscheinlich mit bauzeitlich typischen Platten von max. 5cm Dicke gedämmt. Die WC's und Duschen wurden vor kurzem erneuert, es dauert jedoch sehr lang, bis die Duschen warm werden, obwohl die Warmwasserbereitung mit einem Durchlauferhitzers durchgeführt wird. Die Außenwände bestehen aus ca. 30 cm dickem ungedämmtem Mauerwerk. Große Teile der Fassade sind mit alten Holzfenstern ohne Sonnenschutz versehen, weshalb es im Sommer in der Halle sehr heiß wird. Zusätzlich werden die Nutzer durch die nach Süden liegende Fensterfront geblendet. Ein Durchlüften gestaltet sich schwierig, da keine Lüftungsanlage vorhanden ist und nur einzelne Fenster gekippt werden können. Die Nutzer klagen außerdem darüber, dass die Türen undicht sind und es im Winter zieht. Die Beleuchtung ist in der Halle auf einem guten Standard, da sie vor ca. 8 Jahren durch Leuchtstoffröhren mit Reflektoren erneuert wurde. Das Gebäude wird durch einen Gas-Brennwertkessel aus dem Jahr 2007 mit hohem Wirkungsgrad beheizt. Das Trinkwasser wird durch einen Gas-Durchlauferhitzer mit 8,6 bis 28 kW erwärmt, der ebenfalls aus dem Jahr 2007 stammt. Der Geräteraum ist unbeheizt und wird aufgrund der nicht vorhandenen Dämmung im Winter äußerst kalt und feucht.

### *Verbrauchsanalyse:*

Aufgrund der freien Lage und des großen Fensteranteils ist der Wärmeverbrauch der Turnhalle sehr hoch. Aus im Prinzip denselben Gründen (hoher Tageslichtanteil) sowie recht neuer Beleuchtung ist der Stromverbrauch in der Halle deutlich unter dem Vergleichswert der EnEV.

### *Maßnahmen:*

Aufgrund des schlechten energetischen Standards empfiehlt es sich, die gesamte Hülle der Turnhalle energetisch zu verbessern, d.h. Dämmung der Außenwände und des Dachs sowie Ersetzen der bestehenden Fenster durch 3-fach verglaste Fenster bzw. nanogel-gefüllte Fenster. Durch die große Fensterflächen nach Norden und Süden gibt es sowohl Probleme mit der sommerlichen Überhitzung und der Blendung an sonnigen Tagen als auch große Energieverluste in der Heizperiode. Durch Verringern der Fensterfläche könnten neben der Verbesserung dieser Probleme auch die Sanierungskosten verringert werden. Neben der Hüllfläche sollte auch die Technik erneuert werden, zur Reduzierung der Lüftungswärmeverluste und zur Beheizung ist der Einbau einer Lüftungsanlage mit WRG und großem Umluftanteil sinnvoll, vor allem da der Einbau aufgrund der einfachen Struktur der Turnhalle recht einfach erscheint. (Empfohlene U-Werte: s. Seite 2 Tabelle)

### *Zusammenfassung:*

Die Sanierung der Turnhalle der Vitusschule ist ein recht überschaubares Projekt. Zwar ist absolute CO<sub>2</sub>- und Energieeinsparung aufgrund der geringen Größe nicht sehr hoch, dafür sind allerdings auch die Sanierungskosten für die energetischen Maßnahmen sehr gering. Aufgrund der oben genannten schlechten Nutzungsbedingungen sollte die Sanierung der Turnhalle spätestens in den nächsten 5 bis 10 Jahren durchgeführt werden.



## Fotodokumentation

Baum 1: Innenansicht



Baum 2: Außenansicht



Baum 3: Eingangsportal



Baum 4: Dachstuhl von Draußen



Baum 5: Dachstuhl von Innenansicht



Baum 6: Dachstuhlansicht



## Fotodokumentation

Foto 8: Innenraum



Foto 9: Anordnung Bauteile

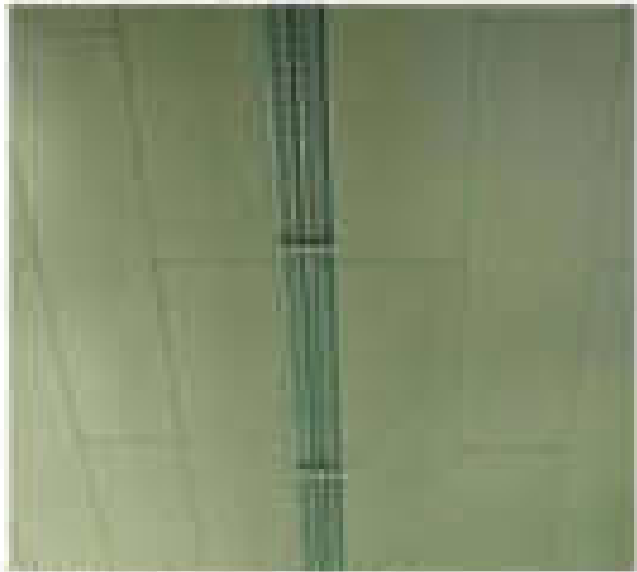


Foto 10: Technik-Anlage 10



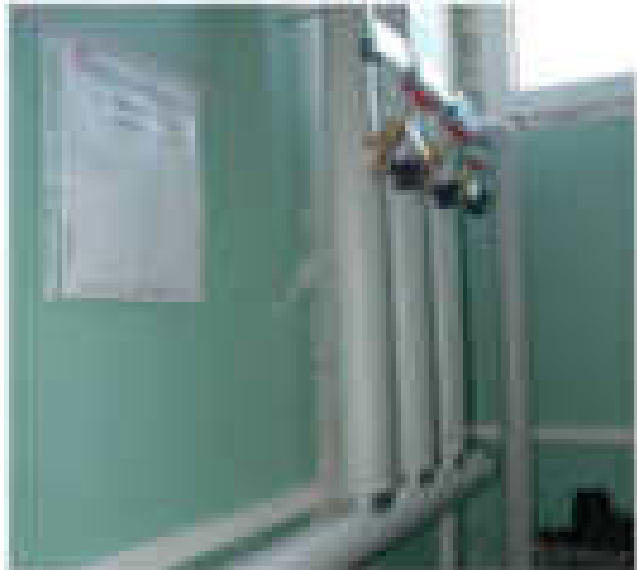
Foto 11: Technik-Anlage 11 Sanitärbereich



Foto 12: Fenster im Sanitärbereich



Foto 13: gelbtes Latzen an Sanitärbereich



Gebäude / Objekt		Baujahr	
<b>Bahnhof</b>		1955	
Nutzung			
Bücherei, Jugendzentrum			
Wohnfläche	Wohnfläche	Anzahl Räume	
1.040 m <sup>2</sup>	4.900 m <sup>2</sup>	3 + BG und DG	
Anmerkungen			
1990 saniert, Öffnungszeiten 33 Stunden pro Woche			



**Verbrauchsdaten (effizienzberichtigt)**

Jahr	2007	2008	2009	DARLEHENSZEIT	2010/2011 (Jahresmittel)
Wärme	51.267 kWh	51.058 kWh	51.305 kWh	51.307 kWh	51.009 kWh
Strom	195.039 kWh	148.256 kWh	142.539 kWh	194.808 kWh	177.757 kWh
Wasser	129 m <sup>3</sup>	127 m <sup>3</sup>	103 m <sup>3</sup>	129 m <sup>3</sup>	129 m <sup>3</sup>
					19.816 kg

**Vergleich mit Verbrauchswerten Ende 2009**

Jahr	per m <sup>2</sup> 2007	per m <sup>2</sup> 2009	Änderung
Wärme	49 kWh	40 kWh	-20%
Strom	188 kWh	95 kWh	-50%
Wasser	123 m <sup>3</sup>		

**Energieische Bewertung der Bauteile**

Teil	Beschreibung	U <sub>0</sub>	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	U <sub>3</sub>	Verlust (W/m <sup>2</sup> )
Außenwand	Mauwerk, Naturstein, 30 bis 40 cm	1,05	0,84	0,75	0,75	2400
Fliesen-Decke	Metall, 2-fach, festverglas	1,00	1,78	0,75	0,75	154
Bodenplatte	nur unter Fußbodenheizung gelänert	1,00	0,90	0,75	0,75	401
Dach	Armierung, Dämmung 12 cm	1,00	0,19	0,75	0,75	280
Dachfenster	Metall, 2-fach, festverglas	1,00	1,8	0,75	0,75	58
Fenster	Holz, 2-fach, Sperrholz aufgekittet	1,00	1,17	0,75	0,75	428

Überschlägiger Wärmebedarf

151.754 kWh/a

**Heizung**

Heizungsart	U <sub>0</sub>	Leistung	Erzeuger	Anmerkung
Heizkessel	1,00	165 kW	Erdgas	Badruhr G 405 W, Wirkungsgrad 94,7%
Zustand (abhängig von Zustand)		Zustand (abhängig von Zustand)		
gelänert				
Wärmeverlust	Wärmeverlust	Wärmeverlust		Wärmeverlust
U <sub>0</sub> 0,75 U <sub>1</sub>	Wärmeverlust	Thermoisolierstoffe	Heizkörper, teilweise Fußbodenh.	
Anmerkungen: 1 Heizthermostat im LDG, wahrscheinlich kein hydraulischer Abgleich				



**Trinkwassererwärmung**

Energieerzeuger dezentral	BJ	Nennleistung	Energieträger	Anmerkung
Anmerkungen elektrische Warmwasserboiler nur in WC's				

**Beleuchtung**

Beschreibung Halogenspots, Leuchtstoffröhren, Strahler 100W, wenige Energiesparleuchten manuell bedient, keine EVG, insgesamt geringe Leuchtstärken	Einsparpotential 50%
---	-------------------------

**Lüftung**

Art der Lüftung Fensterlüftung, Lüftungsanlage nur im Sommer	WRG nein
Einschätzung zur Luftdichtheit des Gebäudes keine offensichtlichen Undichtigkeiten bis auf Lüftungsgitter	

**Übersicht**

	Verbrauch Bestand	Einsparpotential	Brennstoffechsel	Verbrauch saniert*	CO2-Einsparung
Strom	33.307 kWh	50%		16.654 kWh	10.358 kg/a
Wärme	236.608 kWh	52%	ohne	112.619 kWh	30.253 kg/a
Wasser	120 m <sup>3</sup>				
					40.612 kg/a

**Sanierungskosten 803.000 € (rein energetisch, netto, ohne Nk)**

Bauteil	Kosten	Beschreibung	U-Wert empfohlen
Außenwand	98.190 €	Innendämmung	0,35 W/m <sup>2</sup> K
Eingangstüren	20.000 €	Erneuern	
Dach	92.250 €	zusätzliche Dämmung	0,15 W/m <sup>2</sup> K
Fenster	122.460 €	Vitrinenfenster v.d. Wand	0,80 W/m <sup>2</sup> K
Pfosten-Riegel	173.000 €	3-fach	1,20 W/m <sup>2</sup> K
Beleuchtung	62.400 €	Erneuerung, EVG	
Lüftungsanlage	72.800 €	min 80% WRG	
Dachterrasse	28.000 €	Dämmen, evtl Vacuum-Isolationspaneel	

\* der überschläg berechnete Bedarf wird hierzu im gleichen Verhältnis angepasst, wie Bedarf/Verbrauch im Bestand



## textliche Zusammenfassung

*Beschreibung:*

Der Bahnhof von Veitshöchheim wurde im Jahr 1855 in unmittelbarer Nähe des Schlosses und Rokoko-Gartens von Gottfried Neureuther erbaut. (Informationen: s. Demkmalliste Bayern) Er besteht aus einem dreigeschossigen Hauptgebäude, einem eingeschossigen Nebengebäude und dem Königspavillon, der durch einen Wandelgang mit dem Hauptgebäude verbunden ist. Die einst offenen Wandelgänge wurden im Zuge der Umbaumaßnahmen im Jahr 1990 durch eine zweifach verglaste Pfosten-Riegel-Fassade aus Metall geschlossen. Seitdem werden Erd- und 1.Obergeschoss als kommunale Bücherei genutzt, während sich im 2.Ober- und Dachgeschoss das Jugendzentrum befindet. Während der Sanierung wurden außerdem zweifach verglaste Holzfenster mit aufgeklebten Sprossen und wahrscheinlich eine geringe Dachdämmung eingebaut. Die Außenwände bestehen aus 30 bis 40 cm dickem Mauerwerk mit vorgeblendeter Sandsteinfassade. Beheizt wird das Gebäude durch einen Erdgas-Heizkessel mit einer Nennleistung von 165kW. Die Wärmeübergabe erfolgt hauptsächlich über Heizkörper, nur in den ehemaligen Wandelgängen befindet sich eine Fußbodenheizung. Trinkwasser wird nur in den WC's und über elektrische Warmwasserboiler erwärmt. Die Leuchten in der Bücherei sind sehr unterschiedlich, teilweise wird von den Nutzern über eine zu dunkle Beleuchtung geklagt. Außerdem wird die Raumtemperatur des Büros im 1.Obergeschoss im Sommer als sehr hoch empfunden, da nur ein innenliegender Sonnenschutz vorhanden ist und der Raum durch Computer, Server, usw. zusätzlich erwärmt wird.

*Verbrauchsanalyse:*

Trotz der ineffizienten Beleuchtung ist der Stromverbrauch geringer als der Vergleichswert nach EnEV 2009. Dies ist einerseits durch die unzureichende Beleuchtungsstärke und den Räumen, andererseits durch den großen Tageslichtanteil aufgrund der offenen, kleinteiligen Bauweise (Vorsprünge, Verbindungsgänge Anbauten) zu erklären. Diese große und großzügig verglaste Hüllfläche ist allerdings auch, in Kombination mit dem schlechten spezifischen Wärmedurchgangskoeffizienten, für den sehr hohen Wärmebedarf verantwortlich.

*Maßnahmen:*

Aufgrund des Denkmalschutzes sowie der Gestaltung muss bei diesem Gebäude auf eine Außendämmung verzichtet werden. Sinnvoll erscheint hier eine Innendämmung. Die Fenster im Hauptbau sollten als Kastenfenster (neues Fenster in der Dämmebene, altes Fenster bleibt bestehen) ausgebildet werden, um ein unverändertes Außenbild mit einem energieeffizienten und wärmebrückenfreien System zu kombinieren. Die große Pfosten-Riegel-Fassade sollte als 3-fach-verglaste Konstruktion ausgeführt werden, was neben einem guten U-Wert eine Verbesserung der Schallschutzeigenschaften (vorbeifahrende Züge) bewirkt. Alle Räume sollten mit einer passivhaustauglichen Lüftungsanlage mit hoher Wärmerückgewinnung ausgerüstet werden. Die uneffiziente und unzureichende Beleuchtung muss durch effiziente Leuchten ausgetauscht werden. Dabei ist gerade in diesem Gebäude mit unregelmäßig genutzten Bereichen und differenzierten Tageslichtverhältnissen eine Präsenz- und Tageslichtsteuerung sehr sinnvoll. (Empfohlene U-Werte: s. Seite 2 Tabelle)

*Zusammenfassung:*

Das CO<sub>2</sub>-Einsparpotential liegt bei diesem Gebäude bei ca. 50%. Bei der Beleuchtung ist ein großes Potential vorhanden, beim Wärmebedarf sind die möglichen Einsparungen aufgrund des Denkmalschutzes begrenzt. Die Beleuchtung ist aus vorgenannten Gründen und aus funktionalen Gesichtspunkten mit hoher Priorität anzusetzen und sollten in näherer Zukunft ausgetauscht werden. Eine Generalsanierung, die durch den Einbau einer Innendämmung notwendig wird, ist dagegen eher als mittel oder langfristig zu planende Maßnahme zu sehen.





## Fotodokumentation

Bild 1: Detailansicht der Außenfassade



Bild 2: Außenansicht der Außenfassade



Bild 3: Innenansicht der Außenfassade



Bild 4: Innenansicht der Außenfassade



Bild 5: Innenansicht



Bild 6: Innenansicht



### Hygieneorganisation

Baum 01: Holzregal, Baubüro



Baum 02: Detail Holzregal 01



Baum 03: Fenster 01/02



Baum 04: Zusatzbeleuchtung am Büro



Baum 05: Detail Holzregal 02



Baum 06: Fenster 01/02, vergrößertes Bild



### Hybridklimaerhaltung

Baum 11 Innenklimaerhaltung



Baum 11 Detail: Holzer-Decken-Struktur



Baum 11 Fenster mit Holzoberfläche



Baum 11 Fenster mit Holzoberfläche



Baum 11 Lüftung an Holzoberfläche



Baum 11 Detail: Holzoberfläche



Gebäude / Objekt		Jahr	
<b>Feuerwehrhaus</b>		1995	
Nutzung			
Feuerwehr, Vereine			
Fläche	Etage	Anzahl Räume	
1.450 m <sup>2</sup>		7 + KG	
Anmerkungen			
Nein			
Anmerkungen			
Nein			



**Verbrauchsdaten (einführungsbereit)**

Jahr	2007	2008	2009	DAZUNAHIN	IM JETZIGEN STAANDORT
Strom	85.518 kWh	86.847 kWh	85.288 kWh	84.843 kWh	22.119 kg
Wärme	142.362 kWh	111.551 kWh	108.177 kWh	101.170 kWh	85.124 kg
Wasser	214 m <sup>3</sup>	258 m <sup>3</sup>	185 m <sup>3</sup>	218 m <sup>3</sup>	71.258 kg

**Vergleich mit Verbrauchswerten Ende 2008**

Jahr	2007 (2008)	Ende 2008	Änderung
Strom	24 kWh	20 kWh	-17%
Wärme	120 kWh	100 kWh	-17%
Wasser	0,1 m <sup>3</sup>		

**Energieische Bewertung der Bauteile**

Bauteil	Beschreibung	U	Fläche	U-Wert	Verlust (kWh)	Verlust (kWh)
Außenwand	Mauwerk 30 cm	1,09	582 m <sup>2</sup>	0,92 kWh/m <sup>2</sup>	535	1066
Bodenplatte	Annahme: Selbst-Dämmung 8 cm	2,00	787 m <sup>2</sup>	0,50 kWh/m <sup>2</sup>	393	253
Fenster	Holz, 2-fach	1,00	185 m <sup>2</sup>	0,80 kWh/m <sup>2</sup>	148	527
Dach	20 cm PU Aufsparndämmung	1,00	572 m <sup>2</sup>	0,35 kWh/m <sup>2</sup>	200	88
Kellere	niedrig beheizt	1,00	76 m <sup>2</sup>	0,35 kWh/m <sup>2</sup>	26	133
					0	0
					0	0

Überschlägiger Wärmebedarf

108.294 kWh/a

**Heizung**

Heizungsart	U	Leistung	Heizgas	Wirkungsgrad 84,7%
Leistung (kWh/a)	1994	115 - 130 kW		
auf gelöst		Pumpen-Lösung gelöst		
Leistung (kW)	115	130		
Heizkörper		Heizkörper, Lüftungseinheit		
Sollbeheizung in dem Gasraum, nicht dauerhaft betrieben				



**Trinkwassererwärmung**

Energieerzeuger Speicherwassererwärmer	BJ	Nennleistung 51 - 83 kW	Energieträger Erdgas	Anmerkung Viessmann 3003213, Inhalt: 350l
Anmerkungen				

**Beleuchtung**

Beschreibung hauptsächlich Halogenstrahler und Leuchtstoffröhren, Schaltung manuell, Hofbeleuchtung	Einsparpotential 30%
---	-------------------------

**Lüftung**

Art der Lüftung Fensterlüftung, Lüftungsanlage im Vereinssaal, teilw. Abluft in den Lagern	WRG nein
Einschätzung zur Luftdichtheit des Gebäudes keine offensichtlichen Undichtigkeiten erkennbar	

**Übersicht**

	Verbrauch Bestand	Einsparpotential	Brennstoffwechsel	Verbrauch saniert*	CO <sub>2</sub> -Einsparung
Strom	34.943 kWh	30%		24.460 kWh	6.520 kg/a
Wärme	201.370 kWh	69%		63.341 kWh	33.679 kg/a
Wasser	216 m <sup>3</sup>				
					40.199 kg/a

**Sanierungskosten 630.000 € (rein energetisch, netto, ohne Nk)**

Bauteil	Kosten	Beschreibung	U-Wert empfohlen
Außenwand	65.000 €	ca. 20 cm WDVS	0,20 W/m <sup>2</sup> K
Fenster	111.000 €	3-fach-Verglasung Uw=0,9	0,90 W/m <sup>2</sup> K
Dach	58.500 €	Zwischensparrendämmung	0,15 W/m <sup>2</sup> K
Rolltore	38.000 €	gedämmte Schnellauftore	1,80 W/m <sup>2</sup> K
Heizung	80.000 €		
Lüftung	100.000 €	mit WRG>80%	
Beleuchtung	72.500 €		

\* der überschläg berechnete Bedarf wird hierzu im gleichen Verhältnis angepasst, wie Bedarf/Verbrauch im Bestand



## textliche Zusammenfassung

*Beschreibung:*

Das Feuerwehrhaus Veitshöchheim wurde 1995 in Massivbauweise errichtet und wird neben der Feuerwehr auch von Vereinen genutzt. Im Erdgeschoss befinden sich Garagen, Waschhalle, Werkstatt, Lager und Umkleiden mit Sanitärräumen. Der Keller wird als Lager und Heizraum genutzt, außerdem gibt es hier einen Fitness- und einen Aufenthaltsraum. Im Obergeschoss befinden sich Vereinszimmer und zwei Säle mit den üblichen Nebenräumen. Die Außenwände bestehen aus ca. 30 cm dickem Mauerwerk, als Fenster wurden zweifach verglaste Holzfenster verwendet. Das Dach hat wahrscheinlich eine bauzeitlich typische Dämmung von ca. 10 cm. Insgesamt gibt es in der Fassade und im Dach sehr viele Vor- und Rücksprünge, Gauben, usw., durch die sich die thermische Hüllfläche des Gebäudes vergrößert. Außerdem hat das Gebäude sowohl in den Sälen als auch in Nebenräume große verglaste Flächen, die nur an der Südfassade des einen Saals einen außenliegenden Sonnenschutz aufweisen.

Das Feuerwehrhaus wird durch einen ErdgasNiedertemperaturkessel mit einer Nennleistung von 115 bis 130 kW beheizt. Die Wärmeübertragung erfolgt hauptsächlich über Heizkörper, nur ein Saal wird über eine Lüftungsanlage beheizt. In den Garagen befinden sich außerdem Warmwasser-Gebläseheizgeräte. Ein Speicher-Wassererwärmer mit einem Inhalt von 350 l und einer Leistung von 51 bis 83 kW dient der Trinkwassererwärmung.

*Verbrauchsanalyse:*

Das Feuerwehrhaus liegt sowohl im Wärmeverbrauch als auch im Stromverbrauch über der EnEV 2009. Dies ist durch die bauzeitlich typischen Qualitäten der Hüllbauteile und der Beleuchtung erklärbar. Der Fensteranteil liegt mit ca. 25% der Fassadenfläche im Normalbereich, ebenfalls die Kompaktheit des Gebäudes.

*Maßnahmen:*

Bei der Sanierung der Feuerwehrhauses ist vor allem die Dämmung der Außenwände wichtig. Hier geht auf relativ geringer Fläche ein Großteil der Heizwärme verloren. Weiterhin sollten auch die Fenster durch neue möglichst 3-fach verglaste Fenster ersetzt werden; hier ist ein dichter und wärmebrückenfreier Einbau in der Dämmebene wichtig. Im Bereich des Daches sollte die bestehende Aufsparrendämmung durch eine Zwischensparrendämmung ergänzt werden, so dass hier ein U-Wert von ca. 0,15 W/m<sup>2</sup>K erreicht werden kann. Auch wenn viele Räume nur unregelmäßig benutzt werden, ist eine Lüftungsanlage mit WRG empfehlenswert. Bei der Beleuchtung ist vor allem ein schneller Austausch der bestehenden Halogenstrahler sinnvoll, die Leuchtstoffröhren sollten ebenfalls mittelfristig durch neue effektive Leuchten ersetzt werden. (Empfohlene U-Werte: s. Seite 2 Tabelle)

*Zusammenfassung:*

*Das Gebäude hat sowohl bei der Beleuchtung als auch beim Heizwärmeverbrauch ein großes Einsparpotential. Aufgrund der überschaubaren Sanierungskosten für die energetische Maßnahmen ist eine Sanierung in näherer Zukunft zu empfehlen.*



## Fassadekennzeichen

Bild 1: Fassade / Baumaterial



Bild 2: Sicht ins Innere / Baumaterial



Bild 3: Innenaussicht und Himmel

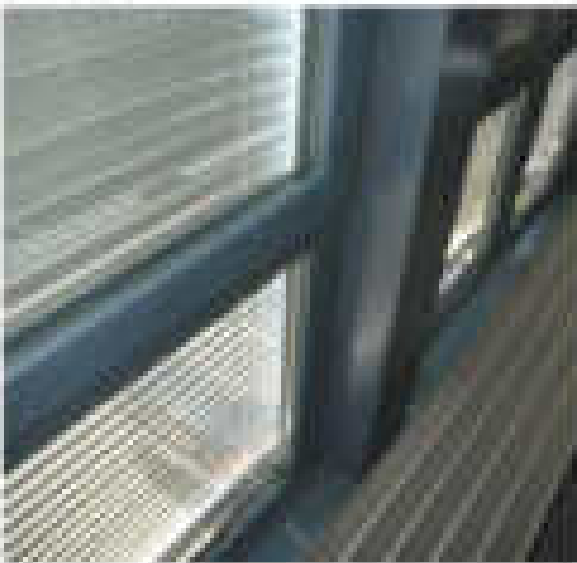
Bild 4: Innenaussicht und Himmel



Bild 5: Innenaussicht



Bild 6: Innenaussicht



### Hydrantentastent

Foto 11: Anschauungstastent



Foto 12: Anschauungstastent

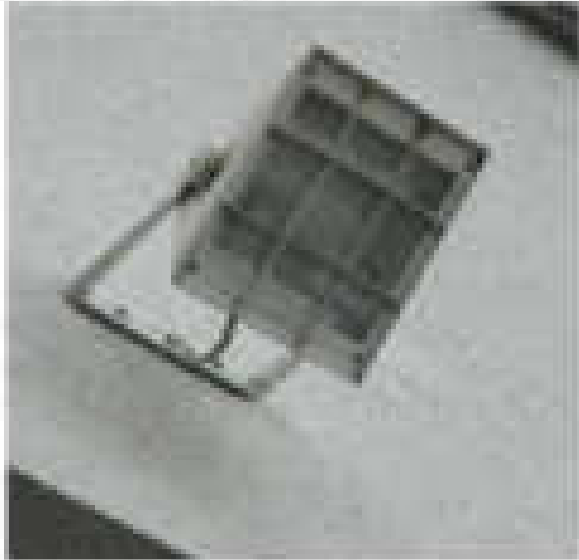


Foto 13: Anschauungstastent



Foto 14: Anschauungstastent



Foto 15: Anschauungstastent



Foto 16: Anschauungstastent





### Fotodokumentation

Foto 11: Installation in der Garage



Foto 12: Installation in der Garage



Foto 13: Ansicht von EN



Foto 14: Ansicht von EN und im Netzwerk



Gebäude / Objekt		Jahre	
<b>Jüd. Museum, Gesamt</b>		1770 / 1999	
Nutzung			
Museum			
BAW	gesamt	BAW	gesamt
	548 m <sup>2</sup>		2.755 m <sup>2</sup>
		Anschlüsse	
		2	
Systeme			
Altbauern (o. Neubau) nein			
Anmerkungen			
Öffnungszeiten Museum: 3 Stunden pro Woche und nach Vereinbarung			



**Verbrauchsdaten (witterungsberichtigt)**

**für gesamten Gebäudekomplex**

Jahr	2021	2022	2023	Durchschnitt	Wert 2020-2022
Wärme	4.389 kWh	4.993 kWh	4.548 kWh	4.643 kWh	3.839 kg
Kälte	102.507 kWh	117.568 kWh	79.447 kWh	99.857 kWh	24.365 kg
Strom	33 m <sup>3</sup>	34 m <sup>3</sup>	34 m <sup>3</sup>	33 kWh	27.304 kg

**Vergleich mit Verbrauchskennwerten EnEV 2020**

Jahr	gesamt (m <sup>2</sup> BAW)	EnEV 2020	Abweichung
Wärme	8 kWh	40 kWh	EnEV <span style="background-color: green; color: white;">-80%</span>
Kälte	182 kWh	75 kWh	EnEV <span style="background-color: red; color: white;">+141%</span>
Strom	0,2 m <sup>3</sup>		

<b>Überschüssiger Wärmebedarf, Gesamt</b>	<b>105.796 kWh/a</b>
Altbauern	79.970 kWh/a
Neubau	25.796 kWh/a

**Übersicht\*\***

	Verbrauch (Gesamt)	Umsatzanteil	Beheizt/Beheizt	Werte nach EnEV**	CO <sub>2</sub> -Emission
Wärme	4.643 kWh	80%		2.786 kWh	1.146 kg/a
Kälte	99.857 kWh	30%		80.181 kWh	4.039 kg/a
Strom					



Gebäude / Objekt		Projekt	
<b>Jüd. Museum, Altbauten</b>		ca. 1790	
Nutzung			
Museum			
Fläche alt	Fläche all	Energiezone	
334 m <sup>2</sup>	1.878 m <sup>2</sup>	2 bis 3 + DG	
Anmerkungen			
a			
Anmerkungen:			
1990 saniert			



**Verbrauchswerte (erhebungsbereit):**

Jahr	2007	2008	2009	Gesamtwert:
Strom				1.003 kWh
Wärme				75.545 kWh
Wasser				

CO <sub>2</sub> -Emission*
1.873 kg
18.400 kg
20.531 kg

**Vergleich mit Verbrauchswerten DstV 2009**

Jahr	2007 (alt)	2009 (all)
Strom	8 kWh	40 kWh
Wärme	211 kWh	75 kWh
Wasser		

Wärnung	
StV	
StV	

**Energetische Bewertung der Bauteile**

Bauteil	Beschreibung	U <sub>f</sub>	Fläche	U-Wert	Standard (2009)
Außenwand	Mauerwerk 70cm, Fachwerk	1,730	512 m <sup>2</sup>	U-Wert: 1	831
Fenster	Rundglas, 2-fach Holz		18 m <sup>2</sup>	U-Wert: 1	48
Fenster	Rasterfenster		22 m <sup>2</sup>	U-Wert: 1	62
Tür		1,730	11 m <sup>2</sup>	U-Wert: 0,8	25
Dach	eingesenken 12 cm Dämmung	1,730	349 m <sup>2</sup>	U-Wert: 0,7	98
Bodenplatte	ungedämmt	1,730	233 m <sup>2</sup>	U-Wert: 0,8	188
					0

Überschüssiger Wärmebedarf

75.570 kWh/a

Heizung siehe Jüd. Museum Freiburg

Tragsystem	St	Sanierungsmaß	Tragsystem	Sanierungsmaß
Lüftung (abstrahieren/strahlen)		Lüftung (abstrahieren/strahlen)		
Wärmeübertrag		Lüftung		Wärmeübertrag
U <sub>f</sub>	U <sub>f</sub>			
Anmerkungen:				



**Trinkwassererwärmung**

Energieerzeuger	BJ	Nennleistung	Energieträger	Anmerkung
Anmerkungen				

**Beleuchtung**

Beschreibung	Einsparpotential
Glühbirnen, Halogenstrahler, Schaltung manuell zentral	40%

**Lüftung**

Art der Lüftung	WRG
Fensterlüftung	--
Einschätzung zur Luftdichtheit des Gebäudes	
keine offensichtlichen Undichtigkeiten erkennbar	

**Übersicht**

	Verbrauch Bestand	Einsparpotential	Brennstoffechsel	Verbrauch saniert*	CO2-Einsparung
Strom	3.033 kWh	40%		1.820 kWh	749 kg/a
Wärme	75.545 kWh	17%		62.456 kWh	3.233 kg/a
Wasser					3.982 kg/a

Sanierungskosten 103.000 € (rein energetisch, netto, ohne Nk)

Bauteil	Kosten	Beschreibung	U-Wert empfohlen
Fenster	18.038 €	teilweise 3-fach	1,00 W/m <sup>2</sup> K
Außenwand	29.081 €	Innendämmung in Teilbereichen	0,35 W/m <sup>2</sup> K
Dach	17.446 €	+20 cm in Teilbereichen	0,15 W/m <sup>2</sup> K
Beleuchtung	21.480 €		

\* der überschläg berechnete Bedarf wird hierzu im gleichen Verhältnis angepasst, wie Bedarf/Verbrauch im Bestand



## textliche Zusammenfassung

### *Beschreibung:*

Die zwei historischen Gebäude beherbergen die Synagoge und Ausstellungsräume des Museums. Die Außenwände des einen Gebäudes bestehen aus ca. 70 cm dickem Mauerwerk, die des anderen aus Holzfachwerk. Als Fenster wurden sowohl Buntglasfenster mit einer innen vorgesetzten Glasscheibe, einfach verglaste Holzfenster, als auch Holz-Kastenfenster verwendet. Alle Fenster haben einen schlechten Wärmedurchgangskoeffizienten. Das Dach des Ausstellungsgebäudes, bzw. die oberste Geschossdecke der Synagoge wurden während der Sanierungsmaßnahmen 1990 mit ca. 12 cm Dämmung versehen. Zur Beheizung werden Temperierleitungen verwendet, um im Winter eine Raumtemperatur von 10 bis 15°C zu erreichen und die Tauwassergefahr durch Wärmebrücken zu minimieren.

### *Verbrauchsanalyse:*

Der Stromverbrauch ist wie beim Neubau durch die kurzen Öffnungszeiten gering. Der Wärmebedarf hingegen ist durch die historischen Fenster- und Wandaufbauten mit schlechten Wärmedurchgangskoeffizienten sehr hoch. Die Raumtemperatur wird zwar relativ niedrig gehalten, jedoch ist im Winter eine durchgängige Temperierung auch außerhalb der Öffnungszeiten notwendig, um Bauschäden zu vermeiden.

### *Maßnahmen:*

Eine Dämmung der Mauerwerkswände ist aufgrund der historischen Fassade und innenliegender Wandmalereien im Bereich der Synagoge nicht möglich. (Empfohlene U-Werte: s. Seite 2 Tabelle)  
Eine Innendämmung und Erhöhung der Dachdämmung wäre in Teilbereichen möglich. Außerdem könnten einzelne Fenster mit einer 3-fach Verglasung versehen werden. Das Ersetzen der bestehenden Beleuchtung durch moderne effiziente Leuchten ist wie auch im Neubau eine sinnvolle Maßnahme mit gutem Einsparpotential.

### *Zusammenfassung:*

Durch die vorhandene denkmalgeschützte Bausubstanz sind nur vereinzelte Maßnahmen möglich, die ein geringes Einsparpotential bieten. Aufgrund der kurzen Öffnungszeiten sowie der historischen Bauteile, deren Sanierung nur in Teilbereichen und mit großem Aufwand in der Detailsanierung möglich wäre, ist eine energetische Sanierung des jüdischen Museums vorerst nicht sinnvoll.



## FotoDokumentation

Baum 1: Innenansicht Außenwände/Innenputz



Baum 2: Innenraum Schloßberg



Baum 3: Innenraum Schloßberg



Baum 4: Ornat Fenster



Baum 5: Ornat Fenster



Baum 6: Ornat Fenster



**Fotookumentation**

**Baum 4: Dachfenster**



**Baum 5: Dachstuhl Holzwerk**



**Baum 6: Trennwand**



**Baum 7: Beleuchtung im Museum**



**Baum 8: Dachstuhl Kaminsteiggehäuse**



**Baum 9: gelbtes Holzwerk im Technikraum**



Gebäude / Objekt		Jahr	
<b>Jüd. Museum, Neubau</b>		1990	
Nutzung			
Museum			
Wärme	1990	Wärme	1990
100 m <sup>2</sup>		877 m <sup>2</sup>	
		Personen	
		2	



Anmerkungen	
nein	

Anmerkungen	
Öffnungszeiten Museum: 6 Stunden pro Woche und nach Vereinbarung	

**Verbrauchsdaten (erhaltungsbereit)**

Jahr	2007	2008	2009	erhaltungsbereit
Wärme				1.630 kWh
Strom				14.812 kWh
Wasser				

CO <sub>2</sub> -Emissionen*	
Wärme	1.009 kg
Strom	5.832 kg
Wasser	
<b>Gesamt</b>	<b>6.841 kg</b>

**Vergleich mit Verbrauchskennwerten EnEV 2009**

Jahr	2007	EnEV 2009
Wärme	8 kWh	40 kWh
Strom	138 kWh	75 kWh
Wasser		

Wärme	
EnEV	
EnEV	

**Energetische Bewertung der Bauteile**

Bauteil	Beschreibung	U <sub>f</sub>	Fläche	U-Wert	Standard (2009)
Außenwand	Mauwerk	0,300	121 m <sup>2</sup>	0,260	139
Fenster	Holz, 2-fach, ohne WIG	0,300	45 m <sup>2</sup>	0,260	121
Tür	Holz, Glas 2-fach	0,300	7 m <sup>2</sup>	0,260	20
Dach	Ansahre: Dämmung 12 cm	0,300	171 m <sup>2</sup>	0,260	68
Bodenplatte	Ansahre: Dämmung 8 cm	0,300	100 m <sup>2</sup>	0,260	26

Überschüssiger Wärmebedarf 25,796 kWh/a

**Heizung für gesamten Gebäudekomplex**

Heizungsart	Wärmequelle	Verwendung	Wärmegewinn	Abnutzung
Bessel	1990	54-410W	Erden	Wirkungsgrad 94,1%
Übersicht Heizungen insgesamt			Übersicht Heizungen insgesamt	
geheizt			nicht geheizt	
Wärmegewinn		Heizung		Wärmeverluste
Wärme		Wärme		Heizkörper, Temperaturerhöhungen
Anmerkungen:				





**Trinkwassererwärmung**

Energieerzeuger dezentral	BJ	Nennleistung	Energieträger Strom	Anmerkung
Anmerkungen Boiler nur im Putzraum				

**Beleuchtung**

Beschreibung überwiegend Halogenstrahler, Schaltung manuell zentral	Einsparpotential 40%
--	-------------------------

**Lüftung**

Art der Lüftung Fensterlüftung	WRG --
Einschätzung zur Luftdichtheit des Gebäudes keine offensichtlichen Undichtigkeiten erkennbar	

**Übersicht\*\***

	Verbrauch Bestand	Einsparpotential	Brennstoffwechsel	Verbrauch saniert*	CO2-Einsparung
Strom	1.610 kWh	40%		966 kWh	397 kg/a
Wärme	24.312 kWh	27%	ohne	17.730 kWh	1.626 kg/a
Wasser					2.023 kg/a

Sanierungskosten 100.000 € (rein energetisch, netto, ohne Nk)

Bauteil	Kosten	Beschreibung	U-Wert empfohlen
Fenster	29.100 €	3-fach	1,00 W/m <sup>2</sup> K
Außenwand	0 €	keine Maßnahmen	0,60 W/m <sup>2</sup> K
Dach	25.700 €	zusätzliche Dämmung	0,15 W/m <sup>2</sup> K
Beleuchtung	11.400 €	energieeffiziente Leuchten	
Lüftung	17.100 €		

\* der überschläg berechnete Bedarf wird hierzu im gleichen Verhältnis angepasst, wie Bedarf/Verbrauch im Bestand



## textliche Zusammenfassung

### *Beschreibung:*

Das jüdische Museum in Veitshöchheim besteht aus drei Gebäuden, von denen zwei im Jahr 1730 erbaut wurden. Das dritte wurde 1990 im Rahmen der Sanierung der historischen Häuser neu errichtet. Während sich in den alten Gebäuden das Museum mit der Synagoge befindet, gibt es hier neben dem Eingangsbereich WC's, ein Büro und einen kleinen Vortragssaal. Die Außenwände bestehen aus ungefähr 30 cm dickem Mauerwerk, die Fenster und Türen aus Holz mit einer zweifachen Verglasung (ohne Wärmeschutzglas). Das Dach ist wahrscheinlich mit einer bauzeitlich typischen Wärmedämmung von 12 cm versehen. Beheizt werden alle drei Gebäude zentral durch Erdgas-Kessel mit einer Nennleistung von 34 bis 41 kW. Die Wärme wird im neuen Gebäude über Heizkörper übertragen. Ein elektrischer Warmwasserboiler im Putzraum erwärmt das benötigte Trinkwasser. Zur Beleuchtung werden überwiegend Halogenstrahler und Glühbirnen verwendet, die relativ viel Strom verbrauchen. Sie werden manuell an zentraler Stelle geschaltet.

### *Verbrauchsanalyse:*

Da das Museum nur 6 Stunden pro Woche und auf Voranmeldung geöffnet hat, ist der Stromverbrauch insgesamt eher gering. Der Wärmebedarf ist aufgrund der kleinen Kubatur und des bauzeitlichen Dämmstandards sehr groß. Hier haben die kurzen Öffnungszeiten auch einen geringeren Einfluss.

### *Maßnahmen:*

Die bestehenden Fenster sollten durch 3-fach verglaste Fenster ersetzt werden, die Dämmung im Dach verbessert werden. Aufgrund der bauzeitlich schon mit gut dämmenden Ziegeln erbauten Außenwänden, der geringen Öffnungszeiten sowie Detailproblemen (geringer Dachüberstand, Lage Fenster,...) werden hier keine Maßnahmen empfohlen. Das Anbringen eines Dämmputzes wäre eine wirtschaftlich und energetisch vertretbare Lösung, entspricht allerdings nicht den Maßgaben der geltenden EnEV. Das Ersetzen der bestehenden Beleuchtung durch moderne effiziente Leuchten ist dagegen eine sinnvolle Maßnahme, die bei vertretbaren Investitionskosten ein gutes Einsparpotential bietet. Auch der Einbau einer kontrollierten Lüftungsanlage mit WRG wird gerade in Verbindung mit neuen, dicht eingebauten Fenstern empfohlen. (Empfohlene U-Werte: s. Seite 2 Tabelle)

### *Zusammenfassung:*

Eine wirtschaftliche Ertüchtigung der thermischen Gebäudehülle ist hier nur teilweise möglich, die möglichen Maßnahmen sind im Prinzip unabhängig voneinander durchführbar. Sinnvoll wäre es, die vorgeschlagenen Maßnahmen im Rahmen von Sowieso-Maßnahmen vorzunehmen, um somit die Wirtschaftlichkeit zu verbessern.



## FotoDokumentation

Foto 1: Fassade



Foto 2: Detail Fassade



Foto 3: Innenansicht des Eingangsbereichs



Foto 4: Wandaufbau



Foto 5: Wandstruktur



Foto 6: Fensterbau im Aufenthaltsraum



### Fotookumentation

Baum 11 Dachhaus



Baum 12 Doppel Fenster



Name / Objekt		Jahr	
<b>Bauhof, Verwaltung</b>		1990	
Nutzung			
Werkstätten, Büro, Schützenverein			
Fläche	Wohnfläche	Anzahl Räume	
190 m <sup>2</sup>		1 bis 2	
Anmerkungen			
Umnutzung mit Umbau ca. 2009			



**Verbrauchsdaten (einführungsbereinigt)**

Jahr	2007	2008	2009	DARÜBERSCHNITT	2004-2009-Durchschnitt
Strom	7.603 kWh	8.795 kWh	9.368 kWh	8.616 kWh	5.454 kg
Wärme	109.157 kWh	111.372 kWh	126.254 kWh	117.228 kWh	29.824 kg
Wasser	262 m <sup>3</sup>	286 m <sup>3</sup>	282 m <sup>3</sup>	277 m <sup>3</sup>	75.278 kg

**Vergleich mit Verbrauchswerten Ende 2008**

Jahr	gegen Ende 2008	gegen 2009	Veränderung
Strom	-9 kWh	-20 kWh	-0,2%
Wärme	-129 kWh	-110 kWh	+1,7%
Wasser	-0,3 m <sup>3</sup>		

**Energieische Bewertung der Bauteile**

System	Beschreibung	U	Fläche	U-Wert	Verlust (kWh)	Verlust (kgCO <sub>2</sub> e)
Außenwand	ungelimitert, Mauerwerk	1990	167 m <sup>2</sup>	1,0 kWh/m <sup>2</sup>	167	862
Fenster	Holz-Verbundfenster, 2-fach		17 m <sup>2</sup>	1,0 kWh/m <sup>2</sup>	17	154
Fenster	einzelne Kunststoff, 2-fach	2008	5 m <sup>2</sup>	1,0 kWh/m <sup>2</sup>	5	10
Türen	Holz		2 m <sup>2</sup>	1,0 kWh/m <sup>2</sup>	2	5
Dach	Zwischensperreabdichtung, ca. 15cm		1166 m <sup>2</sup>	1,0 kWh/m <sup>2</sup>	1166	466
Bodenplatte	unbekannt		383 m <sup>2</sup>	1,0 kWh/m <sup>2</sup>	383	229
Türe	Metal, Glas		15 m <sup>2</sup>	1,0 kWh/m <sup>2</sup>	15	45
						0

Überschlägiger Wärmebedarf

147.867 kWh/a

**Heizung**

Heizungsanlage	U	Leistung	Heizgas	Wirkungsgrad
Wärmepumpe	2008	60 kW	Ertrag	Wirkungsgrad: 98,10%, Verlust: 198 kWh/a
Anzahl Heizkörper		Anzahl Heizkörper		
sehr gut gelöst		sehr gut gelöst		
Anzahl Heizkörper		Anzahl Heizkörper		
1		Heizkörper		
Anmerkungen				



**Trinkwassererwärmung**

Energieerzeuger Kessel	BJ 1989	Nennleistung	Energieträger Erdgas	Anmerkung
Anmerkungen für die Damenduschen: Durchlauferhitzer				

**Beleuchtung**

Beschreibung überwiegend alte Leuchtstoffröhren mit konventionellem Vorschaltgerät, nur im Büro Reflektoren, einige Glühbirnen im Vereinsraum	Einsparpotential 30%
---	-------------------------

**Lüftung**

Art der Lüftung Fensterlüftung	WRG -
Einschätzung zur Luftdichtheit des Gebäudes	

**Übersicht**

	Verbrauch Bestand	Einsparpotential	Brennstoffwechsel	Verbrauch saniert*	CO <sub>2</sub> -Einsparung
Strom	8.616 kWh	30%		6.031 kWh	3.752 kg/a
Wärme	122.228 kWh	68%	ohne	39.593 kWh	9.661 kg/a
Wasser	277 m <sup>3</sup>				
					13.412 kg/a

**Sanierungskosten 457.000 € (rein energetisch, netto, ohne Nk)**

Bauteil	Kosten	Beschreibung	U-Wert empfohlen
Außenwand	79.092 €	Dämmung, Verlängerung Dachüberstand	0,20 W/m <sup>2</sup> K
Fenster	40.300 €	Ersetzen	0,90 W/m <sup>2</sup> K
Dach	174.900 €	zusätzliche Dämmung	0,15 W/m <sup>2</sup> K
Lüftung	19.950 €	WRG >80%	
Beleuchtung	38.000 €		
Türen	12.000 €		1,30 W/m <sup>2</sup> K
Frostschürze	16.500 €	min. 50 cm unter Bodenplatte	

\* der überschläg berechnete Bedarf wird hierzu im gleichen Verhältnis angepasst, wie Bedarf/Verbrauch im Bestand



## textliche Zusammenfassung

*Beschreibung:*

Der Bauhof der Gemeinde besteht im Prinzip aus zwei Gebäudeteilen, dem Verwaltungsgebäude, das im Erdgeschoss Büro- Aufenthalts- und Werkstatt Räume, im Obergeschoss die Räume der Schützenvereins beinhaltet, sowie die Fahrzeughallen, in denen die Nutzfahrzeuge der Gemeinde und weitere Werkstätten untergebracht sind. Die Fahrzeughallen sind nur temporär beheizt, d.h nur bei Arbeiten an den Fahrzeugen und an sehr kalten Tagen. Im Verwaltungsgebäude sind nur die Büroräume dauerhaft genutzt, einige der anderen Räume sind nur niedrig beheizt.

Das Verwaltungsgebäude wurde 1930 gebaut, und nur durch Einzelmaßnahmen (Austausch der Fenster, Zwischensparrendämmung im Dach) energetisch verbessert. Die Außenwände bestehen aus ungedämmten Mauerwerk, die Bodenplatte wird dem Baualter entsprechend ebenfalls ungedämmt sein. 1998 wurde ein neuer Kessel mit Brennwerttechnik eingebaut, eine Lüftungsanlage ist nicht vorhanden.

*Verbrauchsanalyse:*

Trotz des niedrigen energetischen Standards des Gebäudes sind die Verbrauchszahlen für Strom und Wärme recht niedrig (Strom liegt sogar über 50% unter dem Niveau EnEV 2009). Dies ist vor allem darauf zurück zu führen, dass das Gebäude größtenteils sehr gering genutzt wird. Zudem sind für ein Verwaltungsgebäude nur wenige Computer vorhanden, die normalerweise einen großen Anteil am Stromverbrauch haben.

*Maßnahmen:*

Bei dem Gebäude ist eine energetische Verbesserung aller Hüllbauteile sinnvoll. Trotz der Notwendigkeit den geringen Dachüberstandes zu verlängern, sollte die Außenwände mit ca. 20 cm Wärmedämmverbundsystem gedämmt werden. Im Dach sollte die bestehende Dämmung ergänzt bzw. durch neue Dämmung ersetzt werden. Bei Maßnahmen am Dach sollte zusätzlich eine Aufsparrendämmung eingebaut werden. Fenster und Tore sollten durch gutdämmende Bauteile (3-fach verglaste Fenster) ausgetauscht werden. Die z. T. energetisch sehr schlechte Beleuchtung sollte durch moderne, energieeffiziente Leuchten ersetzt werden, unregelmäßig genutzte Räume sollte n mit Präsenzmeldern ausgestattet werden. In den häufig genutzten Räumen ist eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung empfehlenswert. (Empfohlene U-Werte: s. Seite 2 Tabelle)

*Zusammenfassung:*

Der aufgrund der geringen Nutzung niedrige Energieverbrauch führt zu einem schlechten Verhältnis von Sanierungskosten zu Energieeinsparung. Daher ist das Gebäude von der Priorität eher niedrig anzusetzen. Energetische Maßnahmen sollten vor allem mit Sowieso-Maßnahmen kombiniert werden, so dass die Kosten verringert werden.



### Fassadelemente

Bild 1: Nordfassade (geringer Einbauanteil)



Bild 2: Ostfassade

Bild 3: Südwestliche Fassade in Anbauung (geringer)



Bild 4: Westfassade



Bild 5: alle Hoffenster - Ausbaugesamte Fassade



Bild 6: weitere Hoffenster, Anbauung gerader





### Hydrantkammer

Bild 11: Blick in den Raum mit Hydranten



Bild 12: Sichtweise auf den angrenzenden Aufenthaltsraum



Bild 13: Blick in den Aufenthaltsraum



Bild 14: Aufenthaltsraum



Bild 15: Blick in den Aufenthaltsraum

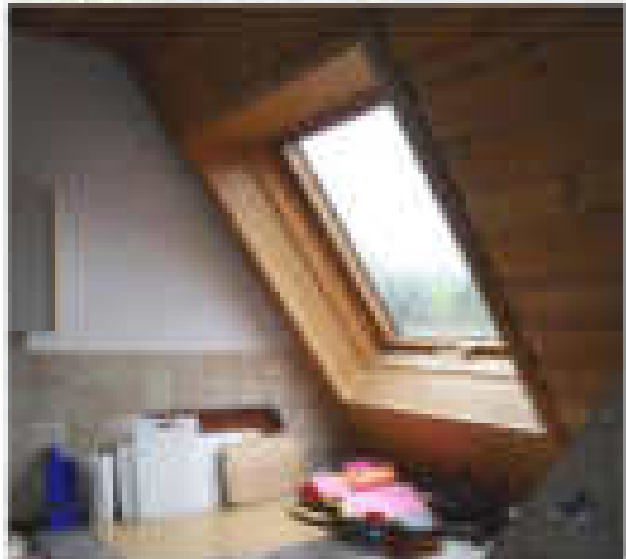


Bild 16: Blick in den Aufenthaltsraum



## Fußbodenheizung

Bild 10: Fußbodenheizungspalte



Bild 11: Heizkessel



Bild 12: Gas-Brennwertkessel



Bild 13: drei getrennte Heizkörper im Flur



Bild 14: Heizkörper



Bild 15: Heizkörper



Name / Objekt		Projekt	
<b>Rothaus</b>		1768	
Führung			
Verantwortung			
HAZ	HAZ	Verfahren	
1.100 m <sup>2</sup>	8.500 m <sup>2</sup>	E + 100	
Anmerkungen			
Anmerkungen			



**Verbrauchsdaten (witterungsbereinigt)**

Jahr	2008	2009	2010	2011
Wärme	128.000 kWh	126.661 kWh	122.107 kWh	128.963 kWh
Kälte	211.487 kWh	245.193 kWh	298.242 kWh	298.960 kWh
Wasser	147 m <sup>3</sup>	142 m <sup>3</sup>	138 m <sup>3</sup>	162 m <sup>3</sup>

Wärme	127.323 kg
Kälte	63.090 kg
Wasser	100.180 kg

**Vergleich mit Verbrauchskennwerten EnEV 2009**

Jahr	2008 (m <sup>2</sup> )	2009 (m <sup>2</sup> )
Wärme	22 kWh	20 kWh
Kälte	138 kWh	69 kWh
Wasser	0,3 m <sup>3</sup>	

Wärme	
EnEV	10,0%
EnEV	14,7%

**Energieeffiziente Bewertung der Bauteile**

Teil	Beschreibung	U <sub>0</sub>	U <sub>req</sub>	U <sub>diff</sub>	U <sub>diff</sub> / U <sub>req</sub>	U <sub>diff</sub> / U <sub>0</sub>
Außenwand	Mauwerk mit Innensanierung	0,40	0,20	0,20	1,00	110%
Fenster	Multifunktionsfenster, 3-fach	1,01	0,80	0,21	1,26	130%
Tür	Multifunktionsfenster, 2-fach	0,3	0,2	0,1	1,50	150%
Dach	Dämmplatten, 20cm	0,10	0,10	0,00	1,00	100%
Wanddecken	kein Dämmung	0,02	0,02	0,00	1,00	100%
Balkendecke	ungedämmt	0,10	0,10	0,00	1,00	100%

Überschlagener Wärmeverlust

140.141 kWh/a

**Heizung**

Heizungssystem	U <sub>0</sub>	U <sub>req</sub>	U <sub>diff</sub>	U <sub>diff</sub> / U <sub>req</sub>
Wärmepumpensystem	100%	100%	0,00	1,00
Überschlagener Wärmeverlust		Überschlagener Wärmeverlust		
U <sub>0</sub>		U <sub>req</sub>		U <sub>diff</sub> / U <sub>req</sub>
100%		100%		1,00
Anmerkungen				



**Trinkwassererwärmung**

Energieerzeuger <b>Boiler</b>	BJ	Nennleistung	Energieträger <b>Strom</b>	Anmerkung <b>nur bei Waschbecken</b>
Anmerkungen				

**Beleuchtung**

Beschreibung Halogenstrahler zur Wandbeleuchtung im OG, sonst hauptsächlich ältere Leuchtstoffröhren und Energiesparlampen	Einsparpotential <b>15%</b>
---	--------------------------------

**Lüftung**

Art der Lüftung <b>Fensterlüftung</b>	WRG -
Einschätzung zur Luftdichtheit des Gebäudes	

**Übersicht**

	Verbrauch Bestand	Einsparpotential	Brennstoffwechsel	Verbrauch saniert*	CO2-Einsparung
Strom	58.963 kWh/a	15%		50.118 kWh/a	5.501 kg/a
Wärme	258.361 kWh/a	59%	Nahwärme	105.320 kWh/a	37.342 kg/a
Wasser	162 m <sup>3</sup> /a				
					<b>42.843 kg/a</b>

Sanierungskosten **786.000 €** (rein energetisch, netto, ohne Nk)

Bauteil	Kosten	Beschreibung	U-Wert empfohlen
Außenwand	113.300 €	Innendämmung 10cm, einschl. Innenputz	0,35 W/m <sup>2</sup> K
Fenster	112.700 €	neue Fenster innen, Schließen Heizkörpernischen	0,90 W/m <sup>2</sup> K
Tür	12.300 €	Erneuerung	0,90 W/m <sup>2</sup> K
Dach, Kehlbalken	84.560 €	Dämmung	0,27 W/m <sup>2</sup> K
Laibungen+ Nischen	34.680 €	Dämmputz	
Beleuchtung	77.200 €		
Lüftung	120.000 €	Einbau einer Lüftungsanlage mit WRG	
Heizsystem	100.000 €		

\* der überschläg berechnete Bedarf wird hierzu im gleichen Verhältnis angepasst, wie Bedarf/Verbrauch im Bestand



### Textliche Zusammenfassung

#### Beschreibung

Das Rathaus der Gemeinde Vetschachheim ist Teil einer Drei-Flügel-Anlage, die unmittelbar an den Marktplatz anschließt. Das Gebäude wurde im Jahr 1768 als Kavalleriebau des Schlosses errichtet. Der zunächst zweiflügelige Bau, dessen anderer Flügel heute dem Rathaus angehört, wurde von Salomon Neumann geplant. Der Mittelbau, in dem sich nun die Fruchtschnecke befindet, wurde erst ca. 1910 angebaut. In der Zeit von 1902 bis 1967 diente das dreiflügelige Gebäude als staatliche Lehranstalt für Obst- und Gartenbau, 1968 erhielt es seine heutige Nutzung als Rathaus. Neben Anpressen und ein paar Veranschaulungen wird es vor allem für Büros, Sitzungssaal und Bürgerbüro genutzt. Die Außenwände aus Bruchsteinmauerwerk sind bis zu einem Meter dick und innen mit einer dünnen Lage (Tynschermasse ca. 2 cm) Herakleol getüncht. Das Dach ist in der Fachwerkanlage mit ca. 8 cm Mineralwolle getüncht, der Rest des Daches ist mit 2 cm dicken Dämmplatten versehen. Bei den Fenstern handelt es sich um Holzrahmen-Fenster mit Zweifachverglasung. Die Holzlatten sind in Nischen angeordnet, wodurch sich die Wärmehaube hier um ca. 20 cm reduziert. Als Wärmepumpe dienen zwei Niederdruck-Wärmepumpen von 1994, die mit Gas betrieben werden. Sie haben zusammen eine Nennleistung von 343 kW. Die Beleuchtung besteht u.a. in den Fluren aus Halogenstrahlern, ansonsten aus Energiesparlampen und meist älteren Leuchtstoffröhren.

#### Verbrauchsdaten

Das Rathaus hat einen seinen Standard entsprechenden, hohen Energieverbrauch. Sowohl Strom- als auch Wärmeverbrauch liegen deutlich über dem Vergleichswert nach EnEV 2008.

#### Maßnahmen

- Innendämmung der Außenwände.
- Ersetzen der Fenster durch Holz-Alu-Fenster mit Wärmeschutzverglasung auf der Innenseite und integriertem Sonnenschutz. Die Fenster werden wärmebrückenfrei an die Innendämmung angeflanscht.
- Dämmung der Dachfläche bis zur Fachwerkanlage mit ... derselben.
- Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmehaubeleistung von über 80%.
- Ersetzen der bestehenden Leitungen und Radiatoren durch neue, an den neuen Energieverbrauch angepasste Komponenten. Dabei werden die restlichen Räume überdacht.
- Ersetzen der bestehenden Wärmepumpe durch eine neue, effektivere Technik.
- Ersetzen der ineffizienten Beleuchtung (Halogenstrahler, alte Leuchtstoffröhren) durch effiziente Leuchten. Ziel der Maßnahmen ist es, die hohen Wärmeverluste nachdrücklich zu reduzieren, Unschlichkeiten zu beseitigen und die Umweltschäden zu mindern. Gleichzeitig sollen dadurch hygienische Probleme beseitigt und der Nutzerkomfort verbessert werden. (Empfohlene U-Werte: s. Seite 2 Tabelle)

#### Zusammenfassung

Die Sanierung des Rathauses ist zwar eine kostenintensive Maßnahme, gleichzeitig ist aber auch das Einsparpotential sehr groß. In Verbindung mit dem öffentlichen Interesse an diesem Gebäude (Rathaus, Gemeindefest, Gebäude von Salomon Neumann) und anstehenden Sanierungsmaßnahmen (Dach) sollte die Sanierung des Gebäudes in den nächsten Jahren stattfinden. Damit könnte ein Leuchtturmprojekt entstehen, das eine Vorbildwirkung auf andere Kommunen oder auch Gemeindeglieder haben könnte.



Fotodokumentation:

Foto 1: Hofraum mit Mauerwerk und Bäumen



Foto 2: Hofraum



Foto 3: Eingangsportal



Foto 4: Mauerwerk mit Fenstern



Foto 5: Detail Fenster



Foto 6: Detail Mauerwerk mit Fenstern



## Fotodokumentation:

Bild 1: Detail Außenputzwerk



Bild 2: Beschäftigungs- für Sanitärgruppen



Bild 3: Innenputzwerk (außen)



Bild 4: Innenputzwerk innen

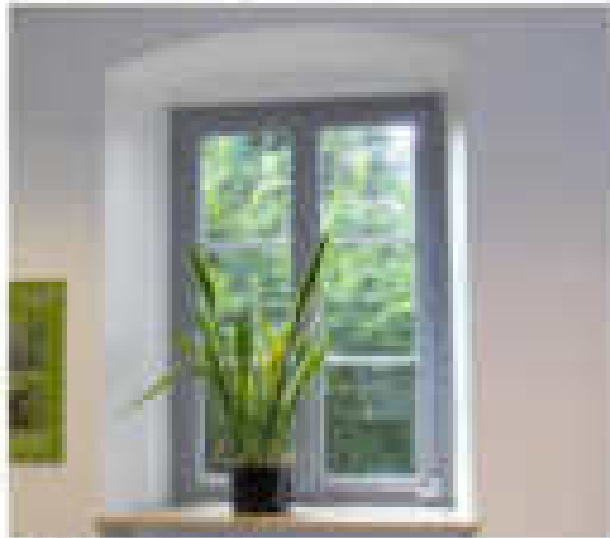


Bild 5: Beleuchtung in der Halle



Bild 6: Besprechung



**Fotodokumentation:**

**Bild 101: Sanierungsgegenstände**



**Bild 102: Boden und Wandarbeiten**



**Bild 103: Sanierungsarbeiten im Bad**



**Bild 104: Beleuchtung (Bild 101)**



**Bild 105: Bad mit Badewanne und Waschmaschine**



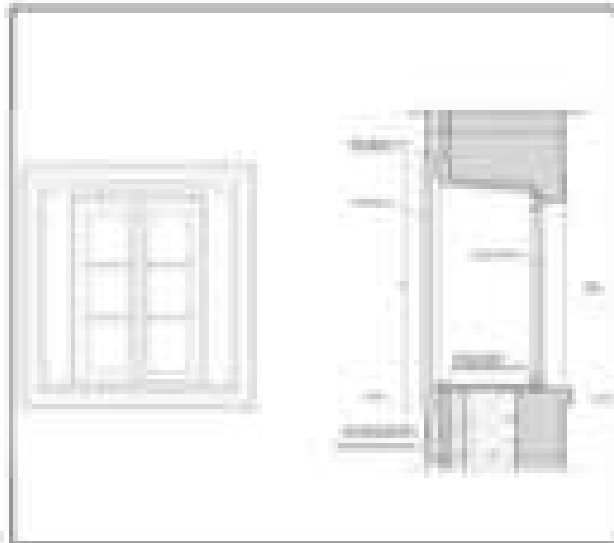
**Bild 106: Sanierungsarbeiten im Treppenhaus**



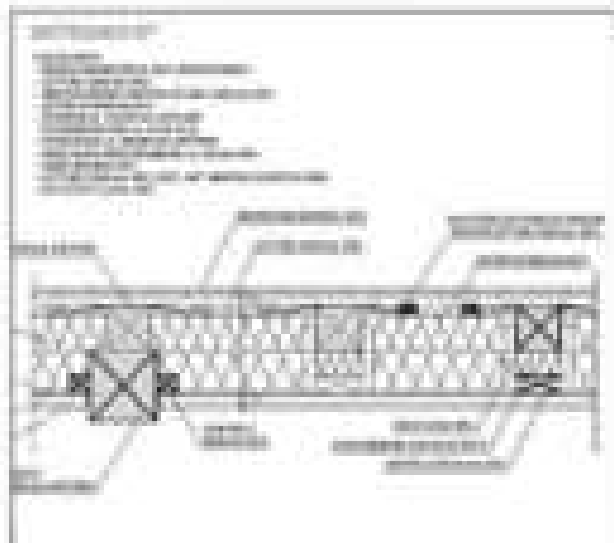
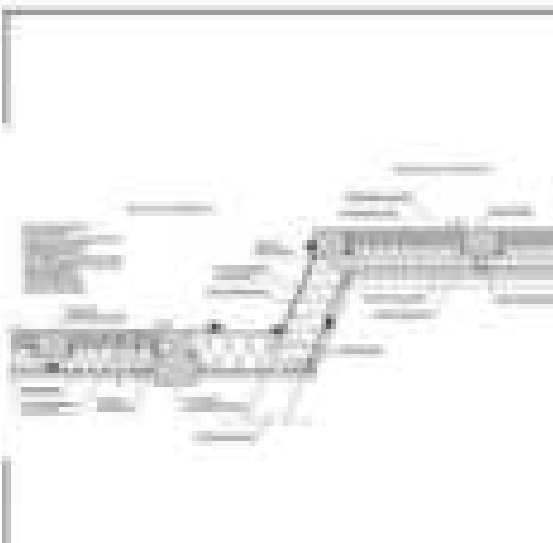
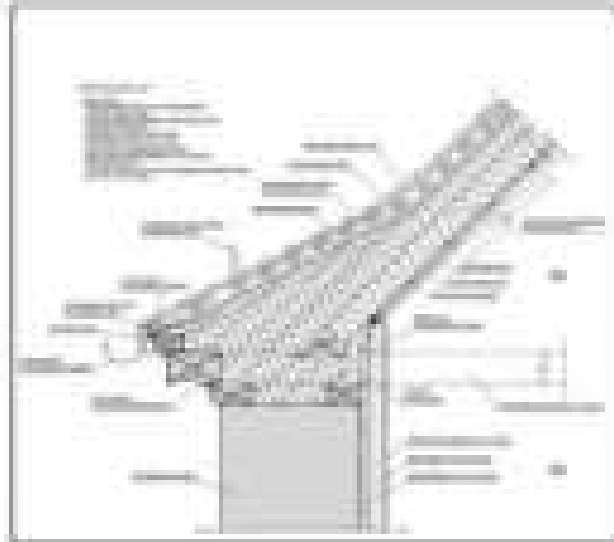


**Fensterbänke**

Zur Vermeidung von Wärmebrücken im Bereich des Fensters ist die Ausbildung eines "Wärmehaken" sinnvoll, z.B. wenn die Fenster im Bestand in einem noch gutem Zustand sind. Das neue, dichtere und energetisch bessere Fenster wird dabei in die Dämmebene gesetzt, die Luftung im Rahmen wird gestärkt, so dass eine wärmebrückenfreie Konstruktion entsteht.



Die Traufe ist in Verbindung mit einer Dachhautendecke oft ein kritischer Punkt. Aufgrund der komplexen Dachformen (Gäbelen, Mansards, Aufschalung, Übergang Schiefer-Steinschalen) ist die Erhaltung des Dachaufbaus sehr aufwendig. Durch eine fliegende Holzvertikation kann die benutzende Höhe auch bei einer Hinterlüftung belüftet werden. Um Kondensat im Bereich des Aufschalungs zu verhindern, sollte dieser Giebelstutzen ausgedämmt werden. Der Übergang Innenabdichtung zu Dach muss luftdicht ausgeführt werden.



Energiebilanz IST-Zustand

<b>Objekt (Art, Bez.)</b>		<b>Rathaus</b>	
<b>Energiekennwerte vor und nach der Sanierung</b> (Planwerte gemäß Berechnungen nach EnEV / DIN 18599 für einen vergleichbaren Neubau)			
<b>NGF, Summe der beheizten Räume</b>		1930 m <sup>2</sup>	
<b>Jahres-Heizwärmebedarf Q<sub>h</sub></b>	Nutzenergie		
	vor Sanierung	139,7 kWh/m <sup>2</sup> a	
	nach Sanierung	44,6 kWh/m <sup>2</sup> a	- 68 %
<b>Trinkwasser-Energiebedarf Q<sub>rw</sub></b>	Nutzenergie		
	vor Sanierung	0,0 kWh/m <sup>2</sup> a	
	nach Sanierung	0,0 kWh/m <sup>2</sup> a	
<b>Sonstiger Endenergiebedarf</b>			
<b>Beleuchtung</b>	vor Sanierung	28,5 kWh/m <sup>2</sup> a	nach Sanierung 20,2 kWh/m <sup>2</sup> a - 29 %
<b>Lüftung</b>	vor Sanierung	0,0 kWh/m <sup>2</sup> a	nach Sanierung 4,6 kWh/m <sup>2</sup> a
<b>Klimatisierung</b>	vor Sanierung	0,0 kWh/m <sup>2</sup> a	nach Sanierung 0,0 kWh/m <sup>2</sup> a
<b>Kühlung</b>	vor Sanierung	0,0 kWh/m <sup>2</sup> a	nach Sanierung 0,0 kWh/m <sup>2</sup> a
<b>Jahres-Endenergiebedarf Q<sub>E</sub>''</b>	Endenergie		
	vor Sanierung	229,8 kWh/m <sup>2</sup> a	
	nach Sanierung	90,8 kWh/m <sup>2</sup> a	- 60 %
<b>Jahres-Primärenergiebedarf Q<sub>P</sub>''</b>	Primärenergie		
	vor Sanierung	274,2 kWh/m <sup>2</sup> a	
	nach Sanierung	130,4 kWh/m <sup>2</sup> a	- 52 %
	Höchstwert nach EnEV-Neubau	122,7 kWh/m <sup>2</sup> a	
	Überschreitung des Höchstwertes um	6%	
<b>spez. Transmissionswärmeverlust H<sub>T</sub>'</b>	(bezogen auf Gebäudehüllfläche A <sub>B</sub> )		
	vor Sanierung	1,003 W/m <sup>2</sup> K	
	nach Sanierung	0,468 W/m <sup>2</sup> K	- 53 %
<b>eingesparte CO<sub>2</sub>-Emissionen</b>			
	vor Sanierung	120.668 kg / a	
	nach Sanierung	58.131 kg / a	- 52 %
DIN 18599 bilanziert mit der Software:		BKI Version 8.2.2, <a href="http://www.lop.de">http://www.lop.de</a>   EnEV 2009	

nicht investive Energiesparmaßnahmen

Maßnahme	Beschreibung	Einsparpotential	Einsparung CO <sub>2</sub>
Eingang	Türen schließen		
Temperaturabsenkung	in den Fluren und im Treppenhaus, aus Nutzungsgründen nur geringe Absenkung möglich		
Beleuchtung	Ausschalten bei Verlassen der Büros		
Fenster	in der Heizperiode nicht kippen, sondern kurzzeitig ganz öffnen (Stoß- und Querlüftung)		



**Wirtschaftlichkeitsbewertung**

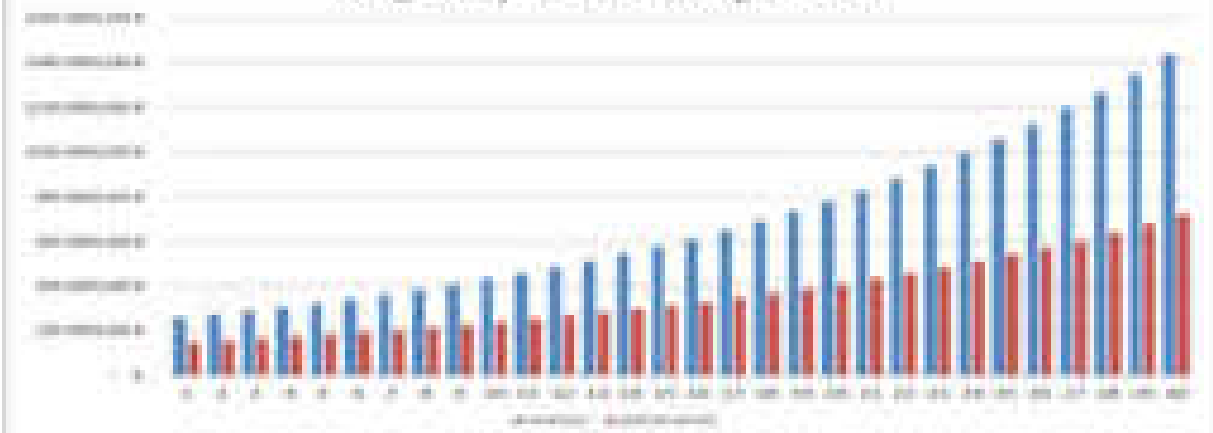
	Investitionsjahr	Energiekosten über 10 Jahre	Gewinnkosten über 10 Jahre
Standard	23.800 €	2.050.000 €	1.710.000 €
Standard	24.800 €	2.000.000 €	2.000.000 €

**Prüfung:**

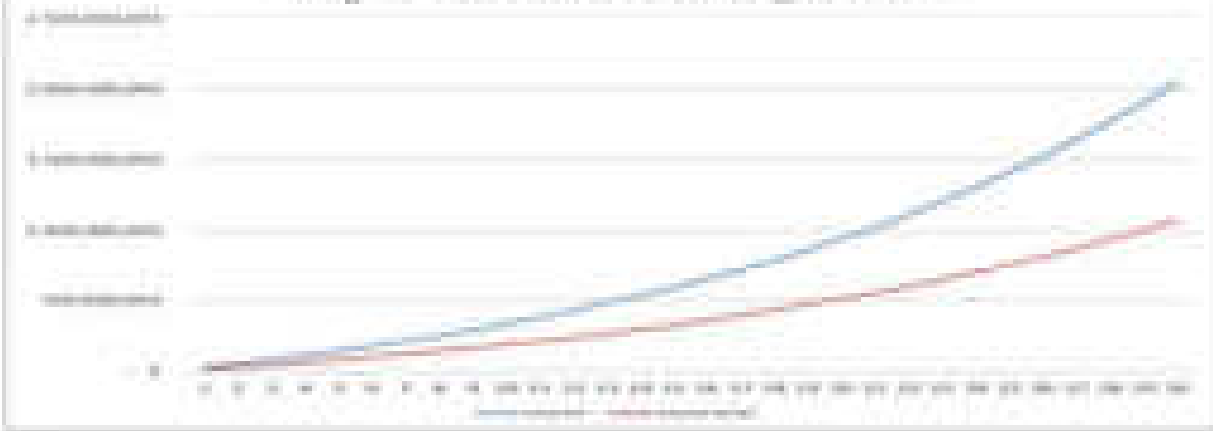
Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurde der tatsächliche Verbrauch im ungenutzten Zustand und der über das Empirialental ermittelte "Verbrauch" der ungenutzten Variante als Grundlage genommen. Zur Ermittlung der heutigen Energiekosten wurde für Strom ein Preis von 19 ct/kWh, für Gas mit 10ct/m³ angenommen.

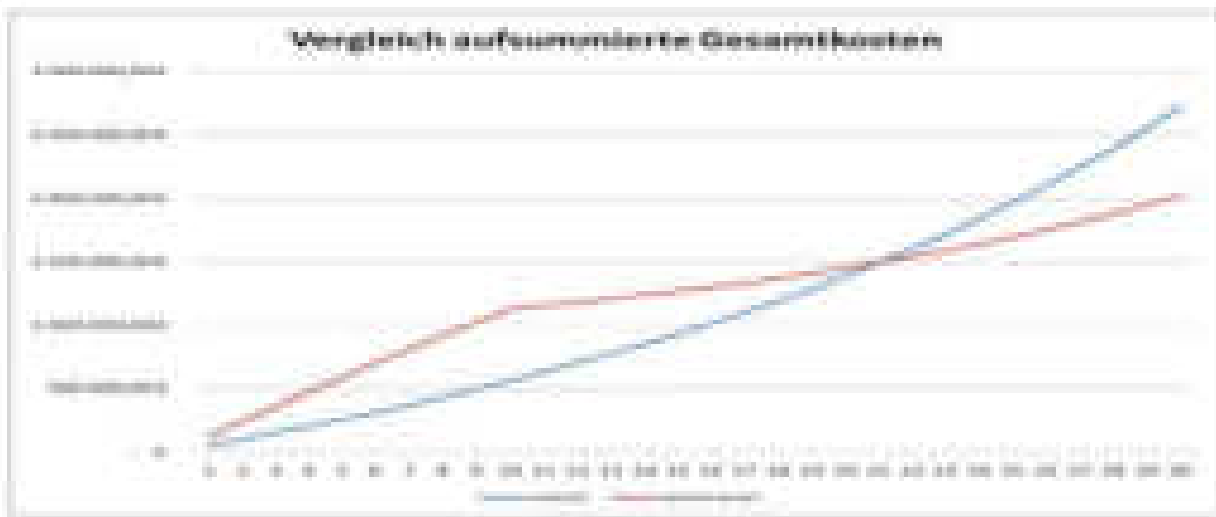
Es wurden ein üblicher Zinssatz von 5,5% und keine Förderungen (StB, Max) zu Grunde gelegt. Bei Annahme einer Förderung können höhere Amortisationszeiten erreicht werden. Größere Förderungen sind höchstens über eine modellhafte Sanierung möglich, aufgrund der sich schnell ändernde Förderlandschaft und dem besonderen Status als Denkmäl müssen diese jedoch gezielt abgefragt werden. In der Bauwerksvariante wurde mit einem zusätzlichen Bauelement von 7% der Sanierungskosten gerechnet. Es wurde mit Abschreibungen von 4 % für Strom und 7% für Erdgas gerechnet. Betrachtet wurde ein Zeitraum von 10 Jahren.

**Vergleich jährlicher Energiekosten**



**Vergleich aufsummierte Energiekosten**





Bauteile / Objekt		Anzahl	
<b>Kläwerk Betriebsgeb.</b>		1001	
Verflechtung			
Wohn	148 m <sup>2</sup>	1.500 m <sup>2</sup>	2



Verflechtung
1001

Anmerkungen:  
Es sind keine gesonderten Verbrauchswerte vorhanden!

**Verbrauchswerte (witterungsbereinigt)**

Wohn	2007	2008	2009	Gesamtwert
Wärme	0 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh
Wärme	0 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh
Wasser	0 m <sup>3</sup>	0 m <sup>3</sup>	0 m <sup>3</sup>	0 kWh

Wohn CO <sub>2</sub> (gewichtet)
8.608 kg
7.000 kg
<b>gesamt</b>
<b>15.588 kg</b>

**Vergleich mit Verbrauchskennwerten EnEV 2009**

Wohn	2007 m <sup>2</sup> kWh	EnEV 2009
Wärme	0 kWh	40 kWh
Wärme	0 kWh	85 kWh
Wasser	0,0 m <sup>3</sup>	

Wärme	EnEV	<span style="background-color: yellow;"> </span>
Wasser	EnEV	<span style="background-color: yellow;"> </span>

**Energetische Bewertung der Bauteile**

Bauteil	Beschreibung	U	Fläche	U-Wert	Verlust (W/k)	
Außenwand	monolithisch	2001	125,38	Wärmed.	1	168
Fenster	Stoßstoff, WS-Verglasung	2001	68,4	Wärmed.	1	123
Bodenplatte	12cm Dämmung	2001	204,49	Wärmed.	0,4	41
Tür	verglast	2001	5	Wärmed.	1	34
Geschossdecke	ca. 30cm Dämmung auf d. Decke	2001	204,49	Wärmed.	0,4	41
						0
						0

Überschüssiger Wärmebedarf

13.500 kWh/a

**Heizung**

Heizungsart	U	Beschreibung	Wärmequelle	Beschreibung
<b>Wohnwärme</b>	<b>1001</b>		<b>Wohn</b>	
Existenz: Leinwandfenster			Existenz: Pumpen-Heizung	
<b>gut gedämmt</b>				
Wärmeverlust	U	Wärmequelle		Wärmeverlust
U	U	Wohn		<b>11 und Fußbodenheizung</b>
Anmerkungen: Zusammen mit Klärwerk beheizt, Gärkessel und BHKW wird z.T. mit Klärgas beheizt.				



**Trinkwassererwärmung**

Energieerzeuger <b>Nahwärme</b>	BJ	Nennleistung	Energieträger	Anmerkung
Anmerkungen  interner Wärmetauscher erwärmt 200-liter-Speicher				

**Beleuchtung**

Beschreibung  Leuchtstoffröhren mit VVG, vereinzelt mit EVG	Einsparpotential  10%
---	-----------------------------

**Lüftung**

Art der Lüftung  Fensterlüftung	WRG  --
Einschätzung zur Luftdichtheit des Gebäudes  keine offensichtlichen Undichtigkeiten vorhanden	

**Übersicht**

	Bedarf Bestand	Einsparpotential	Brennstoffechsel	Bedarf saniert*	CO2-Einsparung**
Strom	k.A.	10%	-	k.A.	866 kg/a
Wärme	32.500 kWh/a	48%	-	16.900 kWh/a	3.806 kg/a
Wasser					4.672 kg/a

**Sanierungskosten 169.000 € (rein energetisch, netto, ohne Nk)**

Bauteil	Kosten	Beschreibung	U-Wert empfohlen
Außenwand	44.000 €	20 cm WDVS, Abbruch Blech	0,16 W/m <sup>2</sup> K
Fenster	45.000 €	3-fach verglast	0,90 W/m <sup>2</sup> K
Tür	7.500 €	Edelstahl	0,80 W/m <sup>2</sup> K
Lüftungsanlage	36.000 €	>80% WRG	
Frostschürze	8.500 €	min. 50 cm tief	

\* da nur die Verbrauchsdaten der gesamten Kläranlage vorliegen, wurde hier mit dem Bedarf gearbeitet

\*\* da Erdgas zur Beheizung der Kläranlage zugekauft werden muss, wird dieses hier angesetzt.

Für das Einsparpotential "Strom" wurde vom Vergleichswert EnEV als Grundverbrauch ausgegangen .



textliche Zusammenfassung**Beschreibung:**

Das Betriebsgebäude des Klärwerks wurde im Zuge der Modernisierung der Kläranlage im Jahr 2001 erbaut. Das zweigeschossige Gebäude mit quadratischem Grundriss ist in Massivbauweise errichtet. Die Wände sind monolithisch mit einem dämmenden Ziegel errichtet, die Stirnweite von Decke und Bodenplatte sind gedämmt, ebenso der Traufbereich. Die oberste Geschossdecke ist zum unbeheizten Dachraum mit ca. 20cm Dämmung versehen. Die Beleuchtung besteht aus Leuchtstoffröhren mit VVG, einzelne Leuchten sind mit EVG ausgestattet. Es handelt sich überwiegend um Rasterleuchten mit Reflektor. Die Beheizung erfolgt über die zentralen Heizzentrale der Kläranlage mit Kessel und BHKW. Die Leitungen im Bereich der Übergabestation im Gebäude sind trotz der Lager innerhalb der beheizten Hülle gut gedämmt. Das Gebäude weist aufgrund des geringen Baualters den besten energetischen Baustandard der gemeindlichen Anwesen auf.

**Verbrauchsanalyse:**

Aufgrund der kompakten Bauweise sowie dem ordentlichen Energetischen Standard der Gebäudehülle sollte das Gebäude im Bereich der EnEV-Vergleichswerte liegen. Da keine gesonderten Verbrauchswerte vorliegen (es sind nur die Gesamtverbräuche von Strom und Wasser für die Gesamte Anlage vorhanden), kann jedoch keine konkrete Aussage darüber getroffen werden.

**Maßnahmen:**

Sollten irgendwann energetische Maßnahmen durchgeführt werden, ist das Anbringen eines Wärmedämmverbundsystems auf die Außenwände sinnvoll. Zeitgleich ist der Einbau von 3-fach verglasten Fenstern statt der vorhandenen 2-fach-Fenster empfehlenswert, so dass diese wärmebrückenfrei in die gedämmte Wand eingefügt werden können. Je nach Dämmstoffstärke ist der Dachüberstand hierbei zu vergrößern. Aufgrund der nach einer Hüllensanierung für einen Großteil des Energiebedarfs verantwortlichen Lüftungswärmeverluste sowie der Einhaltung des hygienischen Luftwechsels ist der Einbau einer Lüftungsanlage (mit WRG) empfehlenswert. (Empfohlene U-Werte: s. Seite 2 Tabelle)

**Zusammenfassung:**

Bei einer Sanierung des Betriebsgebäude der Kläranlage besteht nur geringes Einsparpotential. Daher und aufgrund des geringen Baualters hat die energetische Sanierung hier nur geringe Priorität und sollte erst bei anfallenden Sowieso-Maßnahmen durchgeführt werden.



Fotodokumentation

Projekt: Südfassade



Projekt: Nordfassade



Fotobild: Osten und Nordfassade



Projekt: Nordfassade



Projekt: Zustand vor ursprünglicher Mauerwerk



Projekt: Fenster





Fotodokumentation

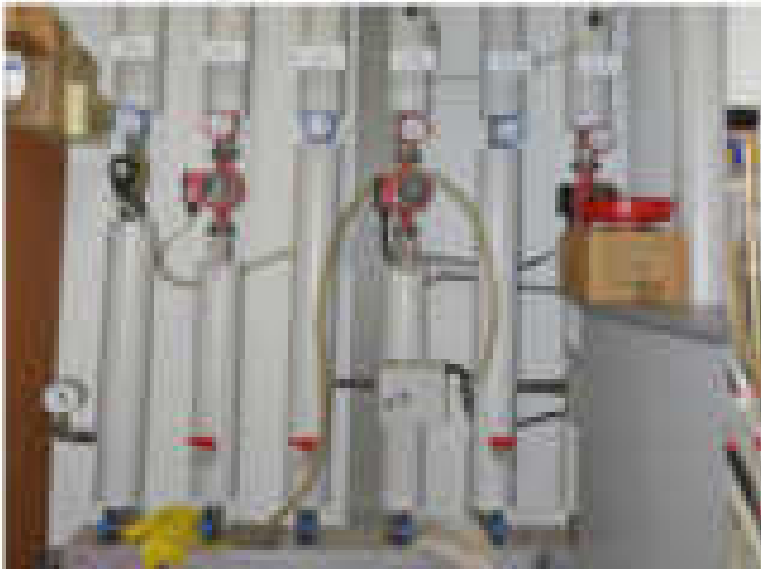
Baum 1: Bauelemente



Baum 2: Bauelemente



Baum 3: Stromversorgungs



Baum 4: Stromversorgungs



Gebäude / Objekt		Projekt	
<b>Sportzentrum</b>		2008	
Ort			
Sportplatz, Hallesbad			
Fläche		Volumen	
1.730 m <sup>2</sup>			
Anmerkungen			



**Verbrauchswerte (wetterbereinigt)**

Jahr	2005	2006	2008	Durchschnitt	2001-2009 Mittelwert
Strom	282.374 kWh	302.858 kWh	293.750 kWh	292.833 kWh	290.718 kg
Wärme	844.964 kWh	701.989 kWh	844.155 kWh	863.703 kWh	862.935 kg
Wasser	2.332 m <sup>3</sup>	1.308 m <sup>3</sup>	1.013 m <sup>3</sup>	1.533 kWh	844.873 kg

**Vergleich mit Verbrauchswerten Ref/V 2009**

Jahr	2009 (m <sup>2</sup> /a)	2009 (kWh/m <sup>2</sup> )	Veränderung
Strom	79 kWh	56 kWh	Strom <b>+21%</b>
Wärme	178 kWh	184 kWh	Strom <b>-3%</b>
Wasser	0,7 m <sup>3</sup>		

**Energetische Bewertung der Bauteile**

Bauteil	Beschreibung	H <sub>0</sub>	Fläche	U-Wert	Standard (2009)
Dach SH + TH	18cm WLG D40	1300	1000	0,20	0,20
Dächer NH	24 - 18cm WLG D40	1300	1250	0,20	0,20
Bodengleiche		1300	2830	0,20	0,20
Außenwände	ca. 10 cm Dämmung	1300	757	0,20	0,20
BW Erdreich	6cm Perimeterdämmung	1300	361	0,20	0,20
Glasfassade	2-fach, LT-Fenster	1300	940	0,80	0,80
Fenster	2-fach	1300	80	0,80	0,80
Glasoberlichter		1300	114	0,80	0,80

Überschüssiger Wärmebedarf

575,177 kWh/a

**Heizung**

Heizenergiequelle	H <sub>0</sub>	Verleistung	Verfügbare Leistung	Abminderung
Brennwertkessel	100%	230 kW	Ergebnis	Verfügbare Heizleistung
Überschüssiger Wärmebedarf			Überschüssige Heizleistung	
g <sub>0</sub> gedämmt			g <sub>0</sub>	
Temperaturerhöhung		Heizung		Wärmeabgabe
20	20	45 Thermostattemperatur		18 / Heizkörper
Anmerkungen:				



**Trinkwassererwärmung**

Energieerzeuger	BJ	Nennleistung	Energieträger	Anmerkung
Anmerkungen Speicher von ca. 1500 l für TH und 600 l für Schwimmbad				

**Beleuchtung**

Beschreibung	Einsparpotential
Kompaktleuchtstoff-, HQ-, HIT-lampen; z.T. Präsenzsteuerung, z.T. indirekt	10%

**Lüftung**

Art der Lüftung	WRG
In der Schwimmhalle mit WRG, sonst keine WRG	k.A.
Einschätzung zur Luftdichtheit des Gebäudes schlecht, s. Beschreibung	

**Übersicht**

	Verbrauch Bestand	Einsparpotential	Brennstoffechsel	Verbrauch saniert*	CO2-Einsparung
Strom	292.931 kWh	10%		263.638 kWh	18.074 kg/a
Wärme	663.703 kWh	37%		418.727 kWh	60.509 kg/a
Wasser					78.583 kg/a

Sanierungskosten 2.133.000 € (rein energetisch, netto, ohne Nk)

Bauteil	Kosten	Beschreibung	U-Wert empfohlen
Dach	590.000 €	zusätzliche Dämmung	0,12 W/m <sup>2</sup> K
Außenwände	97.760 €	20cm Dämmung	0,20 W/m <sup>2</sup> K
Fenster	52.000 €	3-fach	1,00 W/m <sup>2</sup> K
Glasfassade	916.500 €	3-fach	1,00 W/m <sup>2</sup> K
Lichttubes	91.200 €	Analogpreis Dachverglasung	2,50 W/m <sup>2</sup> K
Beleuchtung	29.840 €	nur Teilbereiche	
Schwimmbadtechnik		Zustand und Kosten sind von einem Fachmann zu beurteilen	

\* der überschläg berechnete Bedarf wird hierzu im gleichen Verhältnis angepasst, wie Bedarf/Verbrauch im Bestand



textliche Zusammenfassung**Beschreibung:**

Das Gebäude besteht aus einer großen 3-fach-Turnhalle, einer Schwimmhalle mit einem Lehrschwimmbaden sowie den zugehörigen Umkleiden, Sanitär- und Technikräumen. Die Schwimmhalle ist aufgrund von konstruktiven Schäden schon seit einigen Jahren außer Betrieb. Hülle und Technik sind dem Baualter entsprechend ausgeführt, konstruktive Mängel (Wärmebrücken, Undichtigkeiten) haben im Bereich der Schwimmhalle allerdings zu Korrosions- und Feuchteschäden geführt. Auffällig an dem Gebäude ist der sehr große Glasanteil, so dass der durchschnittliche Wärmedurchgang der Hülle trotz des noch jungen Baualters als schlecht einzustufen ist. Turnhalle und Schwimmbad sind mit einer Lüftungsanlage ausgestattet, allerdings nur im Bereich des Schwimmbades ist eine Wärmerückgewinnung vorhanden. Beheizt werden die Turnhalle über die Lüftung, das Schwimmbad über Lüftung und Heizkörper, die Nebenräume ebenfalls über Heizkörper. Als Wärmeerzeuger dienen erdgasbetriebene Brennkessel von 3 x ca. 600 kW und 1 x ca. 400 kW. Diese versorgen jedoch über ein Nahwärmenetz zusätzlich die Eichendorffschule, die Förderschule und das Landkreisgymnasium und sind daher entsprechend groß dimensioniert.

Die Beleuchtung im Foyer und in den Gängen besteht aus Kompaktleuchtstoffröhren und wird hier über Präsenzmelder gesteuert. Die Turnhalle besteht aus Leuchten mit Quecksilberdampflampen. In der Schwimmhalle befinden sich Wandstrahler mit Halogenmetallampfen, die sowohl nach unten als auch nach oben an der Wand entlang strahlen und den Raum somit indirekt beleuchten.

**Verbrauchsanalyse:**

Da das Schwimmbad seit 2006 außer Betrieb, wurden die Verbrauchsdaten 2003 bis 2005 zur Kennwertbildung genommen. Entgegen der aus der Begehung zu erwartenden Kennwerte liegt der Wärmebedarf für das Gebäude knapp unter dem EnEV2009-Vergleichswert, der Strombedarf deutlich darüber. Für den guten Wert im Bereich Heizwärmeverbrauch kann die Größe (und damit das gute A/V-Verhältnis) des Gebäudes eine Erklärung sein. Der hohe Strombedarf kann ein Indikator für eine ineffiziente Schwimmbadtechnik sein, diese sollte von einem Fachmann überprüft werden. Weiterhin hat die Erfahrung mit anderen Sportbauten gezeigt, dass der EnEV-Vergleichswert für Wärme sehr hoch, der für Strom sehr niedrig angesetzt ist.

**Maßnahmen:**

Aufgrund der vorhandenen Schäden muss die Schwimmhalle saniert werden. Hierbei sollte die Hülle energetisch deutlich verbessert und sowohl luftdicht als auch wärmebrückenfrei ausgeführt werden. Es sollte zudem überprüft werden, ob vorhandene Glasflächen reduziert werden können. Die Beleuchtung ist von der Lampenart zwar gut, die Position an der Wand und die indirekte ausgeführte Beleuchtung sind jedoch energetisch nicht optimal. Auch dies sollte hinsichtlich Effektivität, Gestaltung und Funktionalität überprüft werden. (Empfohlene U-Werte: s. Seite 2 Tabelle)

**Zusammenfassung:**

Grundsätzlich kann das Gebäude energetisch deutlich verbessert werden. Aufgrund des geringen Baualters sowie der durch den großen Glasanteil erheblichen Kosten sind diese Maßnahmen jedoch wirtschaftlich abzuwägen. Mittelfristig sollte jedoch die gesamte thermische Hülle auf einen möglichst hohen Stand gebracht werden. Statt der großen Glasoberlichter ist der Einsatz von Lichttubes energetisch sinnvoll, die Wirtschaftlichkeit einer solchen Maßnahme müsste jedoch näher untersucht werden.

Im Schwimmbad kann neben der Ertüchtigung der Gebäudehülle auch durch den Einbau effizienter Schwimmbadtechnik Energie eingespart werden.



## Foto-Dokumentation

Bauz. Erdgeschoss



Bauz. Nord Decken



Bauz. Süd Westflügel

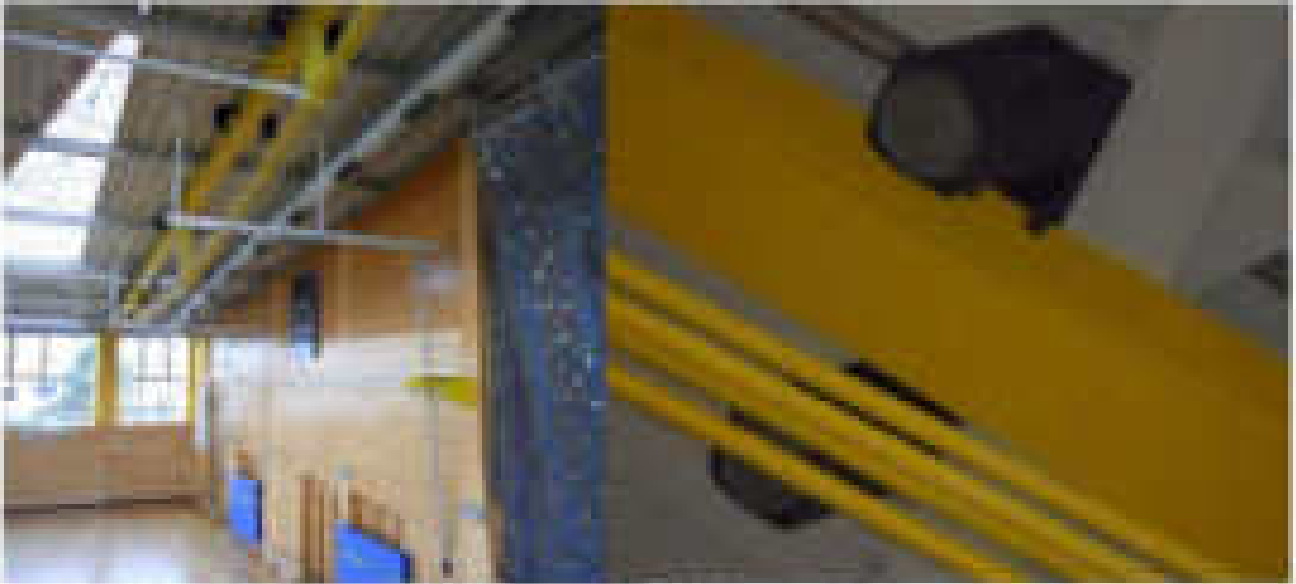


## Fotodokumentation

Projekt: Julekindergarten Garmisch



Blick in den Saalbereich mit Lüftung und Deckenplanung. Betonierung Saalfläche



Blick: Betonierung Tisch. First? Lüftung und Deckenplanung



### Fotodokumentation

Bauab: Schweißnaht (ausser auf der Innenseite)



Bauab: Hauptströmung Schweißnaht

Bauab: 100% Lichteinlassung durch Fenster



Bauab: Schweißnaht Detail für zwei Konstruktionen

Bauab: Schweißnaht Detail Übergang Decke



Gebäude / Objekt		Baujahr	
<b>Eichendorfschule, Gesamt</b>		1963-1978	
Nutzung			
Museum			
NGF gesamt	BRI gesamt	Geschosse	
5.446 m <sup>2</sup>	22.529 m <sup>3</sup>	02. Mrz	

Denkmal
nein

Anmerkungen
-------------



### Verbrauchsdaten (witterungsbereinigt)

für gesamten Gebäudekomplex

Jahr	2007	2008	2009	Durchschnitt
Strom	67.787 kWh	66.217 kWh	65.566 kWh	66.523 kWh
Wärme	753.697 kWh	804.457 kWh	771.110 kWh	776.421 kWh
Wasser	31 m <sup>3</sup>	24 m <sup>3</sup>	14 m <sup>3</sup>	23 kWh

jährl.CO <sub>2</sub> -Emission
42.109 kg
315.227 kg
gesamt
357.336 kg

### Vergleich mit Verbrauchskennwerten EnEV 2009

Jahr	pro m <sup>2</sup> NGF	EnEV 2009
Strom	12 kWh	40 kWh
Wärme	143 kWh	75 kWh
Wasser	0,0 m <sup>3</sup>	

Wertung	
EnEV	-69%
EnEV	+90%

### überschlägiger Wärmebedarf, Gesamt

**1.066.744 kWh/a**

BA 1	324.852 kWh/a
BA 2	360.740 kWh/a
BA 3	381.153 kWh/a

### Übersicht

	Verbrauch Bestand	Einsparpotential	Brennstoffechsel	Verbrauch saniert*	CO <sub>2</sub> -Einsparung
Strom	66.523 kWh	24%		50.863 kWh	9.740 kg/a
Wärme	776.421 kWh	75%		194.684 kWh	236.185 kg/a
Wasser	921 m <sup>3</sup> /a				

\* der überschläg berechnete Bedarf wird hierzu im gleichen Verhältnis angepasst, wie Bedarf/Verbrauch im Bestand



Name / Objekt		Jahr	
<b>Eichendorffschule BA 1</b>		1963	
Nutzung			
Hauptberufliche Schule			
Fläche	Fläche	Anzahl Räume	
1.430 m <sup>2</sup>	1.960 m <sup>2</sup>	3	
Anmerkungen			



**Verbrauchsdaten (effizienzsteigernd)**

Jahr	2007	2008	2009	2010/2011	2011 (2010-2011)
Strom	17.428 kWh	17.364 kWh	17.213 kWh	17.334 kWh	30.979 kg
Wärme	218.138 kWh	223.476 kWh	200.258 kWh	213.807 kWh	86.724 kg
Wasser	246 m <sup>3</sup>	251 m <sup>3</sup>	238 m <sup>3</sup>	240 m <sup>3</sup>	97.697 kg

**Vergleich mit Verbrauchswerten Ende 2008**

Jahr	2007/2008	Ende 2008	Änderung
Strom	12 kWh	10 kWh	+21%
Wärme	140 kWh	90 kWh	+56%
Wasser	6,2 m <sup>3</sup>		

**Energieische Bewertung der Bauteile**

System	Beschreibung	U <sub>0</sub>	U <sub>0,1</sub>	U <sub>0,2</sub>	U <sub>0,3</sub>	U <sub>0,4</sub>
Außenwand	Mauwerk 36,5, ungedämmt	1963	761	100 kWh/m <sup>2</sup>	4	811
Fenster	Alu-Rahmen, 2-fach Is	2001	100	100 kWh/m <sup>2</sup>	1	812
Fenster	Alu-Rahmen, 2-fach Is	2009	813	100 kWh/m <sup>2</sup>	1	1009
Fenster	Alu-Rahmen, 2-fach Is	2009	71	100 kWh/m <sup>2</sup>	1	97
Bodenplatte	Sandbeton, Trittschall	1963	839	100 kWh/m <sup>2</sup>	68	957
Dach	Dämmplatten 4cm Polystyrol	1963	871	100 kWh/m <sup>2</sup>	1	957
Dache gg. Außenluft	Trittschall	1963	42,5	100 kWh/m <sup>2</sup>	1	46

**Überschlägiger Wärmebedarf**

134.85,2 kWh/a

**Heizung**

Heizungsart	U <sub>0</sub>	Leistung	Heizgas	Leistung
Heizkörper	1998	3000 kW	Erdfas	4 Brennwertkessel, Gesamt ca. 3000 kW
Anzahl Heizkörper (Wärmeerzeuger)		Anzahl Brennwertkessel		
Anzahl Heizkörper		Anzahl Brennwertkessel		Anzahl Brennwertkessel
Thermostateventile		Heizkörper		
Anmerkungen				



**Trinkwassererwärmung**

Energieerzeuger <b>Boiler</b>	BJ	Nennleistung	Energieträger <b>Strom</b>	Anmerkung <b>nur bei Waschbecken Putzraum</b>
Anmerkungen der in der Schule anfallende Bedarf an Warmwasser ist vernachlässigbar gering				

**Beleuchtung**

Beschreibung Beleuchtung wurde vor ca. 10 Jahren gegen Leuchtstoffröhren mit externen KVGs getauscht. Es wird der Aufbau einer automatischen Präsenzerfassung für Kunstlichteinsatz empfohlen.	Einsparpotential <b>21%</b>
---	--------------------------------

**Lüftung**

Art der Lüftung <b>Fensterlüftung</b>	WRG -
Einschätzung zur Luftdichtheit des Gebäudes <b>keine größeren Undichtigkeiten erkennbar</b>	

**Übersicht**

	Verbrauch Bestand	Einsparpotential	Brennstoffwechsel	Verbrauch saniert*	CO2-Einsparung
Strom	17.334 kWh/a	21%		13.694 kWh/a	2.260 kg/a
Wärme	213.607 kWh/a	76%	ohne	51.266 kWh/a	65.910 kg/a
Wasser	245 m <sup>3</sup> /a				68.170 kg/a

Sanierungskosten 1.194.000 € (rein energetisch, netto, ohne Nk)

Bauteil	Kosten	Beschreibung	U-Wert empfohlen
Außenwand	136.960 €	Außendämmung 20 cm Mineralschaum	0,19 W/m <sup>2</sup> K
Fenster	450.000 €	neue Fenster, Sonnenschutz auf Süd	0,90 W/m <sup>2</sup> K
Bodenplatte	56.000 €	Frostschürze	0,50 W/m <sup>2</sup> K
Dach	174.200 €	Abbruch und neu Eindecken mit ca. 20cm Dämmung	0,17 W/m <sup>2</sup> K
Decke geg. Außenluft	5.100 €	Außendämmung 20 cm Mineralschaum	0,19 W/m <sup>2</sup> K
Lüftung	150.000 €	Einbau einer Lüftungsanlage mit WRG	
Heizsystem	182.200 €	Erneuerung Wärmeverteilnetz + Raumheizflächen	
Beleuchtung	40.000 €	Beleucht. wird geg effizien. Lampen getauscht.	

\* der überschläg berechnete Bedarf wird hierzu im gleichen Verhältnis angepasst, wie Bedarf/Verbrauch im Bestand



## textliche Zusammenfassung

**Gebäude:**

Die Eichendorffschule ist eine Grund- und Hauptschule mit Turnhalle und Kinderhort, die in vier Bauabschnitten (in den Jahren 1963, 1969, 1978 und 2003) errichtet wurde.

Betrachtet werden die BA Abschnitte 1-3 (Grund- und Hauptschule).

**Bauabschnitt 1 (BA1):**

Der Schulteil des BA 1 ist 1963 als Stahlbetonskelettbau errichtet worden. Zwischen den Stützen wurde mit 36,5 cm Mauerwerk, auf den Betondecken, ausgemauert. Teilweise sind diese Flächen verputzt worden. Die Fensterflächen sind als Lichtbänder ausgeführt.

Der BA1 ist über seine Pausenhalle mit dem 2003 errichteten Neubau und dem 1969 errichteten BA2 verbunden. Der Gebäudeteil des BA1 besteht aus 3 Vollgeschossen. Von der untersten Ebene erstreckt sich ein offenes Atrium über alle Geschosse. In der untersten Ebene ist die Hausmeisterwohnung angeordnet. Das erste Obergeschoss besteht aus zwei Gebäuderiegeln, angeordnet im Osten und im Westen. In diesen Gebäuderiegeln sind Unterrichtsräume untergebracht. Verbunden sind sie miteinander durch zwei 2,40 m breite Gänge, die links und rechts an das Atrium grenzen. Das 2. Obergeschoss ist vom Atrium aus gesehen zurückgestaffelt und nur auf dem östlichen Riegel vorhanden.

**Baukonstruktionen der Außenbauteile (thermische Hülle):**

Die Außenbauteile verfügen überwiegend über schlechte U- Werte. Alle Außenwände sind bauzeitlich. Laut Angabe des Hausmeisters wurden die Dachflächen des BA1 in den vergangenen 12 Jahren nicht saniert. Augenscheinlich sind sie bauzeitlich. Die Fußbodenkonstruktionen und die der Bodenplatten sind bauzeitlich. Die Fenster sind nicht bauzeitlich. Hier konnten unterschiedliche Herstellungsjahre festgestellt werden: Baujahr 1995, 1999 und 2003. Die neueren Fensterkonstruktionen sind thermisch getrennte Aluminiumrahmen. Alle Außenbaukonstruktionen erfüllen nicht die Anforderungen der EnEV 2009. Im Falle einer Sanierung ist abzuwägen, ob die Fenster von 2003 aus Kostengründen eingebaut bleiben können. Die Gebäudehülle des BA1 ist sanierungsbedürftig. Vor allem die Fassaden weisen hohe Transmissionswärmeverluste auf.

**Allgemeine/ zentrale Gebäudetechnik:**

Die Schule wird über eine Nahwärmeleitung von der 3-fach-Turnhalle der Schule versorgt. Dort befinden sich vier gasbetriebene Brennwertkessel, mit einer Gesamtleistung von ca. 2000kW, die neben der Eichendorffschule noch das Landkreisgymnasium und die Förderschule versorgen. Einer der Brennwertkessel ist im Jahr 2000 erneuert worden. Es werden bauzeitliche Röhrenheizkörper aus Grauguss und bauzeitliche Flächenheizkörper eingesetzt. Die wärmeversorgenden Rohrleitungen sind bauzeitlich, das Ende der Lebenszeit ist erreicht.

Die Abwasserleitungen sollten fachgerecht befahren und untersucht werden. Die Befahrung dokumentiert den Zustand und die Lage der Abwasserleitung. Auch hier gilt das Prinzip einer frühzeitigen Schadenserkenkung und Kostenbeurteilung.

**Beleuchtung:**

Die Beleuchtung ist laut Hausmeisterangabe vor ca. 10 Jahren incl. Lampen ausgetauscht worden. Lediglich in den Nebenräumen blieb die bauzeitliche Beleuchtung bestehen.

**Brandschutz und Barrierefreiheit:**

Das bestehende Brandschutzkonzept der Schule sollte überprüft werden, da sich die gesetzlichen Bestimmungen und Anforderungen seit der Erbauung verändert haben können. Es sind erhebliche Mängel bezüglich der Rauchabschnitte und der zweiten baulichen Rettungswege gegeben. Die Rippendecken sollten in diesem Zuge auf ihre tatsächliche Feuerwiderstandsdauer untersucht werden.

Die Schule ist nicht barrierefrei. Nur die unterste Ebene ist für gehbehinderte Personen zugänglich.



**Fotodokumentation**

Baum 1: Ansicht Nord



Baum 2: Ansicht Nord Ost



Baum 3: Ansicht Süd, Hauptausrichtung gegen Ost



### Fotodokumentation

Baum 2: Ansicht Westflügelansicht



Baum 3: Südflügel 2.00 m Übergang, Blick in den Innenhof Richtung Ostflügel



Baum 4: Blick in den Innenhof, gegenüber Flur



### Fußbodenmontage

Baum 11: Blick von der Terrasse von Hof 1 über den Hof



Baum 11: Blick von der Terrasse von Hof 1 über den Hof



Baum 11: Blick von Hof 1 auf Hof 2 und Hof 3 durch die Versammlungshalle Hof 1 über Hof 2

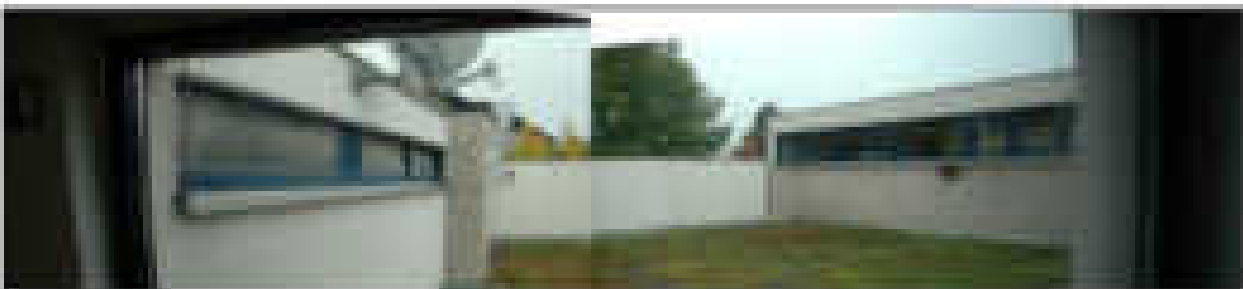


#### Detailaufnahme:

Abgeplasterter Putz in Fensterleibung,  
bauteilliches Fenster mit thermisch nicht-  
getrennten Aluminiumrahmen



Die Struktur des ausstragenden Bauteils stellt für  
die Sanierungsmaßnahme eine Wärmebrücke  
dar.  
Eine mögliche Lösung ist, alle Bauteile mit  
Wärmedämmung einzukleiden. Die Stütze wird  
insuss. Im ss. Erdreich gelagert. Eine  
Wärmedämmüberdachung, für diese Situation,  
wird angestrebt.



Die Mauerbrücke, die unterhalb der Fenster an den Bauteilkörper anschließt, stellt eine Wärmebrücke vertikal  
an der Außenwand und horizontal an der darunterliegenden Gewissensbrücke dar. Eine Möglichkeit der  
Lösung wäre, die freispendende Mauer alleine mit Wärmedämmung einzukleiden.

Eine weitere Lösungsmöglichkeit könnte sich ergeben, wenn sich für dieses Flachdach als Standort für  
eine dezentrale Lüftungsanlage entschieden wird. Dazu wird der Bereich auf dem Flachdach alleine  
geschlossen. Dann könnte die Lüftungsanlage Aufenthaltsräume versorgen und zugleich sich innerhalb  
der thermischen Hülle befinden.

Hinweis: Die Möglichkeit der Verwendung von Einzel Lüftungsgeräte ist auf Grund von Raumvolumen im  
Gebäudebestand, ohne Änderungen im Raumprogramm sehr schwierig.

Energiebilanz IST-Zustand und Sanierter Zustand, sowie wärmeschutztechnische Einstufung der Gebäudehülle, Berechnet nach DIN 18599 mit der Software BKI, Version 8.2.2, <http://www.lop.de> | EnEV 2009

**Objekt** (Art, Bez.) **BA 1**

**Energiekennwerte vor und nach der Sanierung** (Planwerte gemäß Berechnungen nach EnEV / DIN 18599 für einen vergleichbaren Neubau)

<b>NGF, Summe der beheizten Räume</b>		<u>1429</u> m <sup>2</sup>	
<b>Jahres-Heizwärmebedarf Q<sub>h</sub></b>		Nutzenergie	
vor Sanierung		<u>271,9</u> kWh/m <sup>2</sup> a	
nach Sanierung		<u>52,9</u> kWh/m <sup>2</sup> a	<b>- 81 %</b>
<b>Trinkwasser-Energiebedarf Q<sub>TW</sub></b>		Nutzenergie	
vor Sanierung		<u>0,0</u> kWh/m <sup>2</sup> a	
nach Sanierung		<u>0,0</u> kWh/m <sup>2</sup> a	
<b>Sonstiger Endenergiebedarf</b>			
<b>Beleuchtung</b>	vor Sanierung	<u>8,1</u> kWh/m <sup>2</sup> a	nach Sanierung <u>6,4</u> kWh/m <sup>2</sup> a
<b>Lüftung</b>	vor Sanierung	<u>0,0</u> kWh/m <sup>2</sup> a	nach Sanierung <u>7,1</u> kWh/m <sup>2</sup> a
<b>Klimatisierung</b>	vor Sanierung	<u>0,0</u> kWh/m <sup>2</sup> a	nach Sanierung <u>0,0</u> kWh/m <sup>2</sup> a
<b>Kühlung</b>	vor Sanierung	<u>0,0</u> kWh/m <sup>2</sup> a	nach Sanierung <u>0,0</u> kWh/m <sup>2</sup> a
<b>Jahres-Endenergiebedarf Q<sub>E</sub>'</b>		Endenergie	
vor Sanierung		<u>327,0</u> kWh/m <sup>2</sup> a	
nach Sanierung		<u>80,1</u> kWh/m <sup>2</sup> a	<b>- 76 %</b>
<b>Jahres-Primärenergiebedarf Q<sub>p</sub>'</b>		Primärenergie	
vor Sanierung		<u>436,0</u> kWh/m <sup>2</sup> a	
nach Sanierung		<u>121,8</u> kWh/m <sup>2</sup> a	<b>- 72 %</b>
Höchstwert nach EnEV-Neubau		<u>129,5</u> kWh/m <sup>2</sup> a	
Unterschreitung des Höchstwertes um		<u>6%</u>	
<b>spez. Transmissionswärmeverlust H<sub>T</sub>'</b>		(bezogen auf Gebäudehüllfläche A <sub>B</sub> )	
vor Sanierung		<u>1,412</u> W/m <sup>2</sup> K	
nach Sanierung		<u>0,430</u> W/m <sup>2</sup> K	<b>- 70 %</b>
<b>eingesparte CO<sub>2</sub>-Emissionen</b>			
vor Sanierung		<u>192.265</u> kg / a	
nach Sanierung		<u>50.586</u> kg / a	<b>- 74 %</b>

nicht investive Energiesparmaßnahmen

Maßnahme	Beschreibung	Einsparpotential	Einsparung CO <sub>2</sub>
Windfang	Türen schließen, Windfang als Pufferzone nutzen		
Temperaturabsenkung	in den Fluren und im Treppenhaus		
Beleuchtung	Ausschalten bei Verlassen der Klassenzimmer		
Fenster	in der Heizperiode nicht kippen, kontrollierte Stoßlüftung		





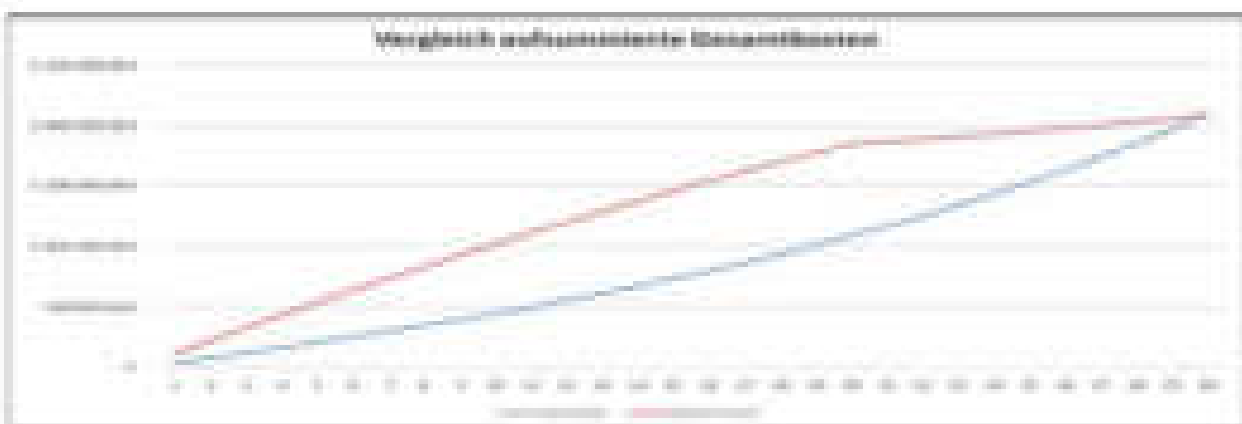
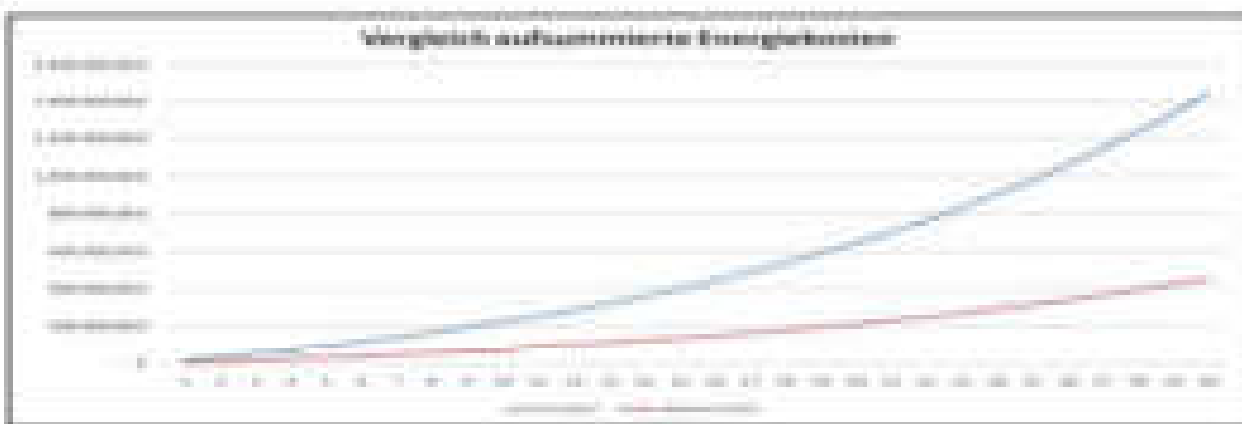
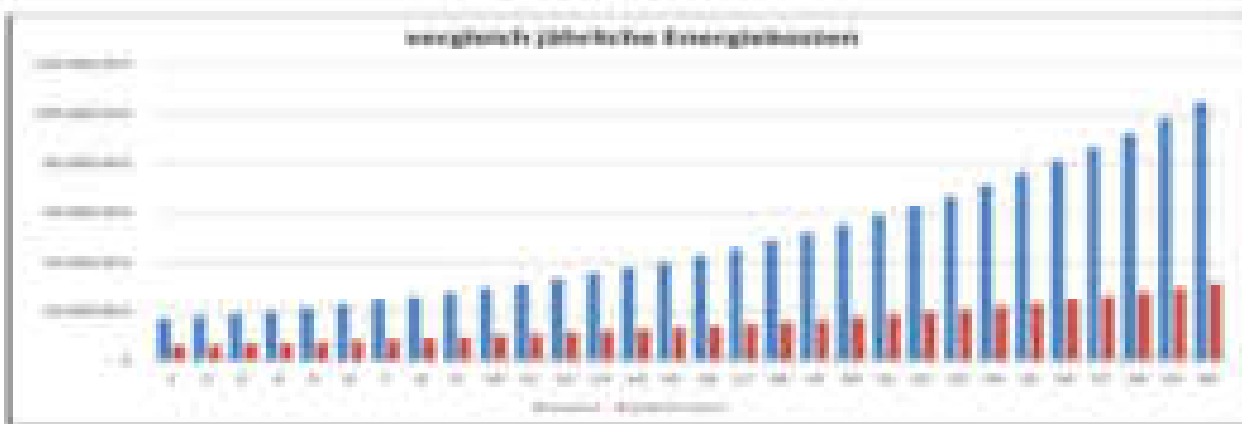
**Wirtschaftlichkeitsbewertung**

	Amortisationszeit	Amortisationszeit über 30 Jahre	Bruttokosten über 30 Jahre
Standard	16.700 €	1.441.000 €	1.158.000 €
Optimiert	8.000 €	457.000 €	1.293.000 €

**Anmerkungen:**

**Erläuterung:**

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden der Energiebedarf aus der obestehenden Wirtschaftlichkeitsbewertung verwendet. Die notwendigen Fixkosten wurden berechnet. In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurden der Standardzinsatz von 3,5% und keine Förderungen (MfW Maß 146) zu Grunde gelegt. Bei Annahme einer Förderung können deutlich frühere Amortisationszeiten erreicht werden. In der Betriebskostenart wurde mit einem zusätzlichen Bauunterhalt von 2% der Sanierungskosten gerechnet. Es wurde mit den marktüblichen Preissteigerungen von 7% für Öl/ Gas und 4% für Strom gerechnet. Betrachtet wurde ein Zeitraum von 30 Jahren.



Name / Objekt		Jahr	
<b>Eichendorffschule BA 2</b>		1999	
Nutzfläche			
<b>Hauptgebäude</b>			
<b>Hilfsgebäude</b>			
Netto	Brutto	Anzahl	
1.142 m <sup>2</sup>	8.092 m <sup>2</sup>	1	
Anmerkungen			



**Verbrauchsdaten (effizienzberichtigt)**

Jahr	2007	2008	2009	2010 (Mittelwert)	2011 (Mittelwert)
Strom	22.176 kWh	21.258 kWh	20.874 kWh	21.479 kWh	21.479 kWh
Wärme	263.004 kWh	262.641 kWh	276.478 kWh	276.108 kWh	276.108 kWh
Wasser	294 m <sup>3</sup>	301 m <sup>3</sup>	289 m <sup>3</sup>	295 m <sup>3</sup>	295 m <sup>3</sup>
					CO <sub>2</sub> -Emissionen
					33.090 kg
					112.813 kg
					126.503 kg

**Vergleich mit Verbrauchswerten Ende 2008**

Jahr	2007	Ende 2008	Änderung
Strom	12 kWh	11 kWh	-8%
Wärme	160 kWh	90 kWh	-44%
Wasser	6,2 m <sup>3</sup>		

**Energieische Bewertung der Bauteile**

System	Beschreibung	U <sub>0</sub>	U <sub>0,eff</sub>	U <sub>0,eff</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	Verlust [W/m <sup>2</sup> ]
Außenwand	Stahlbeton-Sandwichbauweise	1,00	0,99	0,01 W/m <sup>2</sup> K	1,00
Außenwand gg. Zr	Stahlbeton-Sandwichbauweise	1,00	0,77	0,23 W/m <sup>2</sup> K	1,23
Maußdach	Stahlbeton-Gipsplatten ca. 10cm	1,00	1,56	0,56 W/m <sup>2</sup> K	6,2
Dach	Stahlbeton-Gipsplatten ca. 10cm	1,00	0,11	0,89 W/m <sup>2</sup> K	9,89
Decke g. Außen	178 Gipsplatte + Fullbeton Außen	1,00	0,99	0,01 W/m <sup>2</sup> K	1,01
Fenster	Als Rahmen bauzeitlich	1,00	1,52	0,48 W/m <sup>2</sup> K	6,52
Fenster	Als Rahmen nach. getrennt	2,00	0,41	1,59 W/m <sup>2</sup> K	16,6
Bodenplatte		1,00	0,11	0,89 W/m <sup>2</sup> K	10,4

Überschüssiger Wärmebedarf

102,740 kWh/a

**Heizung**

Heizungssystem	U <sub>0</sub>	Leistung	Heizgas	Leistung
Wasserspeicher	1,00	3000 kW	Erdfisch	4 Brennwärtsch. Gesamt ca. 3000 kW
Anzahl Heizkörper		Anzahl Heizkörper		
Anzahl Heizkörper		Anzahl Heizkörper		Anzahl Heizkörper
		Thermische Werte		Heizkörper
Anmerkungen				



**Trinkwassererwärmung**

Energieerzeuger <b>Boiler</b>	BJ	Nennleistung	Energieträger <b>Strom</b>	Anmerkung <b>nur bei Waschbecken Putzraum</b>
Anmerkungen der in der Schule anfallende Bedarf an Warmwasser ist vernachlässigbar gering				

**Beleuchtung**

Beschreibung Beleuchtung wurde vor ca. 2 Jahren gegen Leuchtstoffröhren mit EVG getauscht. Es wird der Aufbau einer automatischen Präsenzerfassung für Kunstlichteinsatz empfohlen.	Einsparpotential <b>25%</b>
--	--------------------------------

**Lüftung**

Art der Lüftung <b>Fensterlüftung</b>	WRG -
Einschätzung zur Luftdichtheit des Gebäudes <b>keine offensichtliche Undichtigkeiten erkennbar</b>	

**Übersicht**

	Verbrauch Bestand	Einsparpotential	Brennstoffwechsel	Verbrauch saniert*	CO2-Einsparung
Strom	21.470 kWh/a	25%		16.102 kWh/a	3.340 kg/a
Wärme	278.108 kWh/a	73%	ohne	75.089 kWh/a	82.426 kg/a
Wasser	295 m <sup>3</sup> /a				
					<b>85.766 kg/a</b>

**Sanierungskosten 1.103.000 € (rein energetisch, netto, ohne Nk)**

Bauteil	Kosten	Beschreibung	U-Wert empfohlen
Außenwand	157.760 €	Außendämmung 20 cm Mineralschaum	0,17 W/m <sup>2</sup> K
Außenwand gg.Erdre	15.400 €	Außendämmung 20 cm Polystyrol	0,14 W/m <sup>2</sup> K
Dach	193.200 €	Abbruch und neu Eindecken mit ca. 20cm Dämmung	0,17 W/m <sup>2</sup> K
Fenster	369.750 €	neue Fenster, Sonnenschutz auf Süd	0,90 W/m <sup>2</sup> K
Bodenplatte	28.000 €	Frostschräge	0,50 W/m <sup>2</sup> K
Decke gg. Außenluft	11.760 €	Außendämmung 20 cm Mineralschaum	0,19 W/m <sup>2</sup> K
Lüftung	180.000 €	Einbau einer Lüftungsanlage mit WRG	
Heizsystem	102.000 €	Erneuerung Wärmeverteilnetz+Raumheizflächen	
Beleuchtung	45.000 €	Beleucht. wird geg effizien. Lampen getauscht.	

\* der überschlag berechnete Bedarf wird hierzu im gleichen Verhältnis angepasst, wie Bedarf/Verbrauch im Bestand



## textliche Zusammenfassung

**Gebäude:**

Die Eichendorffschule ist eine Grund- und Hauptschule mit Turnhalle und Kinderhort, die in vier Bauabschnitten (in den Jahren 1963, 1969, 1978 und 2003) errichtet wurde.

Betrachtet werden die Bauabschnitte 1-3 (Grund- und Hauptschule).

**Bauabschnitt 2 (BA2)**

Der BA2 ist 1969 als Stahlbetonskelettbau errichtet worden. Die Außenwandkonstruktionen sind in Stahlbeton-Sandwichbauweise ausgeführt. Die Decken sind Filigran-Kassettendecken. Teilweise wurden die tragenden Bauteile in Ortbeton erstellt. Die Fensterflächen sind als Lichtbänder ausgeführt. Der BA2 ist auf der obersten Ebene, über seine Pausenhalle, mit dem 2003 errichteten Neubau und dem 1963 errichteten BA1 verbunden. Der Gebäudeteil des BA2 besteht aus 3 Vollgeschossen, die nach oben gestaffelt sind. In den Flachdächern der Unterrichtsräume auf der westlichen Gebäudeseite, sind zur besseren Belichtung Sheddächer mit Oberlichtern gebaut.

**Baukonstruktionen der Außenbauteile (thermische Hülle)**

Die Außenbauteile verfügen überwiegend über schlechte U- Werte. Alle Außenwände sind bauzeitlich. Die Dachflächen sind vor ungefähr 12 Jahren saniert worden. Es sind lt. Aussagen des Hausmeisters Undichtigkeiten vorhanden. Die Fußbodenkonstruktionen und die der Bodenplatten sind bauzeitlich. Die Fenster sind nicht bauzeitlich. Hier konnten unterschiedliche Herstellungsjahre festgestellt werden: Baujahr 1969 und 2000. Bei einigen wurden lediglich die Verglasungen getauscht, bei anderen das gesamte Fenster. Alle Fensterkonstruktionen bestehen aus Aluminiumrahmen. Alle Außenbaukonstruktionen erfüllen nicht die Anforderungen der EnEV 2009. Die Gebäudehülle des BA2 ist sanierungsbedürftig. Vor allem die Fassadenweisen hohe Transmissionswärmeverluste auf.

**Allgemeine/ zentrale Gebäudetechnik**

Die Schule wird über eine Nahwärmeleitung von der 3-fach-Turnhalle der Schule versorgt. Dort befinden sich vier gasbetriebene Brennwertkessel, mit einer Gesamtleistung von ca. 2000kW, die neben der Eichendorffschule noch das Landkreisgymnasium und die Förderschule versorgen. Einer der Brennwertkessel ist im Jahr 2000 erneuert worden. Die Systemtemperaturen belaufen sich auf 70/ 55°C VL/ RL. Es ist ein Zweirohrsystem. Es werden bauzeitliche Röhrenheizkörper aus Grauguss und bauzeitliche Flächenheizkörper eingesetzt. Die wärmeversorgenden Rohrleitungen sind bauzeitlich, ihre technische Lebensdauer ist überschritten.

Die Abwasserleitungen sollten fachgerecht befahren und untersucht werden. Die Befahrung dokumentiert den Zustand und die Lage der Abwasserleitung. Auch hier gilt das Prinzip einer frühzeitigen Schadenserkenkung und Kostenbeurteilung.

**Beleuchtung:**

Die Beleuchtung ist lt. Aussage des Hausmeisters vor ca. 2 Jahren incl. Lampen ausgetauscht worden. Lediglich in den Nebenräumen blieben die bauzeitlichen bestehen.

**Brandschutz und Barrierefreiheit:**

Für die Schule muss ein Brandschutzkonzept erstellt werden. Das bestehende Brandschutzkonzept kann nicht aufrechterhalten werden, da sich die gesetzlichen Bestimmungen und Anforderungen seit der Erbauung verändert haben. Ein zweiter baulicher Rettungsweg ist in den wenigsten Fällen gegeben, weiterhin liegen keinerlei definierte Rauchabschnitte vor. Die Rippendecken müssen durch einen Fachplaner auf ihre Feuerwiderstandsdauer hin untersucht werden. Bei der Feststellung einer unzureichenden Feuerwiderstandsdauer sind geeignete Maßnahmen zu treffen.

Die Schule ist nicht barrierefrei.



## Fotodokumentation

Bild 1: Haupteingang und Außenanlage (links aus Bild)



Bild 2: Blick vom BGT auf den Gebäudekomplex



Bild 3: Ansicht des südwestlichen Bereichs



## Physikpräsentation

Tom G. Arnold, Dr. rer. oec. (abgegebener Name) / Physikstudium / Universität



Bild 1: Vorder- und Physikal



Bild 2: Blick auf Skybridge zwischen Physikstudium unten und Eingang zu Forum 01 044



## Hygienepräsentation

Arten: 2 Arten der Hygienepräsentation: 1. Hygienepräsentation 2012, 2. Hygienepräsentation 2013



**Detailaufnahme:**

Die Decke unter dem Physikal muss vollständig gedämmt werden. Die stützende Mauer stellt dabei eine Wärmebrücke dar. Zur Reduzierung der Wärmebrücke sollte sie vollständig gedämmt werden.



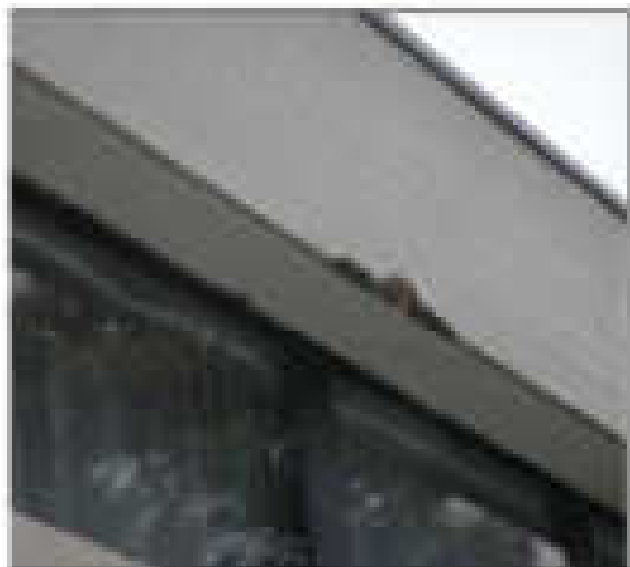
Durch das Dämmen der Außenwand und der damit verbundenen Überdeckung der Dämmung des Fensterrahmens um min. 1 cm, verbleibt ein sehr kleiner Spaltrest. Durch den Austausch des Bestandsfensters gegen ein modernes Fenster mit Wärmeschutzmaßnahmen verringert sich der Spaltrest erneut.

Nur ist in der weiteren Planung die Entwicklung einer Lösungsmöglichkeit anzustreben, die eine ausreichende natürliche Belichtung der dahinterliegenden vertikalen Flächen WC-Anlagen ermöglicht.



Mehrfach hat Bewehrungskorrosion die Außenwände beschädigt:

Nur ist eine Betonschutzierung notwendig: im Zuge einer Außendämmung können die Betonflächen dauerhaft geschützt werden, weitere aufwendige Schutzmaßnahmen werden damit entfallen.





Energiebilanz IST-Zustand und Sanierter Zustand,  
sowie wärmeschutztechnische Einstufung der Gebäudehülle, Berechnet nach DIN 18599 mit der Software  
BKI, Version 8.2.2, <http://www.lop.de> | EnEV 2009

Objekt (Art, Bez.) **BA 2**

**Energiekennwerte vor und nach der Sanierung** (Planwerte gemäß Berechnungen nach EnEV / DIN 18599  
für einen vergleichbaren Neubau)

<b>NGF, Summe der beheizten Räume</b>		<u>1742</u> m <sup>2</sup>		
<b>Jahres-Heizwärmebedarf Q<sub>h</sub></b>		Nutzenergie		
	vor Sanierung	<u>166,2</u> kWh/m <sup>2</sup> a		
	nach Sanierung	<u>33,2</u> kWh/m <sup>2</sup> a	- 80 %	
<b>Trinkwasser-Energiebedarf Q<sub>TW</sub></b>		Nutzenergie		
	vor Sanierung	<u>0,0</u> kWh/m <sup>2</sup> a		
	nach Sanierung	<u>0,0</u> kWh/m <sup>2</sup> a		
<b>Sonstiger Endenergiebedarf</b>				
<b>Beleuchtung</b>	vor Sanierung	<u>8,8</u> kWh/m <sup>2</sup> a	nach Sanierung	<u>6,7</u> kWh/m <sup>2</sup> a
<b>Lüftung</b>	vor Sanierung	<u>0,0</u> kWh/m <sup>2</sup> a	nach Sanierung	<u>7,1</u> kWh/m <sup>2</sup> a
<b>Klimatisierung</b>	vor Sanierung	<u>0,0</u> kWh/m <sup>2</sup> a	nach Sanierung	<u>0,0</u> kWh/m <sup>2</sup> a
<b>Kühlung</b>	vor Sanierung	<u>0,0</u> kWh/m <sup>2</sup> a	nach Sanierung	<u>0,0</u> kWh/m <sup>2</sup> a
<b>Jahres-Endenergiebedarf Q<sub>E</sub>'</b>		Endenergie		
	vor Sanierung	<u>206,8</u> kWh/m <sup>2</sup> a		
	nach Sanierung	<u>56,6</u> kWh/m <sup>2</sup> a	- 73 %	
<b>Jahres-Primärenergiebedarf Q<sub>p</sub>'</b>		Primärenergie		
	vor Sanierung	<u>280,5</u> kWh/m <sup>2</sup> a		
	nach Sanierung	<u>91,8</u> kWh/m <sup>2</sup> a	- 67 %	
	Höchstwert nach EnEV-Neubau	<u>125,3</u> kWh/m <sup>2</sup> a		
	Unterschreitung des Höchstwertes um	<u>27%</u>		
<b>spez. Transmissionswärmeverlust H<sub>T</sub>'</b>		(bezogen auf Gebäudehüllfläche A <sub>B</sub> )		
	vor Sanierung	<u>1,006</u> W/m <sup>2</sup> K		
	nach Sanierung	<u>0,351</u> W/m <sup>2</sup> K	- 65 %	
<b>eingesparte CO<sub>2</sub>-Emissionen</b>				
	vor Sanierung	<u>149.537</u> kg / a		
	nach Sanierung	<u>45.186</u> kg / a	- 70 %	

#### nicht investive Energiesparmaßnahmen

Maßnahme	Beschreibung	Einsparpotential	Einsparung CO <sub>2</sub>
Windfang	Türen schließen, Windfang als Pufferzone nutzen		
Temperaturabsenkung	in den Fluren und im Treppenhaus		
Beleuchtung	Ausschalten bei Verlassen der Klassenzimmer		
Fenster	in der Heizperiode nicht kippen, kontrollierte Stoßlüftung		

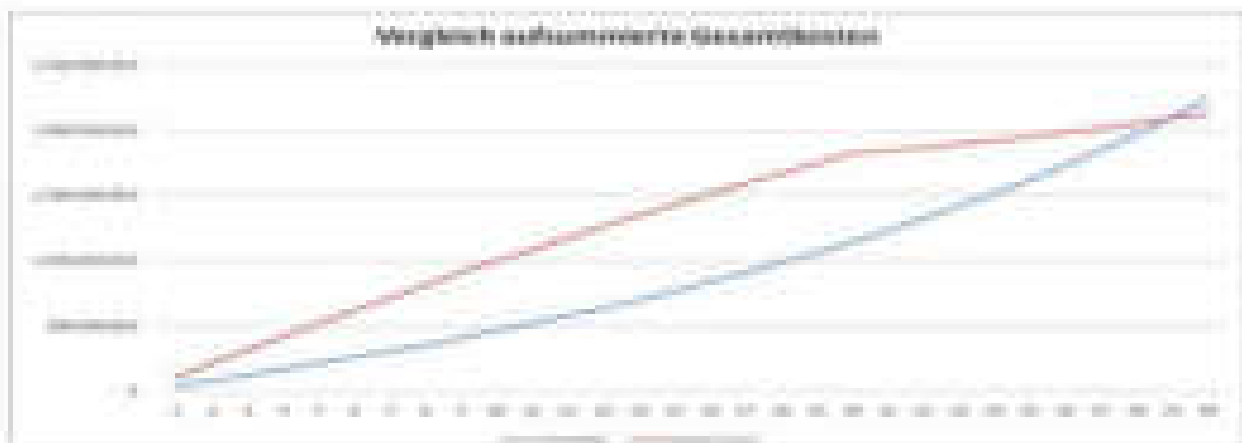
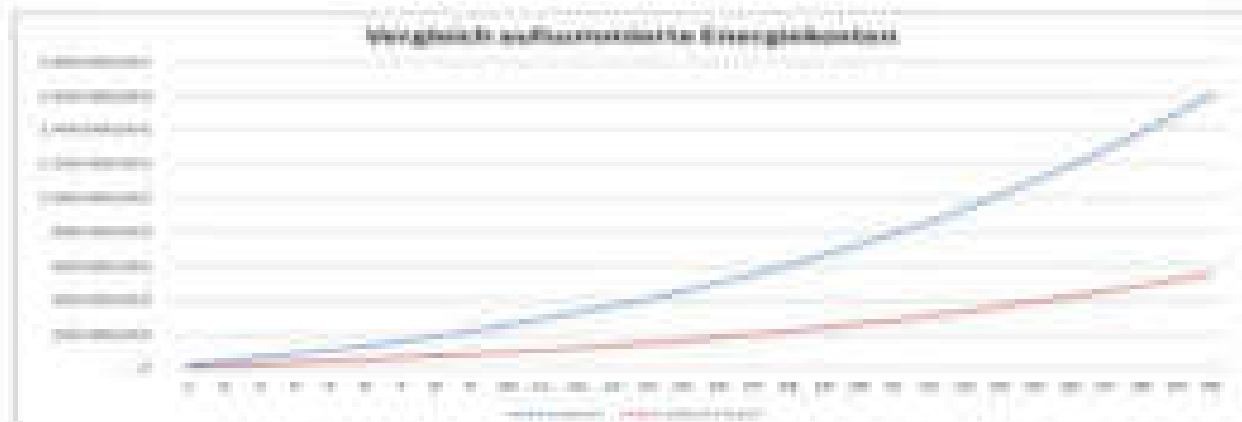
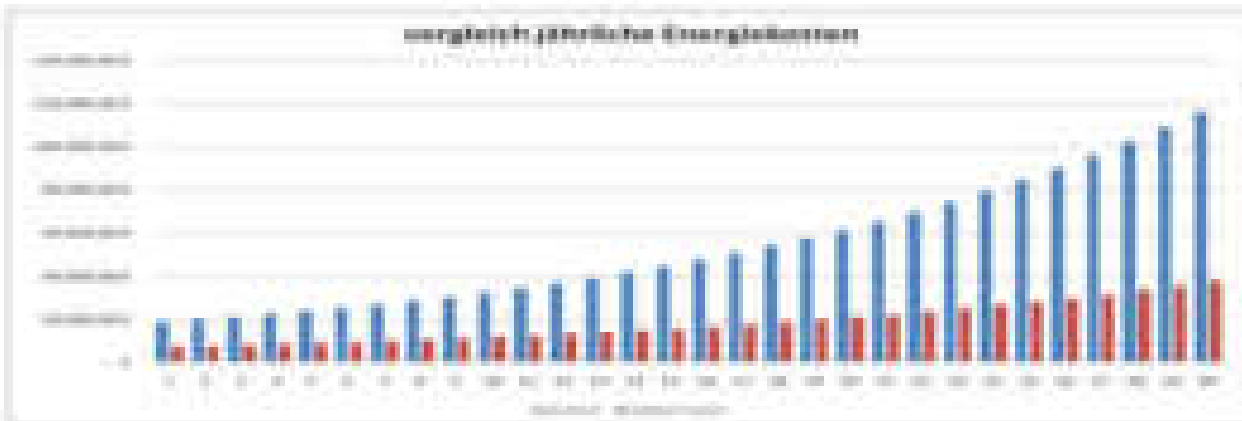


**Wirtschaftlichkeitsbewertung**

	Energiebedarf (kWh)	Energiekosten über 30 Jahre	Anschaffungskosten über 30 Jahre
Standard	284.153 kWh	1.609.000 €	2.245.000 €
Optimiert	62.221 kWh	337.000 €	2.190.000 €

**Erläuterung:**

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden der Energiebedarf aus der stehenden Wirtschaftlichkeitsbewertung verwendet. Die relevanten Kosten wurden berechnet. In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurden der Standardzinsfuß von 3,2% und keine Förderungen (Mw, Max.FAG) zu Grunde gelegt. In der Betriebsphase wurde mit einem Bauzinsfuß von 2% der Servicekosten gerechnet. Es wurde mit den marktüblichen Preiserhöhungen von 7% für Erdgas und 6% für Strom gerechnet. Betrachtet wurde ein Zeitraum von 30 Jahren.





Gebäude / Objekt		Jahr	
<b>Eichendorffschule BA 3</b>		1978	
Nutzung			
Allgemeinbildende Schule			
SOZ	GR	Anzahl Räume	
2.234 m <sup>2</sup>	8.500 m <sup>2</sup>	2+40	
Lage			
Wett			
Anmerkungen			



**Verbrauchsdaten (Winterabrechnung)**

Jahr	2007	2008	2009	Quadratmeter	Summe CO <sub>2</sub> Emissionen
Wärme	28.185 kWh	27.204 kWh	27.385 kWh	27.719 kWh	17.546 kg
Strom	172.564 kWh	209.341 kWh	290.256 kWh	284.707 kWh	113.593 kg
Wasser	381 m <sup>3</sup>	386 m <sup>3</sup>	378 m <sup>3</sup>	383 m <sup>3</sup>	
					<b>131.139 kg</b>

**Vergleich mit Verbrauchswerten EnDy 2009**

Jahr	gem. m <sup>2</sup> /Jahr	EnDy 2009	Abweichung
Wärme	12 kWh	10 kWh	EnDy <b>+22%</b>
Strom	125 kWh	90 kWh	EnDy <b>+39%</b>
Wasser	0,2 m <sup>3</sup>		

**Energetische Bewertung der Bauteile**

Bauteil	Beschreibung	U <sub>w</sub>	U <sub>w</sub> (EnDy)	U <sub>w</sub> (EnDy)	Standard U <sub>w</sub> (EnDy)
Außenwand	Dachbeton-Sandwichbausteine	0,178	0,20	0,20 kWh/m <sup>2</sup> ·K	0
Fuß gg. Estrich	ETB-Sandwich	0,068	0,06	0,06 kWh/m <sup>2</sup> ·K	0
SOZ-Fassade	Alu-Dämmung-Alu	0,178	0,02	0,02 kWh/m <sup>2</sup> ·K	0
Fenster	Holz-Verbundfenster, 2-fach	0,078	0,01	0,01 kWh/m <sup>2</sup> ·K	0,1790
Dach	Dämmplatten ca. 10cm	0,078	0,02	0,02 kWh/m <sup>2</sup> ·K	0,1120
Bodenplatte	100-Fuß mit Trittschal	0,078	0,02	0,02 kWh/m <sup>2</sup> ·K	0,26
Decke g. Außen	ETB-Rippendecke + Fichtenaufflag.	0,078	0,04	0,04 kWh/m <sup>2</sup> ·K	0
Glasdach	Alu-Struktur	0,078	0,0	0,0 kWh/m <sup>2</sup> ·K	0,79

Überschlagter Wärmebedarf: **181.173 kWh/a**

**Heizung**

Heizungsart	U <sub>w</sub>	Beschreibung	Heizungsart	Beschreibung
Heizkörner	1978	2000 kW	Erden	4 Brennwertkessel, Gesamt ca. 2000 kW
Zustand vor Projektabschluss		Zustand Projektabschluss		
Heizkörnerart	Typ	Thermostateventile	Heizkörper	
Anmerkungen				



**Trinkwassererwärmung**

Energieerzeuger <b>Boiler</b>	BJ	Nennleistung	Energieträger <b>Strom</b>	Anmerkung <b>nur bei Waschbecken Putzraum</b>
Anmerkungen der in der Schule anfallende Bedarf an Warmwasser ist vernachlässigbar gering				

**Beleuchtung**

Beschreibung Beleuchtung wurde vor ca. 6 Jahren gegen Leuchtstoffröhren mit externen, KVG getauscht. Es wird der Aufbau einer automatischen Präsenzerfassung für Kunstlichteinsatz empfohlen.	Einsparpotential <b>24%</b>
--	--------------------------------

**Lüftung**

Art der Lüftung <b>Fensterlüftung</b>	WRG -
Einschätzung zur Luftdichtheit des Gebäudes <b>z.T. große Undichtigkeiten im Bereich der Fenster</b>	

**Übersicht**

	Verbrauch Bestand	Einsparpotential	Brennstoffwechsel	Verbrauch saniert*	CO2-Einsparung
Strom	27.719 kWh/a	24%		21.067 kWh/a	4.140 kg/a
Wärme	284.707 kWh/a	76%	ohne	68.330 kWh/a	87.849 kg/a
Wasser	382 m³/a				
					<b>91.989 kg/a</b>

Sanierungskosten\*\* 1.239.000 € (rein energetisch, netto, ohne Nk)

Bauteil	Kosten	Beschreibung	U-Wert empfohlen
Außenwand	44.800 €	Außendämmung 20 cm Mineralschaum	0,17 W/m²K
AW g. Erdreich	40.000 €	Außendämmung 18 cm Polystyrol	0,18 W/m²K
AW-Paneel	72.000 €	aufmauern+Dämmen 20cm Mineralschaum	0,20 W/m²K
Fenster	420.000 €	neue Fenster, Sonnenschutz auf Süd	1,00 W/m²K
Dach	264.000 €	Abbruch und neu Eindecken mit ca. 20cm Dämmung	0,17 W/m²K
Bodenplatte	36.000 €	Frostschürze	0,50 W/m²K
Lüftung	230.000 €	Einbau einer Lüftungsanlage mit WRG	
Heizsystem	132.000 €	Erneuerung Wärmeverteilnetz+Raumheizflächen	
Beleuchtung	50.000 €	Beleucht. wird geg effizien. Lampen getauscht.	

\* der überschlag berechnete Bedarf wird hierzu im gleichen Verhältnis angepasst, wie Bedarf/Verbrauch im Bestand

\*\* die vorgeschlagene Doppelfassade wurde hier aufgrund ihrer Komplexität nicht erfasst, statt dessen wurden den Kosten eine "klassischen" Sanierung zugrunde gelegt





**Freizeitkinozentrum:**

Bild 1: Ansicht Nord, Freizeitanlage der Freizeitkinozentrum



Bild 2: Ansicht Nord, Fassade des Freizeitkinozentrum



Bild 3: Ansicht Süd, Freizeitanlage des Freizeitkinozentrum



**Photopräsentation:**

**Außen S. Arnold-Haus**



**Außen S. Arnold-Haus**



**Außen S. Arnold-Haus, Hauptzugang**





**Photodokumentation:**

Bild 1: Freigelegte Holzbohle unter Holzbohlen



Bild 2: Freigelegte Holzbohle

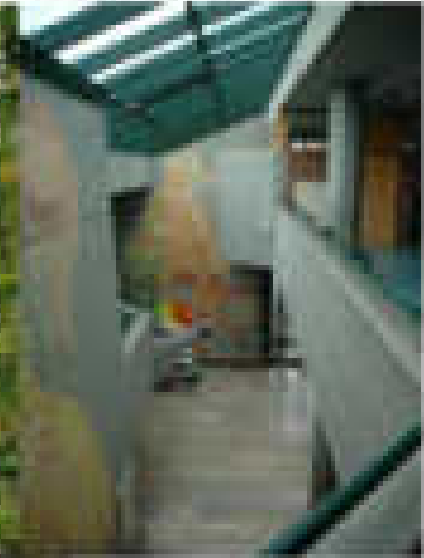


Bild 3: Freigelegte Holzbohle



**Detailaufnahme**

Durchführung der thermischen Hülle, bedingt durch eine technische Maßnahme. Hier muss eine Lösung gefunden werden, die die Gebäudehülle unentzerrt lässt.



Die außenseitige der thermischen Hülle angeordneten Stützen, stellen besonders signifikante Wärmebrücken dar. Die Stützen sind Teil der Architektursprache des bestehenden Gebäudes und haben eine große Bedeutung für den Ausdruck dieser Architektur. Bei der Entwicklung einer möglichen Lösung, um die Wärmebrücke sinnvoll zu reduzieren, sollten Lösungen entwickelt werden, die die Aussage des Bestandes erhalten. (mit Doppelfassade)



Energiebilanz IST-Zustand und Sanierter Zustand,  
 sowie wärmeschutztechnische Einstufung der Gebäudehülle, Berechnet nach DIN 18599 mit der Software  
 BKI, Version 8.2.2, <http://www.lop.de> | EnEV 2009

**Objekt** (Art, Bez.) **BA 3**

**Energiekennwerte vor und nach der Sanierung** (Planwerte gemäß Berechnungen nach EnEV / DIN 18599  
 für einen vergleichbaren Neubau)

<b>NGF, Summe der beheizten Räume</b>		<u>2274</u> m <sup>2</sup>	
<b>Jahres-Heizwärmebedarf Q<sub>h</sub></b>		Nutzenergie	
	vor Sanierung	<u>202,1</u> kWh/m <sup>2</sup> a	
	nach Sanierung	<u>37,5</u> kWh/m <sup>2</sup> a	- 81 %
<b>Trinkwasser-Energiebedarf Q<sub>TW</sub></b>		Nutzenergie	
	vor Sanierung	<u>0,0</u> kWh/m <sup>2</sup> a	
	nach Sanierung	<u>0,0</u> kWh/m <sup>2</sup> a	
<b>Sonstiger Endenergiebedarf</b>			
<b>Beleuchtung</b>	vor Sanierung	<u>6,4</u> kWh/m <sup>2</sup> a	nach Sanierung <u>4,8</u> kWh/m <sup>2</sup> a
<b>Lüftung</b>	vor Sanierung	<u>0,0</u> kWh/m <sup>2</sup> a	nach Sanierung <u>7,1</u> kWh/m <sup>2</sup> a
<b>Klimatisierung</b>	vor Sanierung	<u>0,0</u> kWh/m <sup>2</sup> a	nach Sanierung <u>0,0</u> kWh/m <sup>2</sup> a
<b>Kühlung</b>	vor Sanierung	<u>0,0</u> kWh/m <sup>2</sup> a	nach Sanierung <u>0,0</u> kWh/m <sup>2</sup> a
<b>Jahres-Endenergiebedarf Q<sub>E</sub>'</b>		Endenergie	
	vor Sanierung	<u>241,1</u> kWh/m <sup>2</sup> a	
	nach Sanierung	<u>58,1</u> kWh/m <sup>2</sup> a	- 76 %
<b>Jahres-Primärenergiebedarf Q<sub>p</sub>'</b>		Primärenergie	
	vor Sanierung	<u>322,1</u> kWh/m <sup>2</sup> a	
	nach Sanierung	<u>91,2</u> kWh/m <sup>2</sup> a	- 72 %
	Höchstwert nach EnEV-Neubau	<u>117,7</u> kWh/m <sup>2</sup> a	
	Unterschreitung des Höchstwertes um	<u>22%</u>	
<b>spez. Transmissionswärmeverlust H<sub>T</sub>'</b>		(bezogen auf Gebäudehüllfläche A <sub>B</sub> )	
	vor Sanierung	<u>1,275</u> W/m <sup>2</sup> K	
	nach Sanierung	<u>0,405</u> W/m <sup>2</sup> K	- 68 %
<b>eingesparte CO<sub>2</sub>-Emissionen</b>			
	vor Sanierung	<u>225.453</u> kg / a	
	nach Sanierung	<u>59.450</u> kg / a	- 74 %

**nicht investive Energiesparmaßnahmen**

Maßnahme	Beschreibung	Einsparpotential	Einsparung CO <sub>2</sub>
Windfang	Türen schließen, Windfang als Pufferzone nutzen		
Temperaturabsenkung	in den Fluren und im Treppenhaus		
Beleuchtung	Ausschalten bei Verlassen der Klassenzimmer		
Fenster	in der Heizperiode nicht kippen, Stroßlüftung		

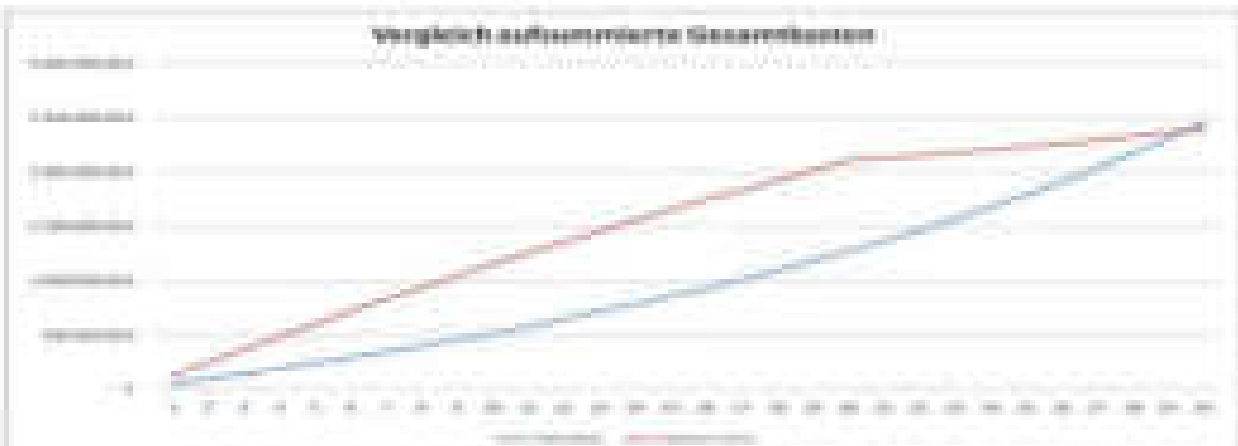
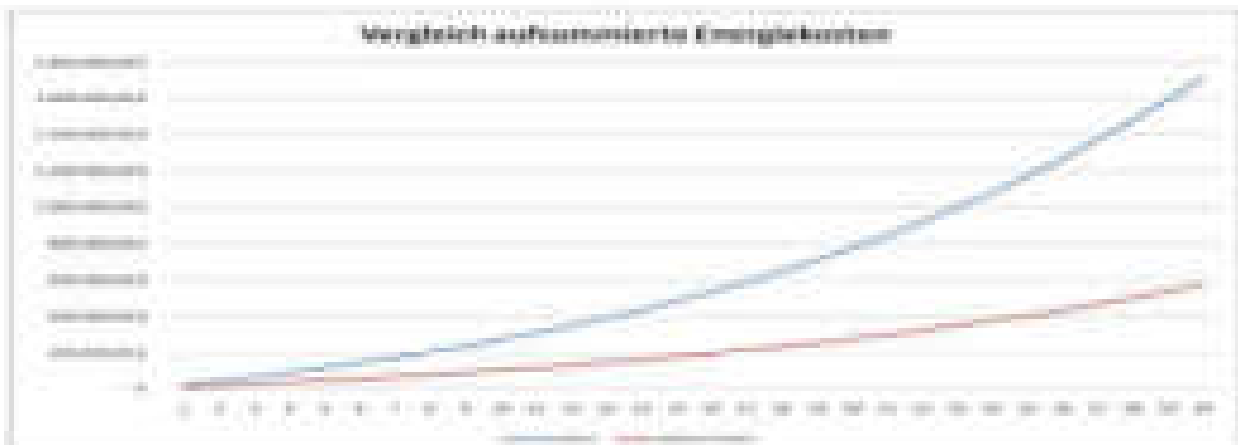
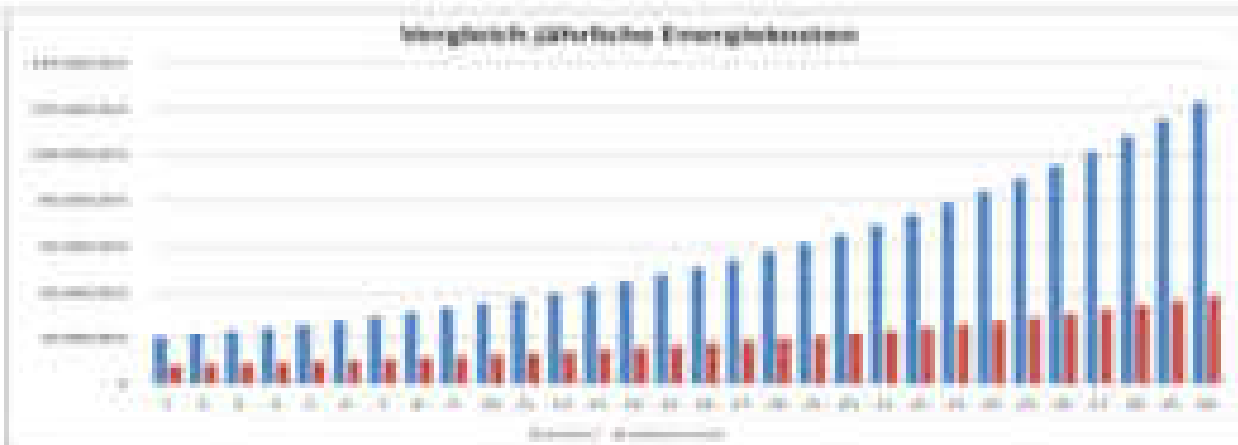


**Wirtschaftlichkeitsbewertung**

	Energiebedarf über 30 Jahre	Energiekosten über 30 Jahre	Gesamtkosten über 30 Jahre
Luftwärmepumpe	284.873 kWh	1.713.000 €	1.457.000 €
Wärmepumpe	57.532 kWh	575.000 €	2.403.000 €

**Erläuterung**

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurde der Energiebedarf aus der obestehenden Wirtschaftlichkeitsbewertung verwendet. Die relevanten Kosten wurden berechnet. In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurden der Merkmalsatz von 1,25% und keine Förderungen (Mw, Max,PAII) zu Grunde gelegt. In der Investitionsvariante wurde mit einem Zinssatz von 2% der Leasingoption gerechnet. Es wurde mit den marktüblichen Preissteigerungen von 7% für Erdgas gerechnet. Betrachtet wurde ein Zeitraum von 30 Jahren.



Typ	Schule Vitusschule	Turnhalle Vitus-Turnhalle	Bücherei Bahnhof	Feuerwehrhaus Feuerwehrhaus	Museum Jüd. Museum (neu)	Museum Jüd. Museum (alt)	Verwaltung Bauhof	Verwaltung Rathaus	Verwaltung Klärwerk	Schwimmhalle, TH Sportzentrum	Schule Eichendorffschule	Schule Eichendorffschule	Schule Eichendorffschule
	1911	1960	1855	1995	1990	ca. 1730	1930	1748	2001	1998	1963	1969	1978
	1407 m <sup>2</sup>	440 m <sup>2</sup>	1040 m <sup>2</sup>	1450 m <sup>2</sup>	190 m <sup>2</sup>	358 m <sup>2</sup>	950 m <sup>2</sup>	1930 m <sup>2</sup>	348 m <sup>2</sup>	3730 m <sup>2</sup>	1430 m <sup>2</sup>	1742 m <sup>2</sup>	2274 m <sup>2</sup>
Verbrauch Wärme, Bestand	207.445 kWh/a	92.087 kWh/a	236.608 kWh/a	201.370 kWh/a	24.312 kWh/a	75.545 kWh/a	122.228 kWh/a	258.361 kWh/a	32.500 kWh/a	663.703 kWh/a	213.607 kWh/a	278.108 kWh/a	284.707 kWh/a
Verbrauch Wärme, saniert	69.337 kWh/a	38.424 kWh/a	112.619 kWh/a	63.341 kWh/a	17.730 kWh/a	62.456 kWh/a	39.593 kWh/a	105.320 kWh/a	16.900 kWh/a	418.727 kWh/a	51.266 kWh/a	75.089 kWh/a	68.330 kWh/a
Verbrauch Strom, Bestand	7.961 kWh/a	4.293 kWh/a	33.307 kWh/a	34.943 kWh/a	1.610 kWh/a	3.033 kWh/a	8.616 kWh/a	58.963 kWh/a	13.920 kWh/a	292.931 kWh/a	17.334 kWh/a	21.470 kWh/a	27.719 kWh/a
Verbrauch Strom, saniert	7.165 kWh/a	3.863 kWh/a	16.654 kWh/a	24.460 kWh/a	966 kWh/a	1.820 kWh/a	6.031 kWh/a	50.118 kWh/a	12.528 kWh/a	263.638 kWh/a	13.694 kWh/a	16.102 kWh/a	21.067 kWh/a
CO2-Emission, Bestand	55.656 kg/a	25.186 kg/a	78.816 kg/a	71.253 kg/a	6.951 kg/a	20.531 kg/a	35.278 kg/a	100.363 kg/a	16.588 kg/a	344.673 kg/a	97.697 kg/a	126.502 kg/a	133.137 kg/a
CO2-Emission, saniert	21.454 kg/a	11.821 kg/a	38.204 kg/a	31.054 kg/a	4.928 kg/a	16.550 kg/a	21.865 kg/a	57.520 kg/a	11.916 kg/a	266.090 kg/a	29.526 kg/a	40.736 kg/a	41.148 kg/a
CO2-Einsparung	34.202 kg/a	13.365 kg/a	40.612 kg/a	40.199 kg/a	2.023 kg/a	3.982 kg/a	13.412 kg/a	42.843 kg/a	4.672 kg/a	78.583 kg/a	68.170 kg/a	85.766 kg/a	91.989 kg/a
CO2-Einsparung, %	61%	53%	52%	56%	29%	19%	38%	43%	28%	23%	70%	68%	69%
Sanierungskosten (energetisch)	659.000,00 €	342.000,00 €	803.000,00 €	630.000,00 €	100.000,00 €	103.000,00 €	457.000,00 €	786.000,00 €	169.000,00 €	2.133.000,00 €	1.194.000,00 €	1.103.000,00 €	1.239.000,00 €
Sanierungskosten (energetisch) pro m <sup>2</sup> NGF	468,37 €	777,27 €	772,12 €	434,48 €	526,32 €	287,71 €	481,05 €	407,25 €	485,63 €	571,85 €	835,26 €	633,15 €	544,81 €
Sanierungskosten (energetisch) pro kg eingespartem CO2	19,27 €	25,59 €	19,77 €	15,67 €	49,43 €	25,87 €	34,07 €	18,35 €	36,17 €	27,14 €	17,51 €	12,86 €	13,47 €
Einsparung Wärme	138.108 kWh/a	53.662 kWh/a	123.989 kWh/a	138.029 kWh/a	6.582 kWh/a	13.089 kWh/a	82.634 kWh/a	153.040 kWh/a	15.600 kWh/a	244.976 kWh/a	162.341 kWh/a	203.019 kWh/a	216.377 kWh/a
Einsparung Strom	796 kWh/a	429 kWh/a	16.654 kWh/a	10.483 kWh/a	644 kWh/a	1.213 kWh/a	2.585 kWh/a	8.844 kWh/a	1.392 kWh/a	29.293 kWh/a	3.640 kWh/a	5.367 kWh/a	6.653 kWh/a
Einsparung Energiekosten	9.258 €	3.619 €	11.181 €	10.997 €	550 €	1.082 €	5.919 €	11.693 €	1.280 €	21.441 €	11.370 €	14.365 €	15.478 €



