

Energetische Strategie

für die Gebäude der Schulgemeinde Fällanden

für die
Schulgemeinde Fällanden
17. Dezember 2012

Impressum

Dokument	Energetische Strategie für die Gebäude der Schulgemein- de Fällanden
Auftraggeberin	planzeit GmbH (Generalplaner)
Auftragnehmerin	durable Planung und Beratung GmbH Badenerstrasse 123-A CH-8004 Zürich T +41 (0)43 818 48 24 F +41 (0)43 818 48 25 info@studiodurable.ch
Verfasser	Jörg Lamster
Verteiler	Auftraggeberin
Datum	17. Dezember 2012

Im vorliegenden Text wird der Übersichtlichkeit halber für Funktionsbezeichnungen häufig die männliche Form gewählt. Die Aussagen gelten in gleicher Form auch für Funktionsträgerinnen.

Inhaltsverzeichnis

Impressum	3
Einleitung	6
1 Ausgangslage und energetische Ziele	7
1.1 Ausgangslage	7
1.2 Ziele einer energetischen Sanierung	10
1.2.1 Fällanden	10
1.2.2 Pfaffhausen	11
1.2.3 Benglen	13
1.3 Energetische Standards und Zielwerte	14
2 Möglichkeiten der Energieversorgung	17
2.1 Hochtemperaturvarianten	17
2.2 Niedertemperaturvarianten	19
3 Varianten der gebäudetechnischen Ausrüstung	22
3.1 Hochtemperaturvarianten	22
3.2 Niedertemperaturvarianten	22
3.3 Konzeptvorschläge für Nieder- und Hochtemperatursysteme	22
4 Bauliche Massnahmen zur Effizienzsteigerung	23
5 Bilanzierung Gesamtsanierungen und Ersatzneubauten	23
6 Erneuerungs- und Ersatzzyklen	25
6.1 Endenergiebedarf und Energiekosten	27
6.2 Primärenergiebedarf Betrieb	29
6.3 Energiebezugsfläche	30
6.4 Fazit	30
7 Handlungsempfehlungen	31

Einleitung

Im Rahmen der Strategie Schulgemeinde Fällanden wird eine energetisch-nachhaltige Versorgungsstrategie für die Liegenschaften der Schulgemeinde Fällanden entwickelt. Neben Aspekten der Nutzung, Bewirtschaftung und Kosten ist der energetische Aspekt massgeblich entscheidend für die Zukunftsfähigkeit des Portfolios der Schulgemeinde Fällanden:

- Das gesamte Portfolio wird derzeit vor allem mit dem fossilen Energieträger Erdgas betrieben. Bei eher niedrig angesetzten Preissteigerungen für Erdgas von jährlich 5 % liegt der Preis für Erdgas 2040 bei 27.6 Rp. / kWh (heute 7 Rp. / kWh).
- Bis auf die Schulhäuser Lätten 1 bis 3 sind alle Gebäude kaum oder gar nicht wärmedämmend. Mit einer Dämmung gemäss heutiger Wärmedämmvorschriften (für Neubauten wie auch für Sanierungen) könnte der Energieverbrauch für Raumwärme mindestens um Faktor 4 gesenkt werden.
- Mit einem Wechsel des Energieträgers von fossil auf erneuerbar (Erdgas auf erneuerbare Wärmequelle mit Wärmepumpen) kann wegen des hohen Nutzungsgrades der Wärmepumpen weitere Endenergie eingespart werden. Die benötigte Endenergie ist dann Strom. Diese kann mit Photovoltaik auf den Dächern der Gebäude erzeugt werden.
- Gleichzeitig werden damit der nicht erneuerbare Primärenergieverbrauch und die CO₂-Emissionen gesenkt. Damit sind die Gebäude spätestens mit den Neubauten 2000-Watt-fähig.

In der Folge wird der Bestand auf sein energetisches Potenzial untersucht. Damit soll entschieden werden, wo und wie weit energetische Eingriffe in die Gebäudesubstanz notwendig sind und welche Standards mit einer Sanierung bzw. einem Ersatzneubau erreicht werden können.

Die langfristige Perspektive bis 2040 erlaubt die Abwägung von strategischen Entscheidungen wie der Entscheidung Gesamtsanierung oder Ersatzneubau oder der Entscheidung über die Art der Energieversorgung. Neben Energieverbräuchen werden auch Energiekosten ausgedrückt. Die Betrachtungen beruhen auf den vier Varianten von planzeit GmbH. Dabei sind nutzungsspezifische und kostenspezifische Aspekte mit den energetischen Aspekten abgeglichen worden.

Vorgehen

Ziel der energetischen Strategie ist die Entwicklung von Wegen zur Reduktion des Energiebedarfs und der Energiekosten sowie zur Ausrichtung des Gebäudeportfolios auf einen zukunftsfähigen (nachhaltigen) Weg mittels Nutzung regenerativer Energien. Betrachtet werden Erstellung und Betrieb (Heizung, Warmwasser, Lüftung) der Überbauungen. Die damit ermittelten Kennzahlen dienen der Darstellung folgender Zusammenhänge:

- Senkung des Energiebedarfs und der Energiekosten durch höhere Effizienz der Gebäude und Versorgung mit regenerativer (energiekostenfreier) Energie,
- Vergleich der Grundsatzentscheidung Erneuerung (Sanierung) oder Ersatzneubau,
- Vergleich der Grundsatzentscheidung Nutzung fossile oder regenerative Energie,
- Auswirkung der zeitlichen Dimension auf Einsparungen und Effizienzsteigerung,
- Erfüllung aktueller Energiestandards als Richtlinie einer zukunftsfähigen Entwicklung (z.B. 2000 Watt).

Dabei werden alle Gewinne und Verbräuche in den Einheiten Kilofranken (kFr.), Megawattstunde pro Jahr oder kumuliert (MWh), Kilowattstunde pro Quadratmeter Energiebezugsfläche und Jahr (kWh/m²a) und Quadratmeter Energiebezugsfläche (m²) dargestellt.

Kapitel 1 beschreibt den heutigen Zustand der Siedlungen. Daraus werden energetische Ziele definiert und bewertet. Das Kapitel 2 vergleicht und bewertet die unterschiedlichen Möglichkeiten der Energieversorgung. Im Kapitel 3 werden Möglichkeiten der gebäudetechnischen Ausrüstung dargestellt, während das Kapitel 4 die Möglichkeiten der baulichen Massnahmen zur Effizienzsteigerung des Energiehaushaltes verdeutlicht. Kapitel 5 zeigt das Resultat der Bilanzierungen für Gesamtsanierungen und Ersatzneubauten. Im Kapitel 6 sind zyklische Betrachtungen zu Energieverbräuchen und -Kosten dargestellt. Abschliessend werden Handlungsempfehlungen für die Auftraggeberin entwickelt (Kapitel 7).

1 Ausgangslage und energetische Ziele

Als Ausgangslage dient der energetische und bauliche Bestand des Portfolios. Grundlage sind Dokumente und Planunterlagen der Schulgemeinde Fällanden bzw. planzeit GmbH sowie eigens im Rahmen einer Begehung vor Ort zusammengestellter Daten und Informationen.

Anschliessend werden aktuelle energetische Standards und Richtlinien dargestellt. Diese sind allgemein anerkannt als realisierbar und durchführbar und diesen somit als sinnvolle Richtschnur für eine zukünftige Entwicklung der Überbauungen.

Daraus werden energetische Ziele für die einzelnen Überbauungen formuliert, die folgenden Grundsätzen folgen:

- Hohe Versorgungssicherheit mit Energie,
- Reduktion der Energiekosten,
- Wahrung eines optimalen Kosten-Nutzen-Verhältnisses,
- Senkung der Energie- und Ressourcenbedarfs,
- Nutzung erneuerbarer Energieträger,
- Einfacher Betrieb und Unterhalt,
- Optimale Abstimmung auf Nutzungsanforderungen.

1.1 Ausgangslage

Die Schulen und Stätten zur Kinderbetreuung der Schulgemeinde Fällanden sind über drei Standorte (Fällanden, Pfaffhausen und Benglen) verteilt. Gleichzeitig sind die einzelnen Überbauungen verteilt über 20 Jahre zwischen 1961 und 1981 erstellt worden. Dadurch ist das Portfolio sehr heterogen und besteht aus unterschiedlichen Standards. Das Zeitfenster von 1961 bis 1981 ist allgemein geprägt durch eine Bauweise mit immer weiter reichenden technischen Möglichkeiten (Konstruktionsweisen, Materialien), höheren Anforderungen durch die Nutzung und gleichzeitig eine sehr geringe Sensibilisierung bezüglich Energieeinsparung und Effizienz.

Energieversorgung

Die Grundversorgung mit Energie basiert auf dem fossilen Energieträger Erdgas. Alle technischen Anlagen zur Heizung / Kühlung der Gebäude ist auf einem aktuellen Niveau. Die einzelnen Schulanlagen sind wo möglich über ein Nahwärmenetz miteinander verbunden. Die hochtemperaturige Heizenergie wird über Radiatoren abgegeben.

Gebäudesubstanz

Der Zustand der baulichen Substanz der grösseren Schulgebäude ist weitgehend gut. Der Zustand der Kindergärten / Kindertagesstätten ist weniger gut. Der energetische Standard aller Gebäude entspricht nicht mehr den aktuellen Standards. Mit Ausnahme des Schulhauses Lätten (Häuser 1 bis 3) und dem Haus 3 der Schule Bommern sind alle Überbauungen weitgehend unsaniert. Lediglich Fenster sind teilweise ausgewechselt worden. Diese entsprechen aber nicht mehr aktuellen energetischen Standards. Mechanische Lüftungsanlagen befinden sich nur in der Schule Lätten. Diese sind im Rahmen der Minergie-Sanierung 2003 eingebaut worden.

Erneuerungspotenzial

Das Erneuerungspotenzial der Überbauungen ist sehr unterschiedlich. Vorteilhaft ist, dass einzelne Gebäude noch gar nicht saniert sind, sodass bereits erneuerte Bauteile im Falle einer Erneuerung nicht vorzeitig vernichtet werden. Problematisch ist die zeitlich verschobene Erstellung der Gebäude, welche sehr unterschiedliche Baustrukturen bedeuten. Sind die Häuser 1 und 2 der Schulanlage leicht erneuerbar, so sind die Häuser 1 bis 4 der Schulanlage Buechwies nur sehr schwer zu erneuern. Das liegt vor allem an der Stahlkonstruktion (Wärmebrücken) und an der sehr hochwertigen, aber kaum energetisch erneuerbaren Aussenhülle aus Sichtmauerwerk.

Grundlagen und Auswertungen des Bestandes sind auf den beiden folgenden Doppelseiten tabellarisch dargestellt.

Liegenschaften	Grundlagen							Bewertung					
	Energiebezugsfläche AE in m ²	Energieversorgung	Thermische Gebäudehüllzahl (ATH / AE)	Fensteranteil Aw / AE (Schätzung)	mechanische Lüftungsanlage	Wärmeverbrauch in kWh/m ² a	Primärenergiebedarf Betrieb ¹ in kWh/m ² a	baulicher Zustand	energetischer Zustand	Massnahmen Gebäudehülle	Sanierungspotenzial Gebäudehülle	Massnahmen Gebäudetechnik	Sanierungspotenzial Energieversorgung
1a Schulhaus Lätten Haus A 1961	1'922	Erdgas Zentrale	1.6	28%	zentrale Luftanlage 2003	45	57	+2003 minergiesaniert , Bauschäden im Wärmedämmverbundsystem zeichnen sich frühzeitig ab.	effizient (Standard Minergie Sanierung), fossiler Energieträger, hohes Temperaturniveau	.	Ziel Gesamterneuerung ca. 2034: Minergie Neubauten	Überprüfung Anforderungen Warmwasser, Überprüfung langfristige Ausrichtung des Wärmeverbundes	Beibehalt des Netzes, langfristige Umstellung von Erdgas auf regenerative Energieform
1b Schulhaus Lätten Haus B 1961	1'328	Fernwärme (aus Schulhaus A)	1.3	25%	zentrale Luftanlage 2003	45	57	+2003 minergiesaniert , Bauschäden im Wärmedämmverbundsystem zeichnen sich frühzeitig ab.	effizient (Standard Minergie Sanierung), fossiler Energieträger, hohes Temperaturniveau+	punktueller Eingriffe zur Behebung der Bauschäden am WDVS	Ziel Gesamterneuerung ca. 2034: Minergie Neubauten	Überprüfung Anforderungen Warmwasser	Beibehalt des Netzes, langfristige Umstellung von Erdgas auf regenerative Energieform
1c Schulhaus Lätten Haus C 1961	1'558	Fernwärme (aus Schulhaus A)	1.3	22%	zentrale Luftanlage (Heizung) 2003	45	57	+2003 minergiesaniert , Bauschäden im Wärmedämmverbundsystem sind vorhanden.	effizient (Standard Minergie Sanierung), fossiler Energieträger, hohes Temperaturniveau+	punktueller Eingriffe zur Behebung der Bauschäden am WDVS, evtl. Dämmung des EG	Ziel Gesamterneuerung ca. 2034: Minergie Neubauten	Überprüfung Anforderungen Warmwasser	Beibehalt des Netzes, langfristige Umstellung von Erdgas auf regenerative Energieform
2 Kindergarten Fröschbach 1974	286	Fernwärme (aus Schulhaus A)	2.0	20%	-	600	580	baulich mässiger Zustand (wie nicht anders zu erwarten für ein 28-jähriges Provisorium)	Gebäudehülle stark sanierungsbedürftig, geringe Kompaktheit ist ein grundsätzliches Problem	Totalsanierung Aussenhülle: Ersatz Fenster, Dämmung Fassaden, Dach	wenn Sanierung, dann Ziel kant. Vorschriften: ca. 16 cm Dämmung aller Bauteile beheizt zu Luft	gebäudetechnische Massnahmen nur bei längerer Weiternutzung sinnvoll	gebäudetechnische Massnahmen nur bei längerer Weiternutzung sinnvoll
3 Kindergarten Wygarten 1973	505	Fernwärme	2.0	20%	-	400	485	sanierungsbedürftig	Gebäudehülle stark sanierungsbedürftig, geringe Kompaktheit ist ein grundsätzliches Problem	Totalsanierung Aussenhülle: Ersatz Fenster, Dämmung Fassaden, Dach, Decke über UG	wenn Sanierung, dann Ziel kant. Vorschriften: ca. 16 cm Dämmung aller Bauteile beheizt zu Luft	gebäudetechnische Massnahmen nur bei längerer Weiternutzung sinnvoll	gebäudetechnische Massnahmen nur bei längerer Weiternutzung sinnvoll
4 Kindergarten Breiteli 1976	367	Fernwärme	2.0	20%	-	400	485	sanierungsbedürftig	Gebäudehülle stark sanierungsbedürftig, geringe Kompaktheit ist ein grundsätzliches Problem	Totalsanierung Aussenhülle: Ersatz Fenster, Dämmung Fassaden, Dach, Decke über UG	wenn Sanierung, dann Ziel kant. Vorschriften: ca. 16 cm Dämmung aller Bauteile beheizt zu Luft	gebäudetechnische Massnahmen nur bei längerer Weiternutzung sinnvoll	gebäudetechnische Massnahmen nur bei längerer Weiternutzung sinnvoll
5a Schulhaus Bommern 1 & 2 1961	1'085	Erdgas Zentrale	1.5	24%	-	230	220	solide Substanz, geringfügig sanierungsbedürftig	Gebäudehülle sanierungsbedürftig, problematisch sind Sonderanfertigungen wie Schiebefenster	komplette Sanierung der Aussenhülle notwendig: Ersatz Fenster, Dämmung Fassaden, Dach	Ziel Minergie-Sanierung: ca. 18 cm Dämmung aller Bauteile beheizt zu Luft	Integration einer mechanischen Lüftung, Überprüfung Anforderungen Warmwasser	Beibehalt des Netzes, langfristige Umstellung von Erdgas auf regenerative Energieform
5b Schulhaus Bommern 3 1971	1'403	Fernwärme (aus Schulhaus 1)	1.2	20%	-	230	220	1999 Fassadensanierung und Aufstockung, baulich guter Zustand, einzelne Bauschäden in der Betonkonstruktion	Gebäudehülle sanierungsbedürftig, problematisch ist die hochwertig sanierte Fassade mit zu wenig Dämmung	Sanierung der Aussenhülle notwendig: Wegen Umbauten und Erweiterungen spezifisch zu prüfen	Ziel Minergie-Sanierung: ca. 16 cm Dämmung aller Bauteile beheizt zu Luft	Integration einer mechanischen Lüftung, Überprüfung Anforderungen Warmwasser	Beibehalt des Netzes, langfristige Umstellung von Erdgas auf regenerative Energieform
5c Schulhaus Bommern 4 1971	947	Fernwärme (aus Schulhaus 1)	1.4	20%	-	220	220	solide Substanz, teils sanierungsbedürftig	energetisch sanierungsbedürftig	komplette Sanierung der Aussenhülle notwendig: Ersatz Fenster, Dämmung Fassaden, Dach	Ziel Minergie-Sanierung: ca. 18 cm Dämmung aller Bauteile beheizt zu Luft	Integration einer mechanischen Lüftung, Überprüfung Anforderungen Warmwasser	Beibehalt des Netzes, langfristige Umstellung von Erdgas auf regenerative Energieform

¹ Primärenergie für Raumwärme, Warmwasser, Betrieb der Lüftungsanlage und Hilfsbetriebe

6a Kindergarten Pfaffhausen 1966	286	Erdgas Zentrale	1.8	20%	–	350	340	solide Substanz, sanierungsbedürftig	Gebäudehülle stark sanierungsbedürftig, geringe Kompaktheit ist ein grundsätzliches Problem	komplette Sanierung der Aussenhülle notwendig: Ersatz Fenster, Dämmung Fassaden, Dach	wenn Sanierung, dann Ziel kant. Vorschriften: ca. 16 cm Dämmung aller Bauteile beheizt zu Luft	gebäudetechnische Massnahmen nur bei längerer Weiternutzung sinnvoll	gebäudetechnische Massnahmen nur bei längerer Weiternutzung sinnvoll
6b Wohnhäuser Pfaffhausen 1966	vgl. 6a	vgl. 6a	vgl. 6a	vgl. 6a	–	350	340	vgl. 6a	vgl. 6a	vgl. 6a	vgl. 6a	vgl. 6a	vgl. 6a
7 Kindergarten Pfaffenstein 1973	364	Öl	1.6	18%	–	233		baulich sanierungsbedürftig	energetisch sanierungsbedürftig	komplette Sanierung der Aussenhülle notwendig: Ersatz Fenster, Dämmung Fassaden, Dach	wenn Sanierung, dann Ziel kant. Vorschriften: ca. 16 cm Dämmung aller Bauteile beheizt zu Luft	gebäudetechnische Massnahmen nur bei längerer Weiternutzung sinnvoll	gebäudetechnische Massnahmen nur bei längerer Weiternutzung sinnvoll
8a Schulhaus Buechwies 1974	3'309	Fernwärme (aus Schulhaus 4)	1.3	20%	–	224		gute Bausubstanz mit strukturell kritischen Stellen (Stahlbau, Gebäudehülle)	energetisch stark sanierungsbedürftig, Gebäudehülle zu schwach gedämmt, viele konstruktionsbedingte Wärmebrücken, Betrieb des Gebäudes könnte ein Hauptgrund des hohen Verbrauchs sein	komplette Sanierung der Aussenhülle notwendig: Ersatz Fenster, Dämmung Fassaden, Dach, Decken beheizt gegen unbeheizt, Überprüfung einer mineralischen Innendämmung sinnvoll	Ziel Minergie-Sanierung: ca. 16 cm Dämmung aller Bauteile beheizt zu Luft	Integration einer mechanischen Lüftung, Überprüfung Anforderungen Warmwasser, Überprüfung Betrieb des Gebäudes	Beibehalt des Netzes, langfristige Umstellung von Erdgas auf regenerative Energieform
8b Schulhaus Buechwies 4, Turnhalle 1 1974	1'394	Erdgas, Öl, Solar, Zentrale	1.3	26%	–	217		gute Bausubstanz mit strukturell kritischen Stellen (Stahlbau, Gebäudehülle)	energetisch stark sanierungsbedürftig, Gebäudehülle zu schwach gedämmt, viele konstruktionsbedingte Wärmebrücken, Betrieb des Gebäudes könnte ein Hauptgrund des hohen Verbrauchs sein	komplette Sanierung der Aussenhülle notwendig: Ersatz Fenster, Dämmung Fassaden, Dach, Decken beheizt gegen unbeheizt, Überprüfung einer mineralischen Innendämmung sinnvoll	Ziel Minergie-Sanierung: ca. 16 cm Dämmung aller Bauteile beheizt zu Luft	Integration einer mechanischen Lüftung, Überprüfung Anforderungen Warmwasser, Überprüfung Betrieb des Gebäudes	Beibehalt des Netzes, langfristige Umstellung von Erdgas auf regenerative Energieform
9 Buechwies, Turnhalle 2 1981	848	Fernwärme (aus Schulhaus 4)	1.3	26%	–	217		gute Bausubstanz	energetisch sanierungsbedürftig, Gebäudehülle zu schwach gedämmt, Betrieb des Gebäudes könnte ein Hauptgrund des hohen Verbrauchs sein	komplette Sanierung der Aussenhülle notwendig: Ersatz Fenster, Dämmung Fassaden, Dach, Decken beheizt gegen unbeheizt, Überprüfung einer mineralischen Innendämmung sinnvoll	Ziel Minergie-Sanierung: ca. 16 cm Dämmung aller Bauteile beheizt zu Luft	Integration einer mechanischen Lüftung, Überprüfung Anforderungen Warmwasser, Überprüfung Betrieb des Gebäudes	Beibehalt des Netzes, langfristige Umstellung von Erdgas auf regenerative Energieform
10 Buechwies, Kleinschulhaus 1979	643	Fernwärme (aus Schulhaus 4)	1.3	22%	–	180		baulich sanierungsbedürftig	energetisch stark sanierungsbedürftig	komplette Sanierung der Aussenhülle notwendig: Ersatz Fenster, Dämmung Fassaden, Dach	wenn Sanierung, dann Ziel Minergie Sanierung: ca. 18 cm Dämmung aller Bauteile beheizt zu Luft	gebäudetechnische Massnahmen nur bei längerer Weiternutzung sinnvoll	gebäudetechnische Massnahmen nur bei längerer Weiternutzung sinnvoll
11 Buechwies, Kindergarten 1972	260	Fernwärme (aus Schulhaus 4)	2.0	20%	–	224		baulich mässiger Zustand (wie nicht anders zu erwarten für ein 30-jähriges Provisorium)	Gebäudehülle stark sanierungsbedürftig, geringe Kompaktheit ist ein grundsätzliches Problem	komplette Sanierung der Aussenhülle notwendig: Ersatz Fenster, Dämmung Fassaden, Dach	wenn Sanierung, dann Ziel kant. Vorschriften: ca. 16 cm Dämmung aller Bauteile beheizt zu Luft	gebäudetechnische Massnahmen nur bei längerer Weiternutzung sinnvoll	gebäudetechnische Massnahmen nur bei längerer Weiternutzung sinnvoll
12 Buechwies, Schulpavillon 1977	1'041	Fernwärme (aus Schulhaus 4)	2.0	24%	–	224		baulich sanierungsbedürftig	Gebäudehülle stark sanierungsbedürftig, geringe Kompaktheit ist ein grundsätzliches Problem	komplette Sanierung der Aussenhülle notwendig: Ersatz Fenster, Dämmung Fassaden, Dach	wenn Sanierung, dann Ziel kant. Vorschriften: ca. 16 cm Dämmung aller Bauteile beheizt zu Luft	gebäudetechnische Massnahmen nur bei längerer Weiternutzung sinnvoll	gebäudetechnische Massnahmen nur bei längerer Weiternutzung sinnvoll
13 Wohnhaus Maurstrasse 1886	398	Erdgas			–	140							

Grundlagen und grundlegende Bewertung der energetischen Performance Liegenschaften Schulgemeinde Fällanden

1.2 Ziele einer energetischen Sanierung

In der Folge werden für die Überbauungen Ziele energetischer Sanierungen formuliert, die sich lediglich nach dem Aspekt der energetischen Optimierung richten. Im Gesamtkontext wird der energetische Aspekt mit Anforderungen der Nutzung und der Kosten abgeglichen.

1.2.1 Fällanden

1.2.1.1 Schulhäuser Lätten

Gebäudehülle

aktueller Standard: Minergie (2003 saniert und zertifiziert)

Zukunftsfähigkeit (Erfüllung organisatorische Zielsetzungen und Raumstandards): grün

Zukünftig möglicher Standard: Minergie / Minergie-A, langfristig Minergie-P-Eco für Neubau.

Vorgehen: Teile der Wärmedämmverbundsysteme zeigen massive Bauschäden, eine Behebung ist kurzfristig notwendig. Ein höherer Standard muss deshalb nicht vorgesehen werden.

Energieversorgung

energetische Sanierung (kurz- bis mittelfristige Massnahme)

Erdgaszentrale in Haus A sollte weitergeführt werden, um eine Grundversorgung zu gewährleisten. Zusätzlich ist der Einsatz von Solarkollektoren zur Deckung des Wärmebedarfs Warmwasser anzustreben.

Gesamtsanierung (mittel- bis langfristige Massnahme):

Die Grundwärme wird durch die Nutzung von Erdwärme gesichert. Wärmepumpen gewährleisten die Aufbereitung zum nutzbaren Temperaturniveau (hochtemperatürlich). Zusätzlich werden Photovoltaik-Module zur Deckung des Stroms Gebäudetechnik eingesetzt (Minergie-A).

Gebäudetechnik

In allen drei Gebäuden ist eine Lüftungsanlage vorhanden (abgesehen von der oberen Turnhalle in Haus C). Im Haus A ist die Zentrale des Nahwärmenetzes für alle Schulhausbauten betrieben mit Gas.

energetische Sanierung (kurz- bis mittelfristige Massnahme)

Solarkollektoren werden in das bestehende System integriert.

Gesamtsanierung (mittel- bis langfristige Massnahme)

Die bestehende Gasheizung wird durch Wärmepumpen ersetzt, diese werden mit Erdwärme über Erdsonden gespeist. Die Warmwasserversorgung kann an das hochtemperatürige Netz angehängt werden. Die bestehende Wärmeabgabe über Radiatoren bleibt unverändert.

1.2.1.2 Kindergarten Fröschbach

Gebäudehülle

aktueller Standard: unsaniert, erfüllt keine Standards

Zukunftsfähigkeit (Erfüllung organisatorische Zielsetzungen und Raumstandards): grün

Zukünftig möglicher Standard (im Fall einer Erneuerung): kantonale Vorschriften (mittelfristig), langfristig Minergie-P-Eco für Neubau.

Vorgehen: bei der Entscheidung der Weiternutzung der bestehenden Strukturen werden die Gebäudehüllen inkl. Fenster durch ein einfaches, hochwertiger gedämmtes Fassadensystem ersetzt. Bei der Entscheidung für eine Auslagerung der Nutzung bzw. für einen Ersatzneubau sind höchste Standards anzustreben.

Energieversorgung

energetische Sanierung (kurz- bis mittelfristige Massnahme)

übliche Instandhaltungen des Nahwärmenetzanschlusses. Solarkollektoren werden in das bestehende System integriert.

Gesamtsanierung (mittel- bis langfristig)

Instandsetzung / Erneuerung des Nahwärmenetzes. Zusätzlich werden Photovoltaik-Module zur Deckung des Stroms Gebäudetechnik eingesetzt (Minergie-A).

Gebäudetechnik**energetische Sanierung (kurz- bis mittelfristige Massnahme)**

Solarkollektoren werden in das bestehende System integriert. In Nasszellen werden einfache Abluftanlagen installiert. Über diese wird eine Verbundlüftungsanlage eingerichtet.

Gesamtsanierung (mittel- bis langfristig)

evtl. dezentrale Frischwasserstationen zur Aufbereitung des Warmwassers. Die bestehende Wärmeabgabe über Radiatoren bleibt unverändert.

1.2.1.3 Kindergarten Wygarten, Kindergarten BreiteliGebäudehülle

aktueller Standard: unsaniert, erfüllen keine Standards

Zukunftsfähigkeit (Erfüllung organisatorische Zielsetzungen und Raumstandards): gelb bis rot,

Zukünftiger Standard (im Fall einer Erneuerung): kantonale Vorschriften (mittelfristig), langfristig Minergie-P-Eco für Neubau.

Vorgehen: bei dem Entscheid der Weiternutzung der bestehenden Strukturen werden die Gebäudehüllen inkl. Fenster durch ein einfaches, hochwertiger gedämmtes Fassadensystem ersetzt. Bei dem Entscheid für eine Auslagerung der Nutzung bzw. für einen Ersatzneubau sind höchste Standards anzustreben.

Energieversorgung

Die Energieversorgung geschieht über ein hochtemperatures Nahwärmenetz mit Zentrale im angrenzenden Quartier.

energetische Sanierung (kurz- bis mittelfristige Massnahme)

übliche Instandhaltungen des Nahwärmenetzanschlusses. Solarkollektoren werden in das bestehende System integriert. Die zukünftige Ausrichtung des Nahwärmenetzes ist zu beobachten, evtl. empfiehlt sich eine Abkopplung.

Gesamtsanierung (mittel- bis langfristig)

Instandsetzung / Erneuerung des Nahwärmenetzes. Die zukünftige Ausrichtung des Nahwärmenetzes ist zu beobachten, eine Abkopplung empfiehlt sich dann, wenn das Nahwärmenetz langfristig mit fossilen Energieträgern betrieben werden soll. Zusätzlich werden Photovoltaik-Module zur Deckung des Stroms Gebäudetechnik eingesetzt (Minergie-A).

Gebäudetechnik**energetische Sanierung (kurz- bis mittelfristige Massnahme)**

Solarkollektoren werden in das bestehende System integriert. In Nasszellen werden einfache Abluftanlagen installiert. Über diese wird eine Verbundlüftungsanlage eingerichtet.

Gesamtsanierung (mittel- bis langfristig)

evtl. dezentrale Frischwasserstationen zur Aufbereitung des Warmwassers. Die bestehende Wärmeabgabe über Radiatoren bleibt unverändert.

1.2.1.4 Wohnhaus Maurstrasse 25

unklar

1.2.2 Pfaffhausen**1.2.2.1 Schulhäuser Bommern 1+2 (inkl. Schulhaus 4 Turnhalle)**Gebäudehülle

aktueller Standard: unsaniert, erfüllen keine Standards

Zukunftsfähigkeit Erfüllung organisatorische Zielsetzungen grün und Raumstandards) rot

Zukünftiger Standard: Minergie / Minergie-A

Vorgehen: bei dem Entscheid der Weiternutzung der bestehenden Strukturen werden die Gebäudehüllen inkl. Fenster durch ein einfaches, hochwertiger gedämmtes Fassadensystem ersetzt.

Energieversorgung**energetische Sanierung (kurz- bis mittelfristige Massnahme)**

Erdgaszentrale in Haus 1 sollte auch mittelfristig nicht aufgegeben werden, um eine Grundversorgung zu gewährleisten. Zusätzlich ist der Einsatz von Solarkollektoren sinnvoll.

Gesamtsanierung (mittel- bis langfristig)

Die Grundwärme wird durch die Nutzung von Erdwärme gesichert. Wärmepumpen gewährleisten die Aufbereitung zum nutzbaren Temperaturniveau (hochtemperaturig). Zusätzlich werden Photovoltaik-Module zur Deckung des Stroms Gebäudetechnik eingesetzt (Minergie-A).

Gebäudetechnik

In beiden Gebäuden sind keine Lüftungsanlagen vorhanden. Im Haus 1 ist die Zentrale des Nahwärmenetzes für alle Schulhausbauten betrieben mit Gas.

energetische Sanierung (kurz- bis mittelfristige Massnahme)

Solarkollektoren werden in das bestehende System integriert.

Gesamtsanierung (mittel- bis langfristig)

Die bestehende Gasheizung wird durch Wärmepumpen ersetzt, diese werden mit Erdwärme über Erdsonden gespeist. Die Warmwasserversorgung kann an das hochtemperaturige Netz angehängt werden. Die bestehende Wärmeabgabe über Radiatoren bleibt unverändert.

Strategie C Ersatzneubau (langfristige Massnahme): noch zu definieren.

1.2.2.2 Schulhaus Bommern 3

Gebäudehülle

aktueller Standard: unsaniert, erfüllen keine Standards

Zukunftsfähigkeit Erfüllung organisatorische Zielsetzungen grün und Raumstandards) rot

Zukünftiger Standard: Minergie / Minergie-A

Vorgehen: bei dem Entscheid der Weiternutzung der bestehenden Strukturen für mindestens 15 – 20 Jahre (Strategie A) werden die Gebäudehüllen inkl. Fenster durch ein einfaches, hochwertiger gedämmtes Fassadensystem ersetzt.

Energieversorgung

energetische Sanierung (kurz- bis mittelfristige Massnahme)

übliche Instandhaltungen des Nahwärmenetzanschlusses. Solarkollektoren werden in das bestehende System integriert.

Gesamtsanierung (mittel- bis langfristig)

Die Grundwärme wird durch die Nutzung von Erdwärme gesichert. Wärmepumpen gewährleisten die Aufbereitung zum nutzbaren Temperaturniveau (hochtemperaturig). Zusätzlich werden Photovoltaik-Module zur Deckung des Stroms Gebäudetechnik eingesetzt (Minergie-A).

Gebäudetechnik

Eine Lüftungsanlage ist nicht vorhanden. Das Gebäude ist über ein Nahwärmenetz an das Schulhaus 1 angeschlossen.

energetische Sanierung (kurz- bis mittelfristige Massnahme)

Solarkollektoren werden in das bestehende System integriert.

Gesamtsanierung (mittel- bis langfristig)

Instandsetzung / Erneuerung des Nahwärmenetzes. Zusätzlich werden Photovoltaik-Module zur Deckung des Stroms Gebäudetechnik eingesetzt (Minergie-A). Die bestehende Wärmeabgabe über Radiatoren bleibt unverändert.

Strategie C Ersatzneubau (langfristige Massnahme)
noch zu definieren.

1.2.2.3 Kindergarten und EFH Pfaffhausen

1.2.2.4 Kindergarten Pfaffenstein

unklar

1.2.3 Benglen

1.2.3.1 Schulhäuser Buechwies 1 – 4

Gebäudehülle

aktueller Standard: unsaniert, erfüllen keine Standards

Zukunftsfähigkeit Erfüllung organisatorische Zielsetzungen grün und Raumstandards) rot

Zukünftiger Standard: Minergie / Minergie-A

Vorgehen: bei der Entscheidung der Weiternutzung der bestehenden Strukturen für mindestens 15 – 20 Jahre (Strategie A) werden die Gebäudehüllen inkl. Fenster durch ein einfaches, hochwertiger gedämmtes Fassadensystem ersetzt.

Energieversorgung

energetische Sanierung (kurz- bis mittelfristige Massnahme)

Erdgaszentrale in Haus 4 sollte auch mittelfristig nicht aufgegeben werden, um eine Grundversorgung zu gewährleisten. Insbesondere das Schwimmbad ist von dieser Grundversorgung abhängig. Zusätzlich ist der Einsatz von Solarkollektoren sinnvoll. Instandhaltung des Nahwärmenetzes.

Gesamtsanierung (mittel- bis langfristig)

Die Grundwärme wird durch die Nutzung von Erdwärme gesichert. Wärmepumpen gewährleisten die Aufbereitung zum nutzbaren Temperaturniveau (hochtemperaturig). Die Gasheizung dient als Backup für Spitzen (insbesondere des Schwimmbades). Die bestehende Ölheizung als bestehender Backup wird rückgebaut. Zusätzlich werden Photovoltaik-Module zur Deckung des Stroms Gebäudetechnik eingesetzt (Minergie-A).

Gebäudetechnik

In allen Gebäuden sind keine Lüftungsanlagen vorhanden (ausser Abluftanlagen in Duschen und WCs). Im Haus 4 ist die Zentrale des Nahwärmenetzes für alle Schulhausbauten betrieben mit Gas.

energetische Sanierung (kurz- bis mittelfristige Massnahme)

Solarkollektoren werden in das bestehende System integriert.

Gesamtsanierung (mittel- bis langfristig)

Die bestehende Gasheizung wird durch Wärmepumpen ergänzt, diese werden mit Erdwärme über Erdsonden gespeist. Die Warmwasserversorgung kann an das hochtemperaturige Netz angehängt werden. Die bestehende Wärmeabgabe über Radiatoren bleibt unverändert.

Strategie C Ersatzneubau (langfristige Massnahme)

noch zu definieren.

1.2.3.2 Buechwies Schulpavillon

unklar

1.2.3.3 Buechwies Kleinschulhaus

vgl. Kindergarten Breiteli, Wygarten

1.2.3.4 Buechwies Kindergarten

vgl. Kindergarten Fröschbach

1.3 Energetische Standards und Zielwerte

	Anforderungen an die Gebäudehülle ²	Primärenergiekennzahl Betrieb in kWh/m ² a	Graue Energien in kWh/m ² a	Anteil erneuerbarer Energien	Gesamtprimärenergiebilanz
kantonale Vorschriften	100 %	–	–	≥ 20 %	–
Minergie Sanierung	100 %	60	–	≥ 20 %	–
Minergie Neubau	90 %	40	–	≥ 20 %, abhängig von Primärenergiekennzahl	nein
Minergie-P	60 %	25	–	≥ 20 %, abhängig von Primärenergiekennzahl ³	nein
Minergie-A	90 %	0	50	≥ 20 %, abhängig von Primärenergiekennzahl	nein
Minergie-Eco ⁴	./.	./.	25 – 36	– ⁵	./.
Effizienzpfad Energie ⁶	–	30 ⁷	30	ja	ja

Fig. 2: Grenz- und Zielwerte in der Schweiz gültiger Standards und Zertifizierungen für Schulbauten

Grundlage aller energetischen Anforderungen an Gebäude sind die kantonalen Vorschriften. Diese sind bei Erneuerung und Neubau verpflichtend einzuhalten. Dabei besteht grundsätzlich die Wahl zwischen Einzelbauteilnachweis und Systemnachweis. Alle anderen hier erwähnten Standards sind freiwillig (ausser wenn gemeindepolitisch anders entschieden) und verlaufen über den Systemnachweis.

Die in der Schweiz am weitesten verbreiteten energetischen Standards sind die der Gebäudelabel aus dem Hause MINERGIE®. Diese haben das Bewusstsein energetisch effizienten Bauens massgeblich verändert, werden aber heute durch andere Standards überboten (z.B. Effizienzpfad Energie). Die Tabelle oben soll helfen, energetische Ziele zu vergleichen.

Die *Anforderungen an die Gebäudehülle* zielen auf eine adäquate Dämmung der Gebäudehülle. Die Festschreibung der Anforderung an die Gebäudehülle ist bei anergischer Energieversorgung nicht mehr zielführend, da der Dämmstandard z.B. bei Minergie-P so hoch ist, dass teilweise mehr als 30 cm Dämmung in der Fassade verbaut werden müssen, obwohl bekannt ist, dass die Effizienz ab einem Mass von ca. 24 cm Dämmung abnimmt und Dämmungen über 30 cm nur kostenintensiv und kaum fehlerfrei zu montieren sind. Deshalb sind Ziele sinnvoll, die die Anforderung an die Gebäudehülle relativieren (z.B. Minergie A, Effizienzpfad Energie).

Die *Primärenergiekennzahl Betrieb* wird von allen energetischen Standards vorgeschrieben. Bei anergischen Systemen (z.B. Nutzung von Abwärme oder Grundwasserwärme) sollten die strengen Ziele von Minergie-P unbedingt angestrebt werden. Ein Mehr an Effizienz in der Gebäudetechnik reduziert den Primärenergiebedarf genauso wie die Reduzierung des Heizwärmebedarfs durch Dämmen.

² in Bezug auf Grenzwert formuliert in SIA 380/1 (2009)

³ Die Gewichtung der Energieträger in der Berechnung der Primärenergiekennzahl schliesst eine rein fossile Versorgung eines Gebäudes bei Anwendung des Minergie-P-Standards aus.

⁴ Der Zusatz –Eco ist kein energetisches Label, gleichwohl wird seit 2011 eine Bilanzierung der Grauen Energien verlangt.

⁵ Theoretisch ist der Einsatz von fossilen Energieträgern denkbar, in der Praxis der Berechnungsmethode jedoch kaum zielführend.

⁶ SIA-Merkblatt 2040 (2010) Effizienzpfad Energie

⁷ Die Kennzahl ist im Effizienzpfad Energie nicht explizit definiert, liegt aber der Kennzahl des Betriebes und Nutzung zugrunde.

Eine Berücksichtigung der *Grauen Energien* setzt sich bei allen Standards und Zertifizierungen zunehmend durch. Eine Berücksichtigung ist dringend erforderlich, da bei energetisch effizienten Gebäuden der Anteil der Grauen Energien etwa $\frac{2}{3}$ des Energiebedarfs für Betrieb und Nutzung über 60 Jahre ausmacht. Insbesondere bei Neubauten sind höchste Standards (z.B. SIA 2040 Effizienzpfad Energie) anzustreben.

Der Anteil erneuerbarer Energie in der Energieversorgung wird grundsätzlich von den Wärmedämmvorschriften der Kantone⁸ vorgegeben. Teilweise reicht der vorgegebene Anteil von mind. 20 % nicht aus. Bei Minergie-P entscheidet die Kompaktheit des Gebäudes über den Anteil. Eine Fortführung einer reinen Gasversorgung ist in Zukunft als gar nicht mehr möglich.

Als Königsweg kann heute die Gesamtprimärenergiebilanz gemäss SIA 2040 Effizienzpfad Energie betrachtet werden. Hier werden alle Primärenergieverbräuche, die durch ein Gebäude ausgelöst werden dargestellt (Erstellung, Betrieb und Nutzung, Mobilität).

Kantonale Vorschriften

Die kantonalen Vorschriften drücken sich derzeit im Dokument «Wärmedämmvorschriften, Ausgabe 2009» der Baudirektion Kanton Zürich aus. Hier sind die Systemanforderungen und Mindest-Einzelbauteilanforderungen beschrieben. Gleichzeitig ist in dem Dokument der Höchstanteil nicht erneuerbarer Energieträger zur Energieversorgung definiert. Die kantonalen Vorschriften sind grundsätzlich einzuhalten. Alle weiteren Standards basieren darauf und übertreffen die Anforderungen grundsätzlich.

Minergie Sanierung (Bauten vor 2000)

Der Standard Minergie Sanierungen gilt für Bauten vor 2000, die einer energetischen Gesamt- oder Bauteilsanierung unterzogen werden. Dieser Standard ist als strategisches Ziel wenig zielführend, da schon heute die Stadt Zürich auch bei Sanierungen den Minergie-Neubau-Standard anstrebt.

Minergie Neubau

Minergie Neubauten berücksichtigt die Optimierung der Gebäudehülle und der Gebäudetechnik. Es hat die heute geringsten Anforderungen der energetischen Standards für Neubauten. Heute sollte für Gesamtsanierungen von Mehrfamilienhäusern das Ziel Minergie Neubau anvisiert werden. Für die Gesamtsanierungen der BGO ist dieser Standard als Minimum anzustreben. Für Ersatzneubauten ist Minergie zu wenig.

Minergie-P

Minergie-P (Pionier) ist vor ca. 10 Jahren als anspruchsvolles Label eingeführt worden. Für eine Zertifizierung muss die Gebäudetechnik stark optimiert und zumindest zum Teil mit regenerativen Energieformen betrieben werden. Gleichzeitig wird ein hoher Dämmstandard der Gebäudehülle verlangt. Die vermehrte Nutzung von anenergetischen Energieformen und Wärmepumpen hat dazu geführt, dass der verlangte Dämmstandard (Anforderungen an die Gebäudehülle), der teils über 30 cm Dämmung verlangt, nicht mehr notwendig ist, um die Primärenergiekennzahl von 30 kWh/m²a zu erreichen. Ein Verzicht auf die Zertifizierung und die Beschränkung auf die Erfüllung des energetischen Standards der Primärenergiekennzahl als strategischer Entscheid ermöglicht bei einer anenergetischen Energieversorgung eine deutliche Reduktion des Dämmstandards. Die geforderte Primärenergiekennzahl von 30 kWh/m²a (entspricht dem 3 Liter-Haus im Betrieb) kann als zukunftstauglich betrachtet werden und sollte bei Neubauten von Mehrfamilienhäusern eingehalten werden.

Minergie-A

Das 2011 lancierte Zertifikat Minergie-A nimmt die an Minergie-P geäusserte Kritik des zu hohen Dämmaufwandes bei regenerativer Energieversorgung auf und reduziert die Anforderungen an die Gebäudehülle auf das Niveau von Minergie (90 %). Dafür macht sich Minergie-A die Idee des Passivhauses zu eigen, wobei alle erforderliche Energie für den Betrieb regenerativ sein muss und innerhalb der Sys-

⁸ Wärmedämmvorschriften, Baudirektion Kanton Zürich, Ausgabe 2009

temgrenze Gebäude selbst produziert werden soll. Für anenergetisch betriebene Mehrfamilienhäuser ist Minergie-A noch nicht sinnvoll anwendbar, da die Dachflächen im Verhältnis zur Energiebezugsfläche eher klein ist und zu wenig Platz für die Installation von Photovoltaik bietet. Diese würde für den Strombedarf der Wärmepumpen benötigt. Die Folge ist, dass der Wärmebedarf durch Dämmen soweit reduziert werden muss, damit selbst die Dachfläche für Photovoltaik ausreicht. Insofern bestraft Minergie-A die dringend wünschenswerte Kompaktheit von Gebäuden. Eine Zertifizierung Minergie-A von Mehrfamilienhäusern ist derzeit als nicht sinnvoll zu betrachten.

SIA 2040 Effizienzpfad Energie

Der neue Effizienzpfad Energie ist der einzige Massstab, der sich auf den Primärenergiebedarf und CO₂-Emissionen von Gebäuden fokussiert und dabei alle von einem Gebäude ausgelösten Energieaufwände (Erstellung, Betrieb inkl. Nutzung und Mobilität) berücksichtigt. Die Zielwerte sind auf die Anforderungen 2000 Watt ausgelegt. Deshalb ist der Effizienzpfad Energie der aktuell sinnvollste Standard auf dem Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft. Bei entsprechender Planung sind die Zielwerte für die Liegenschaften der BGO in Zukunft einzuhalten.

Energetische Ziele Erstellung – Graue Energie

Der Primärenergiebedarf für die Erstellung stellt alle Primärenergieverbräuche für die Erstellung, Instandsetzung und Rückbau eines Gebäudes über einen definierten Betrachtungszeitraum dar. Die Grauen Energien sind davon der nicht regenerative Anteil. Das SIA-Merkblatt 2040 (2011) Effizienzpfad Energie liefert hierfür einen Zielwert:

SIA 2040 Graue Energie Neubau in kWh/m ² a	30
SIA 2040 Graue Energie Sanierung in kWh/m ² a	17

Dieser Wert bildet das Äquivalent zu den 30 kWh/m²a des Zielwertes Minergie-P für den Betrieb und gleichzeitig beinhalten 3 Liter Erdöl 30 kWh an Energie. Der Zielwert 30 kWh/m²a stellt also das 3-Liter-Haus dar. In der Praxis erweist sich dieser Wert aber als sehr streng, sodass die 2011 überarbeiteten, bzw. neu lancierten Label Minergie-Eco und Minergie-A weniger streng ausfallen:

Graue Energien Minergie-A Neubau Erstellung in kWh/m ² a	50
Graue Energien Minergie (-P, -A) Eco Neubau Erstellung in kWh/m ² a	36 ⁹

Empfehlung energetische Standards und Zielwerte

Für die heutigen Schulbauten Lätten, Bommern und Buechwies soll der Standard Minergie Neubauten angestrebt werden. Wegen der verhältnismässig guten Kompaktheit der Bauten ist das möglich. Als energetischer Zielwert gilt die Primärenergiekennzahl von 40 kWh/m²a.

Sollten die Kleingebäude aller Schulanlagen (Kindergärten, Kindertagesstätten, Kleinschulhaus) gegebenenfalls saniert werden, so ist der Standard gemäss kantonaler Vorschriften anzustreben. Dabei ist der Einzelbauteil massgeblich.

Für alle Neubauten ist der Standard Minergie-P-Eco anzustreben. Als energetischer Zielwert gilt die Primärenergiekennzahl von 25 kWh/m²a. Über den Standard -Eco ist die Graue Energie definiert. Andere Eco-spezifische Anforderungen wie gute Raumluft und gutes Tageslicht sind für Schulbauten selbstverständlich.

Mit diesen Standards ist die 2000-Watt-Tauglichkeit ab dem Zeitpunkt eines umfassenden Ersatzes aller heutigen Gebäude gewährleistet.

⁹ Minergie Eco 2011 nennt einen unteren Zielwert von 90 kWh/m²a und einen oberen Zielwert von 130 MJ/m²a, das sind umgerechnet 25 bzw. 36 kWh/m²a. Diesen Werten können zusätzlich Boni für Kollektoren, Erdsonden und Photovoltaikanlagen zugeschlagen werden.

2 Möglichkeiten der Energieversorgung

Hochtemperatur	Niedertemperatur	
Öl Gas		fossil
Holz Pellets	Abwärme Grundwasserwärme Erdwärme	erneuerbar

Fig. 3: Grobzuordnung der energetischen Versorgungsvarianten

Als zukünftige Energieversorgung sollte eine regenerative Lösung auf Niedertemperatur angestrebt werden. Eine Hochtemperaturvariante könnte eine sinnvolle Option bieten, wenn die Verteilung in den Räumen auch in Zukunft über Radiatoren laufen soll. Doch auch bei der Verteilung über Radiatoren bieten sich schon heute Alternativen von niedertemperaturiger Verteilung.¹⁰ Die folgende Matrix zeigt denkbare Systeme der Versorgung. Nicht erwähnt sind Varianten der Versorgung mit solarer Energie (Kollektoren und Photovoltaik), da diese nicht als Hauptversorgung eingesetzt werden. Dennoch sollen diese bei allen Varianten einen wesentlichen Beitrag zur Grundversorgung leisten. Der folgende Variantenvergleich der Grundversorgung zeigt die Investitions- und Energiekosten, die Umweltverträglichkeit sowie die das Potential zur Nutzung solarer Energien als Zusatz.

	Öl	Erdgas	Holzschnitzel / Pellets	Abwärme	Erdwärme	Grundwasserwärme
Investitionskosten	mittel	mittel	mittel	HOCH	HOCH	HOCH
Energiekosten	HOCH	HOCH	HOCH	tief	tief	tief
Anteil nicht erneuerbarer Primärenergie	HOCH	HOCH	tief	tief	tief	tief
CO ₂ -Emissionen	HOCH	HOCH	tief	tief	tief	tief
Konflikt mit bestehender Wärmeabgabe	tief	tief	tief	mittel	mittel	mittel
Konflikt mit Solarkollektoren	tief	tief	tief	mittel	mittel	mittel
Konflikt mit Photovoltaik	mittel	mittel	mittel	tief	tief	tief

Fig. 4: Variantenvergleich der Grundversorgungen (hoch ist negativ, tief ist positiv zu betrachten)

2.1 Hochtemperaturvarianten

Hochtemperaturige Systeme versorgen Liegenschaften mit hoher Vorlauftemperatur, die sich über die Abgabe von Radiatoren eignet. Üblicherweise sind die Vorlauftemperaturen von mind. 60°C. In Anders als bei Neubauten ist die Umsetzung niedertemperaturiger Varianten in der Gebäudeerneuerung schwierig, deshalb erweisen sich Hochtemperaturvarianten in der Sanierung häufig als unumgänglich. Doch das mag sich ändern, denn es gibt mittlerweile sowohl effiziente Wärmepumpen,

¹⁰ Vgl. Anschluss des gesamten, teils unsanierten Gebäudeportfolios der Familienheim-Genossenschaft Zürich an ein Anergienetz

die Hochtemperatur erzeugen als auch Systeme, bei denen niedrige Temperaturen von ca. 45°C Vorlauftemperatur über Radiatoren verteilt werden können. Grundsätzlich ist zu beachten, dass Warmwasser Vorlauftemperaturen von mind. 60°C benötigt – also Hochtemperatur. Dafür bieten sich heute Frischwassersysteme an. In Schulbauten ist zudem zu beachten, dass die Nutzungsanforderungen an und Belegungsdichten von Räumen sehr schnell wechseln. Dafür erweisen sich niedertemperaturige Fussbodenheizungen leicht als zu träge. Das gilt auch für die Verteilung von Niedertemperatur (ca. 45°C) über Radiatoren, da diese eine zu kleine Abstrahlungsfläche haben.

Öl

Öl erweist sich immer mehr als unangemessene Variante der Energieversorgung. Die Energiekosten sind hoch, je nach Verteilung sind die Wärmeverluste wegen des hohen Temperaturgradienten hoch. Trotz unterschiedlicher Szenarien kann davon ausgegangen werden, dass der Öl-Preis zukünftig weiter steigen wird. Es ist mit einer dauerhaften Preissteigerung von 8% jährlich zu rechnen. Dazu kommen Vorschriften und Regularien der Kantone und Gemeinden, die den Einsatz weiter erschweren werden.

Der Grad der Erneuerbarkeit ist gleich null, die CO₂-Emissionen sind sehr hoch. Aus diesem Grund wird von einer Versorgung mit Öl abgeraten.

Gas

Gas ist eine Variante der fossilen Energieversorgung, die heute häufig als «nachhaltige» Variante gepriesen wird. Das stimmt jedoch nur im Vergleich zum anderen fossilen Energieträger Öl. Die Investitionskosten sind vergleichsweise niedrig, bezüglich Energiekosten, Erneuerbarkeit und CO₂-Emissionen verhält sich Gas aber ähnlich wie Öl. Die Versorgungssicherheit mag höher sein als bei Öl, unter anderem, weil mittlerweile auch Biogas aus Kompostabfällen etc. gewonnen wird. Das ist allerdings deutlich teurer als Erdgas.

Aus diesen Gründen sollte bei einer so weit voraus schauenden Perspektive das Ziel verfolgt werden, auch unabhängig von Erdgas zu werden.

Holzsplitzel / Pellets

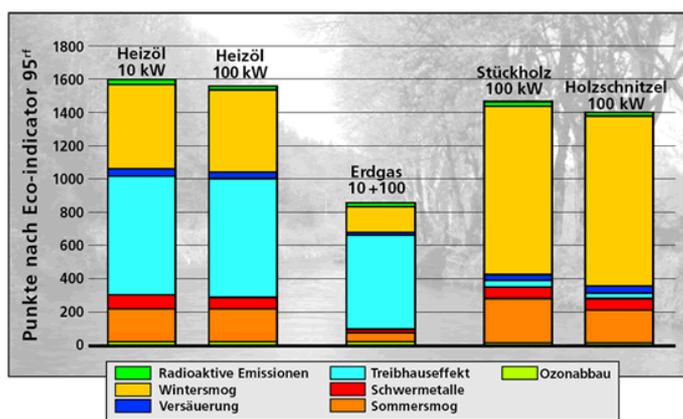


Fig. 5: Emissionsbilanz der hochtemperaturigen Energieträger (Quelle: <http://www.ibkloten.ch/de/erdgas/erdgas.htm>)

Holzsplitzel und Pellets haben verhältnismässig gute CO₂-Bilanzen.. Der regenerative Charakter der Versorgung mit Pellets / Holzsplitzeln ist sehr wertvoll. Die Unabhängigkeit von einem regionalen Netz bzw. von rechtlichen Vorschriften (wie bei der Nutzung von Erwärme) führt dazu, dass Pellets häufig die einzige erneuerbare Alternative sind. Die Emissionsbilanz von Feinstaub (Smogbil-

dung!) nach dem Eco-Indicator 95 ist aber sehr hoch. Deshalb sollten Pellets / Holzschnitzel nicht eingesetzt werden, wenn sich eine anenergetische Alternative wie Erdwärme bietet.

2.2 Niedertemperaturvarianten

Niedertemperaturvarianten sind in der Regel erneuerbare, anenergetische Varianten, die eine geringere Energiedichte haben, als hochtemperaturige Varianten. Mittels strombetriebene Wärmepumpen wird ein niedriges Temperaturniveau auf ein höheres gehoben. Das niedrige Temperaturniveau ist beim Beispiel Erdwärme konstant ca. 15°C in Tiefen von ca. 200 Metern. Die Wärmepumpen heben dieses Niveau auf mind. 30°C. Ihr Einsatz ist insofern nachhaltiger, da sie regenerativ sind, also bei der Nutzung keine Ressourcen vernichten. Alternativ bietet sich die Wärme aus Aussenluft, See- oder Grundwasser an. Für die Anhebung des Temperaturniveaus benötigen Wärmepumpen Strom, der im Idealfall regenerativ erzeugt ist (autark mit Photovoltaik-Anlagen oder über das Netz mit einem regenerativen Versorgungsmix). Der Nutzungsgrad (Jahresarbeitszahl JAZ) der Wärmepumpen verschlechtert sich, desto höher die Temperatur angehoben werden muss. Doch technische Innovationen haben den Nutzungsgrad in den letzten Jahren immer weiter verbessert. Man kann davon ausgehen, dass sich das fortsetzt.

Wichtig für die Nutzung anenergetischer Wärme sind Gebäude mit einem guten Dämmstandard (z.B. Minergie), da so der Heizwärmebedarf reduziert wird.

In Frage kommt die Versorgung mit Erdwärme, mit Grundwasserwärme und gegebenenfalls mit Abwärme. Nicht in Frage kommt auf dem derzeitigen Stand der Technik der Einsatz von Luft-Wasser-Wärmepumpen, da diese für grössere Liegenschaften nicht leistungsfähig genug sind und durch die Nutzung von Aussenluft starke Ventilationsgeräusche erzeugen.

Erdwärme

Die Nutzung von Erdwärme ist auf allen Liegenschaften der Schulgemeinde Fällanden möglich. Auf den Arealen der Liegenschaften werden zentral oder dezentral Erdsonden eingerichtet, welche die Gebäude der Areale mit Erdwärme versorgen. Zentral oder dezentral wird mit einer Wärmepumpe das Temperaturniveau auf Heizwärme gebracht. In den Unterstationen der einzelnen Gebäude erhöhen weitere Wärmepumpen das Temperaturniveau für Warmwasser.

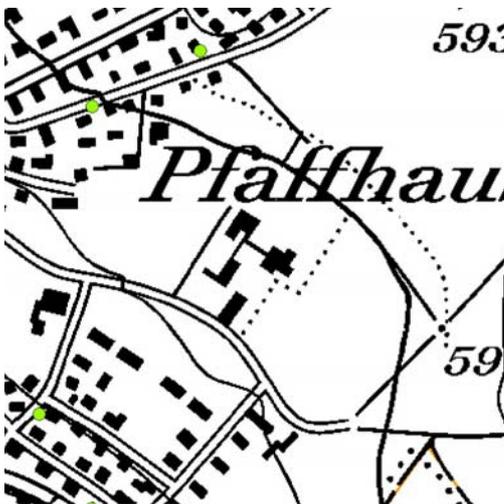
Die Nutzung von Erdwärme bedeutet hohe Investitionskosten für die Einrichtung der Erdsonden, während gleichzeitig für die Erzeugung des richtigen Temperaturniveaus Investitionen für Wärmepumpen anfallen, die mit den Kosten für Öl- oder Gaskesseln vergleichbar sind. Dafür sind die Energiekosten gleich null, was sich langfristig auszahlt.

Grundwasserwärme

Auf den Arealen wird die Wärme aus Grundwasserwärme genutzt. Dafür werden Brunnen angelegt, die bis ins Grundwasser reichen. Die Ausprägung der Brunnen und die Unterscheidung von Erdsonden sind stark abhängig von der Tiefe, der Menge und des Temperaturniveaus des Grundwassers. Zentral oder dezentral wird mit einer Wärmepumpe das Temperaturniveau auf Heizwärme gebracht. In den Unterstationen der einzelnen Gebäude erhöhen weitere Wärmepumpen das Temperaturniveau für Warmwasser. Die Nutzung des Grundwassers bedeutet meist geringere Kosten als die Nutzung tiefer gelegener Erdwärme. Deshalb ist diese Variante besonders attraktiv. Wesentlich zum Abschätzen der Realisierbarkeit ist die Erstellung eines geologischen Gutachtens zur Erfassung der Wärmemenge. Energiekosten, Erneuerbarkeit und CO₂-Emissionen sind als sehr positiv zu bewerten.



Fällanden



Pfaffhausen



Benglen

Fig. 6: Auszug aus Wärmenutzungsatlas des Kantons Zürich mit Zonen der Grundwassernutzung (Grüne Flächen) und heute vorhandenen Erdsonden (grüne Kreise). In den weissen Zonen ist eine Erdwärme- oder Grundwasserwärme grundsätzlich möglich, in den türkisblauen Zonen unter Auflagen.

Abwärme

Eine Nutzung von Abwärme kommt nur in Frage, wenn es in der näheren Umgebung eine Abwärmequelle gibt, die leicht zu erschliessen ist und die den Jahresbedarf an Heizwärme abdeckt. Eine Möglichkeit böte unter Umständen für den Standort Fällanden die Nutzung von See- oder Flusswasserwärme aus der Glatt. Vorteilhaft ist auch, dass zwischen den Schulgebäuden ein Netz besteht, welches unter Umständen lediglich ergänzt werden müsste, um einen Anschluss an die Abwärmequelle zu bekommen bzw. andere oder neue Überbauungen anzuschliessen.

Bezüglich Erneuerbarkeit und CO₂-Emissionen ist Abwärme nicht zu überbieten, da die genutzte Abwärme bei Nichtnutzung in der Regel in die Umwelt abgegeben würde. Problematisch ist die Versorgungssicherheit, da der langfristige Bezug von Abwärme nur schwer zu prognostizieren ist. Bei der Nutzung von Abwärme muss immer eine Redundanz mitbedacht werden. Denkbar sind folgende Varianten der Wärmeaufbereitung:

- Bei der zentralen Variante wird die Abwärme zentral auf Vorlauftemperatur erhöht.
- Bei der dezentralen Variante wird die Abwärme erst in den Unterstationen der Überbauungen auf Vorlauftemperatur erhöht. Das Netz ist also ein echtes Anergienetz.

Die dezentrale Variante ist der zentralen Variante vorzuziehen, da in ein echtes Anergienetz zusätzlich auch andere Formen von Abwärme eingespeist werden können und die Flexibilität in der Justierung der Anlagen in den einzelnen Häusern grösser ist.

Errichtung eines Anergienetzes

Bei der Nutzung anergischer Wärme ist bei allen Standorten die Errichtung eines Anergienetzes erwägenswert. Das Anergienetz kann auf die bestehenden Nahwärmenetze zurückgreifen. In das Anergienetz könnte z.B. die gewonnene Wärme aus dem Grundwasser einspeist werden. Zusätzlich könnte jegliche Form von Abwärme genutzt werden. Als Wärmequelle böte sich der Greifensee oder die Glatt zumindest für den Standort Fällanden an. Die Wärme des Anergienetzes würde erst in den Unterstationen der einzelnen Liegenschaften bzw. Gebäude «veredelt», d.h. mittels Wärmepumpen auf das benötigte Temperaturenniveau gebracht.

Die Investitionskosten sind wegen des Netzes höher als bei der dezentralen Nutzung der Grundwasserwärme, dafür ergeben sich wegen des Verbundes die Option der höheren Auslastung der Wärmeerfassung und die Option der geringeren technischen Ausrüstung.

Wichtig für die Nutzung anergischer Wärme ist ein guter Dämmstandard der Gebäude und eine Anpassung der Gebäudetechnik an ein tieferes Temperaturenniveau.

Deshalb bietet sich ein möglichst frühzeitiger tiefer Eingriff im Rahmen einer Gesamtanierung an.

Empfehlung für die Energieversorgung

Im Rahmen einer langfristigen strategischen Planung für energetische Versorgung sollte vorrangig eine anergische Versorgung gewählt werden. Damit bietet sich die Erfüllung der zwei wichtigsten Forderungen einer nachhaltigen Energieversorgung: die Nutzung regenerativer Energie und die Nutzung von Anergie mit der Option der Nutzung von Abwärme. Eine Klärung des Vorkommens von Abwärme in der näheren Umgebung wird dringend empfohlen. In dieser Strategie wird die Nutzung von Grundwasserwärme oder Erdwärme als realistisch empfohlen.

Diese Versorgung sollte so bald wie möglich umgesetzt sein, um Energiekosten zu sparen und um Primärenergieverbrauch und CO₂-Emissionen massgeblich zu reduzieren. Der Wechsel sollte idealerweise schon mit den Gesamtanierungen vollzogen werden. In dieser Studie wird von einer anergischen Wärmeversorgung ab dem Zeitpunkt eines Neubaus ausgegangen.

Spätestens ab einer Gesamtanierung soll ein starkes Gewicht auf die Nutzung solarer Energie gelegt werden. Im Rahmen einer Grundversorgung mit Erdgas sind das Solarkollektoren zur Wärmeherzeugung. Im Rahmen einer anergischen Versorgung ab dem Zeitpunkt eines Neubaus sind das Photovoltaik-Anlagen zur Stromversorgung der Wärmepumpen und der Lüftungsanlagen.

3 Varianten der gebäudetechnischen Ausrüstung

Die Ausrüstung der Überbauungen mit Gebäudetechnik ist abhängig von der gewählten Energieversorgung. Grundsätzlich wird die gebäudetechnische Ausrüstung danach ausgerichtet, ob die Energieversorgung eine Niedertemperatur- oder eine Hochtemperaturvariante ist. Diese Unterscheidung kann vermieden werden, wenn sowohl zukünftige Gesamtsanierungen (Wärmeabgabe über Radiatoren) als auch zukünftige Ersatzneubauten (Wärmeabgabe z.B. über Fussbodenheizungen) auf gleiche Art versorgt werden, z.B. Grundwasserwärme.

3.1 Hochtemperaturvarianten

Die Gebäudetechnik verwandelt Energie in hochtemperaturige Wärme. Für hochtemperaturige Varianten sind Brennkessel für Pellets oder für Öl oder Gas nötig. Die Heizwärme wird in der Regel über Radiatoren verteilt.

3.2 Niedertemperaturvarianten

Die Gebäudetechnik verwandelt anergische Wärme in niedertemperaturige Wärme. Für niedertemperaturige Varianten bedarf es Wärmepumpen, die die anergische, niedertemperaturige Energie auf das benötigte Temperaturniveau bringen. Die Niedertemperaturvarianten gelten als «nachhaltig», weil anergische und regenerative Primärenergie genutzt wird und der CO₂-Ausstoss gering ist. Diese Energieformen werden sinnvollerweise über Fussbodenheizungen, Deckenheizungen oder andere aktivierbare Bauteile verteilt. Nach heutigen Erkenntnissen ist aber auch die Abgabe über Radiatoren denkbar. Bisher galt es als Konflikt, dass niedertemperaturige Energien (z.B. anergische Grundwasserwärme) als Raumwärme über Radiatoren abgegeben werden können, da entweder die Heizkörper zu wenig Wärme abstrahlen oder die Temperaturspreizung zu hoch ist, um Wärmepumpen noch effizient arbeiten zu lassen. Heute gibt es aber genügend Systeme, die anergische Energie auf ein vergleichsweise hochtemperatures Niveaue bringen.

3.3 Konzeptvorschläge für Nieder- und Hochtemperatursysteme

Niedertemperatursystem (z.B. Wärmeversorgung mit Grundwasserwärme)

- Erschliessung der Grundwasserwärme durch Erdsonden,
- Installation von Wärmepumpen zur Erzeugung der Heizwärme,
- Weiternutzung der vorhandenen Wärmeverteilung und -abgabe bei der Gesamtsanierung,
- Installation von Fussbodenheizungen bei den Ersatzneubauten,
- Installation von Photovoltaikanlagen zur Deckung des Strombedarfs der Gebäudetechnik.
- Weiternutzung der vorhandenen Kollektoren bei der Gesamtsanierung,
- Installation einer mechanischen Lüftungsanlage in den Schulbauten,
- Aufbereitung des Warmwassers mit einer Frischwasserstation.

Der Einsatz eines niedertemperaturigen Systems ist bei der Wärmeabgabe über Radiatoren ineffizienter, aber nicht unmöglich. Sinn macht diese Lösung, wenn zu einem späteren Zeitpunkt die Wärmeabgabe dementsprechend angepasst wird. Ziel muss sein, die Vorlauftemperatur mittels Wärmepumpen auf mind. 45°C zu bringen, um die Wärmeabgabe über Radiatoren zu ermöglichen. Die Warmwasserversorgung könnte mit Frischwasserstationen auf die erforderlichen Vorlauftemperaturen gebracht werden, um so die Legionellenproblematik zu lösen.

Wärmeversorgung mit Erdgas in der Gesamtsanierung (Hochtemperatursystem)

Wärmeversorgung mit Erdgas bei Gesamtsanierungen (Hochtemperatursystem)

- Weiternutzung von Erdgas als Grundversorgung,
- Weiternutzung der vorhandenen Wärmeverteilung und -abgabe,

- Installation von Solarkollektoren zur Deckung des Warmwasserbedarfs,
- Evtl. Installation von Photovoltaikanlagen zur Deckung des Strombedarfs der Nutzung,
- Installation einer mechanischen Lüftungsanlage in den Schulbauten,
- Warmwasser wird auf gleichem Temperaturniveau erstellt wie die Vorlauftemperatur der Heizung. Zusätzliche Installationen sind nicht notwendig.

Der Weiterführung der Grundversorgung mit Erdgas ist die kurzfristig passendste Energieversorgung zur vorhandenen Wärmeabgabe über Radiatoren. Gleichzeitig entfällt ein Zusatzsystem zur Aufbereitung von Warmwasser. Die Energiekosten bleiben hoch. Die Variante mit Kollektoren ist teuer in der Investition, spart in den Gesamtkosten aber spürbar an Energiekosten. Der Beibehalt der Grundversorgung mit Erdgas im Rahmen der Gesamtsanierungen verzögert den Systemwechsel auf das niedertemperaturige, anergische System der Grundwasserwärmenutzung um Jahre.

4 Bauliche Massnahmen zur Effizienzsteigerung

Die baulichen Massnahmen laufen parallel zu den Varianten der gebäudetechnischen Ausrüstung. Dienen die Massnahmen zur Optimierung der Gebäudetechnik vor allem der Effizienzsteigerung der Energieversorgung, so dienen bauliche Massnahmen der Reduzierung des Heizwärmebedarfs. Gemeint sind vor allem die Optimierung der Gebäudehülle durch bessere U-Werte der einzelnen Bauteile und – vor allem bei den Ersatzneubauten – eine Optimierung der Kompaktheit und bessere Ausnutzung der passiven Solarwärmenutzung. Wie zuvor beschrieben, wird auch bei den baulichen Massnahmen unterschieden zwischen Gesamtsanierung und Ersatzneubau. Beide Versorgungsvarianten benötigen eine gut gedämmte und kompakte Gebäudehülle; die hochtemperaturige Variante, um die energetischen Ziele zu erreichen; die niedertemperaturige, um den Wohnkomfort (Raumtemperaturen) in allen Räumen zu gewährleisten.

Empfohlene bauliche Massnahmen in der Gesamtsanierung

- Ersatz der bestehenden Fenster durch 3-fach-Wärmeschutz-Verglasung,
- Dämmung der Gebäudehülle mit U-Werten von $\leq 0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$ (entspricht 16 cm konventioneller Dämmung oder mehr) für alle Bauteile,
- Eliminierung oder Vermeidung von Wärmebrücken.

Empfohlene bauliche Massnahmen für die Ersatzneubauten

- 3-fach-Wärmeschutz-Verglasung,
- Dämmung der Gebäudehülle mit U-Werten von $0.10 \text{ W/m}^2\text{K}$ (entspricht 34 cm konventioneller Dämmung) für das Dach und von $0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$ (entspricht 30 cm konventioneller Dämmung) für die Fassaden gegen Luft.
- Kompakte Bauweise (Verhältnis von thermischer Aussenhülle zur Energiebezugsflächen von unter 1.0),
- Fensteranteil von 18 % bezüglich Verhältnis des verglasten Anteils zur Energiebezugsfläche (vergleichbar dem vorgeschlagenen Anteil der folgenden Gesamtsanierungen).

5 Bilanzierung Gesamtsanierungen und Ersatzneubauten

Die Tabellen auf der folgenden Doppelseite zeigen die energetische Performance der Gesamtsanierungen und Ersatzneubauten im Vergleich zum heutigen Bestand und zu den formulierten Zielen der energetischen Nachhaltigkeit.

Massnahmen und Bilanzierung Gesamtsanierungen und Ersatzneubauten

Bisherige energetische Sanierungsmassnahmen (Stand Januar 2012)

Gebäudetechnik

- regelmässige Erneuerung der Wärmeerzeugung auf einen aktuellen Stand (Grundversorgung Gas)
- Ausrüstung der Schule Fällanden mit Lüftungsanlagen, alle anderen Gebäude sind ohne Lüften

Gebäudehülle

- Wärmeverbundsysteme an den Häusern 1 bis 3 der Schule Lätten (gemäss damaligem Minergie-Standard)
- Geringfügige Dämmung von Haus 3 der Schule Bommern im Zuge der Fassadensanierung 1999
- rudimentäre Innendämmungen in den Schulbauten Buechwies (Häuser 1 und 2)
- Fensterersatz in den Schulhäusern Lätten und Bommern Haus 3

Energetische Massnahmen im Rahmen der Gesamtsanierungen

Gebäudetechnik

- Beibehaltung der Grundversorgung mit Gas,
- Weiternutzung der vorhandenen Wärmeverteilung und -abgabe,
- Installation von Solarkollektoren zur Deckung des Wärmebedarfs Warmwasser,
- Installation einer Komfortlüftungsanlage (wo nicht vorhanden).

Gebäudehülle

- Ersatz der bestehenden Fenster durch Fenster mit 3-fach-Wärmeschutz-Verglasung,
- Dämmung der Fassaden mit U-Werten von 0.20 W/m²K (entspricht 16 cm konventioneller Dämmung).
- Dämmung der Dächer mit U-Werten von 0.10 W/m²K (entspricht 30 cm konventioneller Dämmung).

Energetische Massnahmen der Ersatzneubauten

Gebäudetechnik:

- Erschliessung der Erdwärme durch Erdsonden,
- Installation von Wärmepumpen zur Erzeugung der Heizwärme,
- Installation von Photovoltaikanlagen zur Deckung des Strombedarfs der Gebäudetechnik,
- Installation einer Komfortlüftungsanlage.

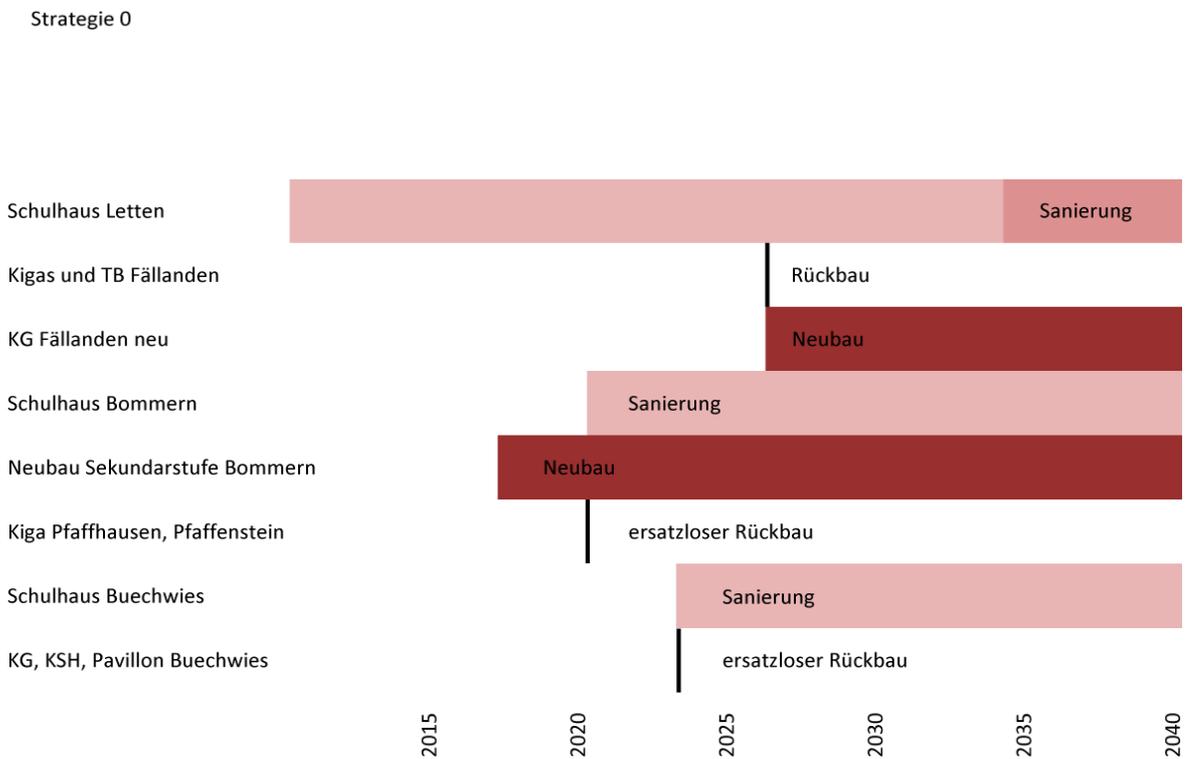
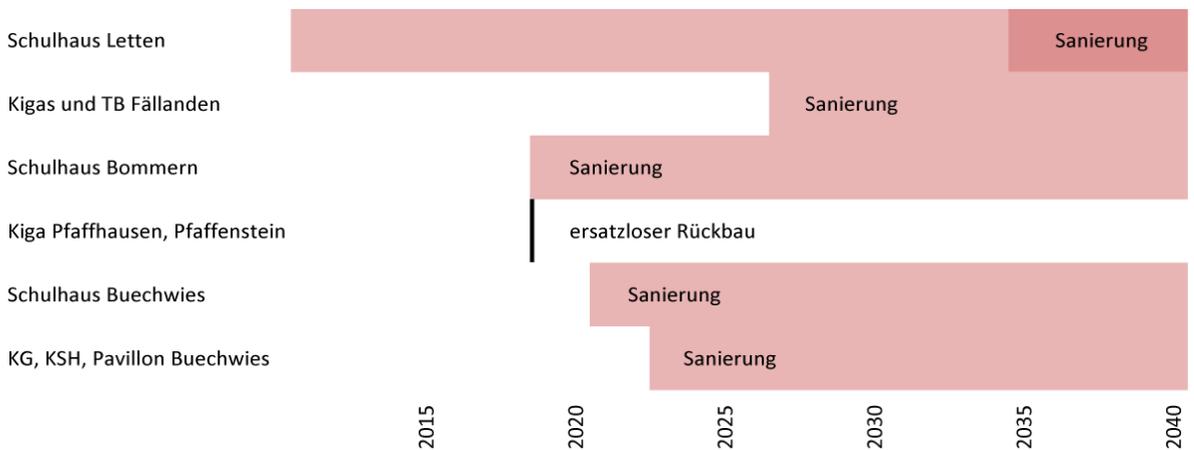
Gebäudehülle

- Kompakte Bauweise (Verhältnis von thermischer Aussenhülle zur Energiebezugsflächen von unter 1.0),
- Dämmung der Gebäudehülle mit U-Werten von 0.12 W/m²K (entspricht 30 cm konventioneller Dämmung) für die Fassaden gegen Luft und von 0.10 W/m²K (entspricht 34 cm konventioneller Dämmung) für das Dach,
- Fenster mit 3-fach-Wärmeschutz-Verglasung,
- Fensteranteil von 18% bezüglich Verhältnis des verglasten Anteils zur Energiebezugsfläche.

	Energiebezugsfläche AE in m ²			Energieversorgung			Thermische Gebäudehüllzahl (ATH / AE)			Standard			mechanische Lüftungsanlage			Endenergieverbrauch in kWh/m ² a			Primärenergiebedarf Betrieb in kWh/m ² a			Primärenergiebedarf Erstellung in kWh/m ² a		
Schule Fällanden	5'645	5'645	5'645	Erdgas	Erdgas	Erdwärme	1.4	1.4	1.4	Minergie	Minergie	Minergie-P	ja	ja	ja	41	9	6	45	23	16	0	17	34
KG Fällanden	1'012			Erdgas			2.4			-			-			571	70		571	70		0	17	
KG Fällanden neu			1914			Erdwärme											7			18				34
Schule Bommern	3'946	3'946	3'946	Erdgas	Erdgas	Erdwärme	1.7	1.7	1.7	-	Minergie	Minergie-P	-	ja	ja	269	44	12	269	48	28	0	17	33
KG Pfaffhausen	673			Erdgas			2.8			-			-			605			605			0		
Primarschule Pfaffhausen			4'896			Erdwärme			1.1			Minergie-P			ja		6			16				30
Sekundarstufe Pfaffhausen			676			Erdwärme			1.0			Minergie-P			ja		6			16				30
Schule Buechwies	4'126	4'126	4'126	Erdgas	Erdgas	Erdwärme	1.9	1.9	1.9	-	Minergie	Minergie-P		ja	ja	425	39	8	425	42	20	0	17	37
KG Buechwies	2'786			Erdgas			2.1			-			-			493	65		493	65		0	17	

6 Erneuerungs- und Ersatzzyklen

Die Betrachtung der vier vorgeschlagenen Strategien auf den zyklischen Verlauf verdeutlicht die unterschiedlichen Eingriffstiefen der einzelnen Strategien. Mithilfe dieser Betrachtung kann beurteilt werden, wann in jeder einzelnen Strategie das Portfolio vollständig erneuert oder durch Neubauten ersetzt ist. Gleichzeitig lässt sich unter Berücksichtigung der Sanierungsstrategien erkennen, zu welchem Zeitpunkt vollständig von der fossilen auf eine erneuerbare Energieversorgung umgeschaltet worden ist. Es wird ersichtlich, dass bis 2050 dieser Schritt nur gemacht werden kann, wenn schon in der Gesamtsanierung von fossiler auf erneuerbare Energieversorgung umgeschaltet wird.



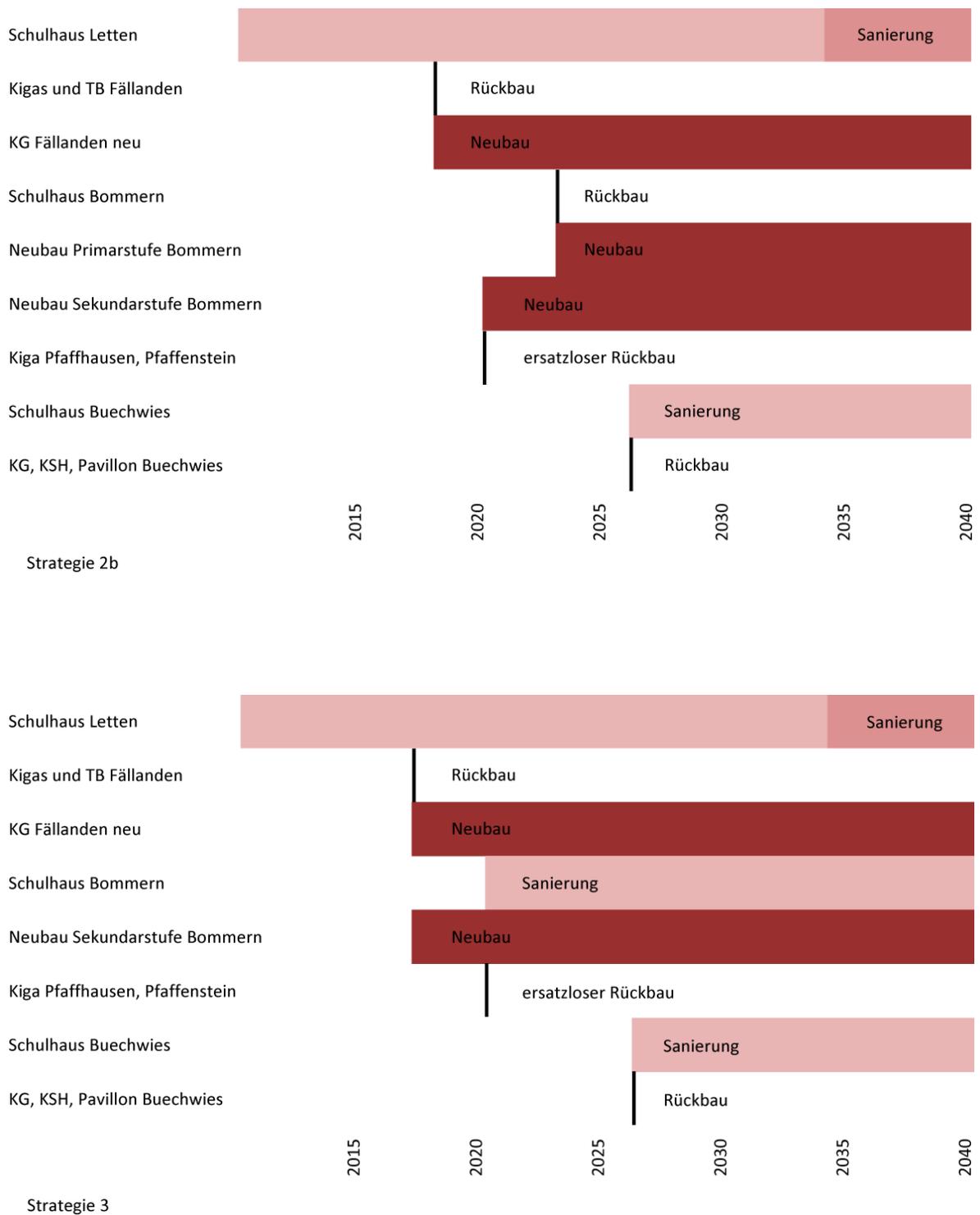


Fig. 8: Darstellung der vier Erneuerungsstrategien in zyklischer Betrachtung

Deshalb wird dringend empfohlen, schon in den Gesamt-sanierungen auf den Energieträger Erdwärme und auf ein gebäudetechnisches System mit Wärmepumpen und gegebenenfalls Deckensegeln als Abgabesystem zu wechseln.

6.1 Endenergiebedarf und Energiekosten

Der Endenergiebedarf zeigt die Menge an Energie, die notwendig ist, um die erforderliche Wärme für Raumwärme und Warmwasser zu erzeugen und die Gebäudetechnik (inkl. Lüftung) zu betreiben. Energie zur Kühlung des Gebäudes wird nicht betrachtet, da von aktiver Kühlung der Gebäude abgesehen wird. Ebenso nicht betrachtet wird Endenergie für die Nutzung (vor allem Strom für Beleuchtungen). Endenergie ist die Form der Energie, die im Gebäude zur Nutzenergie (Wärme) weiterverarbeitet wird. Die hier betrachteten Formen der Endenergie sind Erdgas zur Wärmeerzeugung und Strom für die Wärmepumpen und die Lüftung.

Da Endenergie die Form ist, die vom Energieversorger geliefert wird, lassen sich mit dem Endenergiebedarf auch die Energiekosten ausdrücken. Dabei ist in der zyklischen Betrachtung eine Energiepreissteigerung von jährlich 5% für Erdgas und 3% für Strom berücksichtigt.

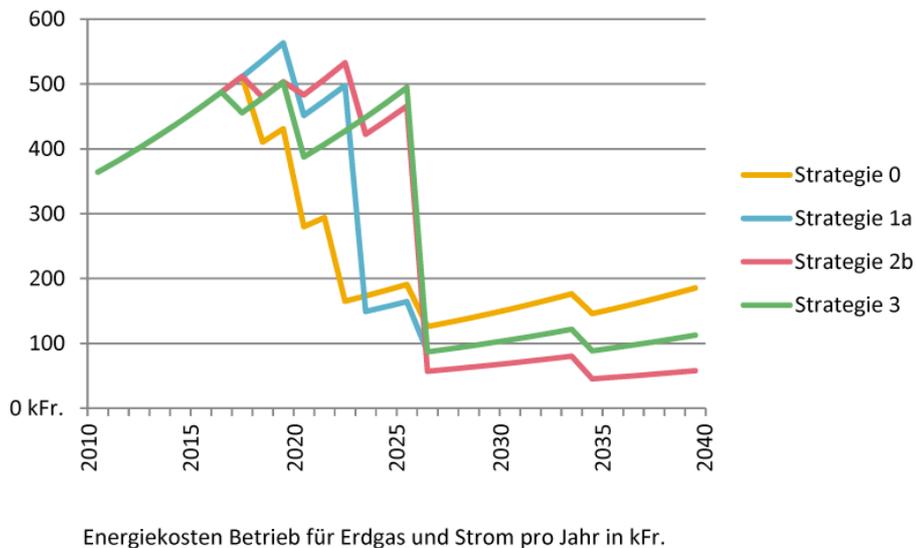
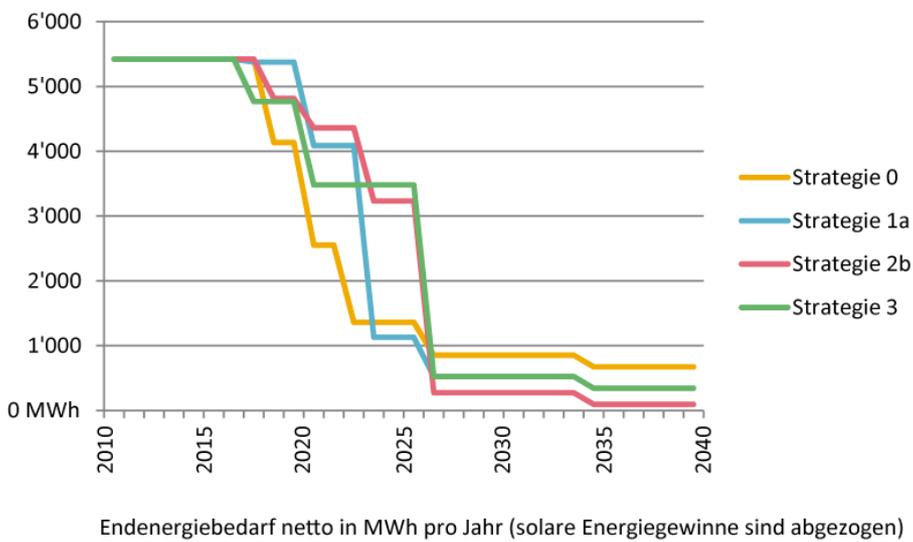
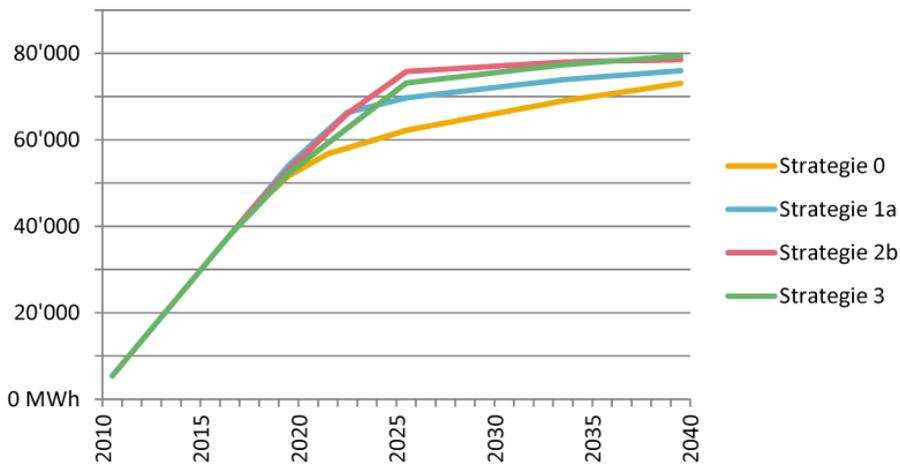


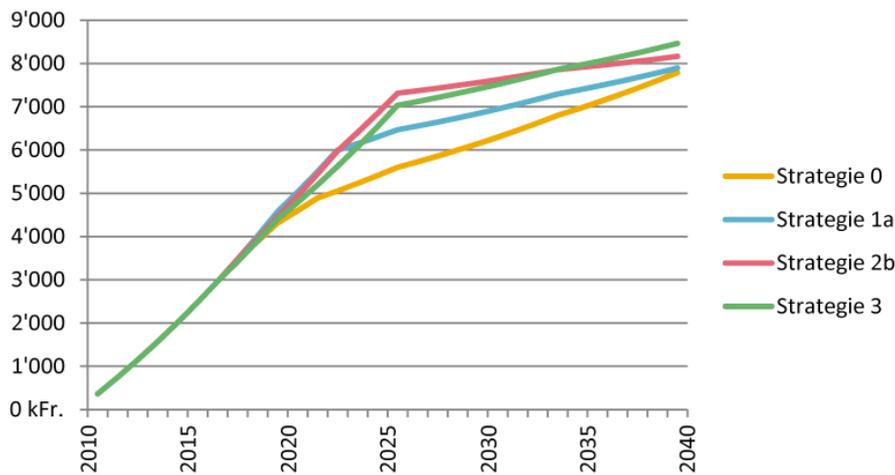
Fig. 9: jährlicher Endenergiebedarf in MWh und Energiekosten in kFr.

Der jährliche Endenergiebedarf und die Energiekosten zeigen vor allem die Auswirkung des deutlich besseren Dämmstandards der Gebäude. Gleichzeitig wird deutlich, dass die Strategie 0 (lediglich fortlaufende Sanierungen und Beibehalt der Energieversorgung mit Gas) zwar zu einer schnelleren Energieeinsparung führt (weil keine zusätzliche Fläche geschaffen wird), später jedoch stagniert und ab dann vor allem grössere Energiepreisteigerungen erwarten lässt. Gegenteilig verhält sich die Strategie 2, die frühzeitige Ersatzneubauten vorsieht und somit früh auf die anenergetische Wärmeversorgung setzt.

Der kumulierte Endenergiebedarf zeigt neben dem Gesagten eine andere Erkenntnis: Es würde dringend Sinn machen, schon in den Gesamtanierungen auf den Einsatz anenergetischer Wärme zu setzen – und nicht erst in den Neubauten.



Endenergiebedarf netto in MWh kumuliert (solare Energiegewinne sind abgezogen)

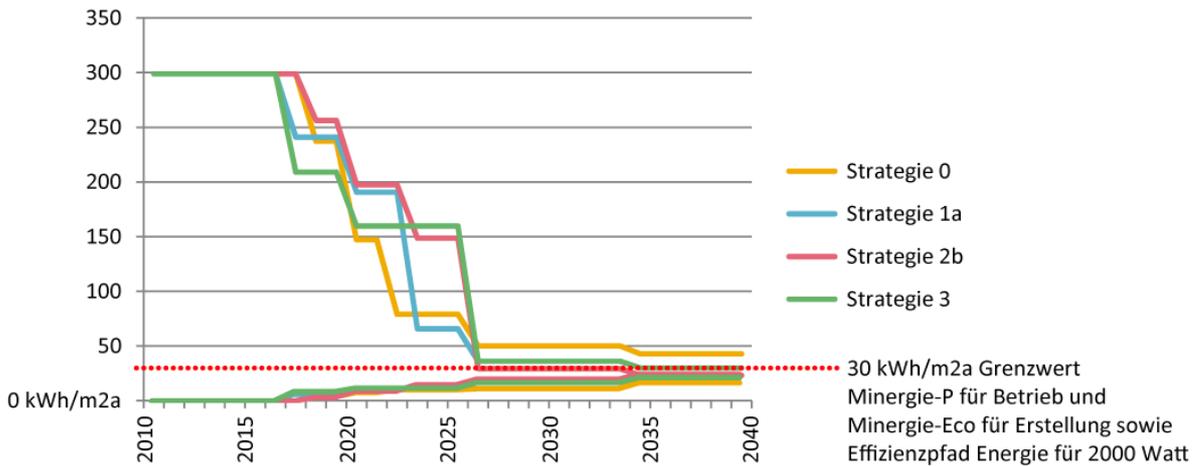


Energiekosten Betrieb für Erdgas und Strom kumuliert in kFr.

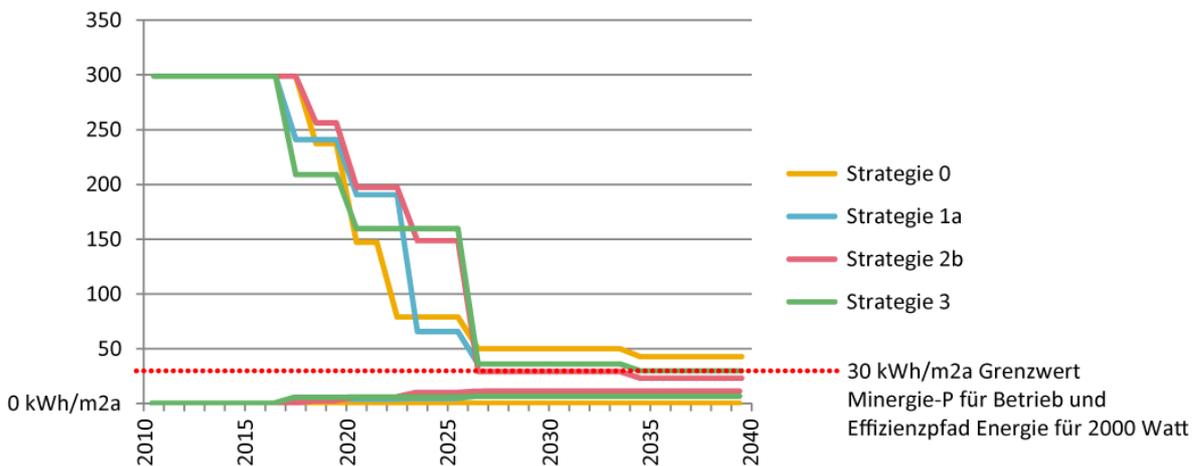
Fig. 10: kumulierter Endenergiebedarf in MWh und Energiekosten in kFr.

6.2 Primärenergiebedarf Betrieb

Der Primärenergiebedarf drückt den tatsächlichen Bedarf an Energieressourcen aus der Umwelt aus (z.B. Erdöl, Erdgas oder Holz als Rohstoff und Solarenergie in Form von Sonnenstrahlen). Die Primärenergiekennzahl ist Zielwert aller gängigen Standards (Minergie-P, Effizienzpfad Energie) und kann im Rahmen einer ökologischen Betrachtung gut verglichen werden mit dem Primärenergiebedarf für die Erstellung, der grauen Energie.



Primärenergiebedarf Betrieb brutto in kWh/m2a (Produktion Strom durch PV noch nicht abgezogen)
Primärenergiebedarf Erstellung in kWh/m2a (Graue Energie)



Primärenergiebedarf Betrieb brutto in kWh/m2a (Produktion Strom durch PV noch nicht abgezogen)
Primärenergiegewinn durch Produktion Strom durch PV

Fig. 11: Primärenergiebedarf Betrieb und Erstellung sowie Primärenergiegewinne durch Photovoltaik (Strom)

Das Resultat zeigt, dass nur die regenerativen Varianten mit anegetischer Wärme die Zielwerte Minergie-P und 2000-Watt (Effizienzpfad Energie) einhalten. Die Strategie 0 liegt grundsätzlich über den zu erreichenden Zielwerten.

6.3 Energiebezugsfläche

Zur richtigen Beurteilung der energetischen Effizienz der vier Varianten muss zusätzlich die Energiebezugsfläche betrachtet werden. Sie ist die Bezugsfläche aller energetischen Kennzahlen und Zielwerte. Gleichzeitig drückt sie im weitgefassten Sinne so etwas wie die nutzbare Fläche aus, da diese beheizt ist (Energiebezugsfläche). Werden aufgrund veränderter Nutzungsansprüche mehr nutzbare Flächen gebaut, so steigt auch die Energiebezugsfläche an und im Gesamten wird mehr Energie verbraucht. Das muss vor allem bei Neubauvarianten berücksichtigt werden. Das ist der Grund, warum z.B. der Endenergieverbrauch der Strategie 0 schneller sinkt als die anderen Varianten.

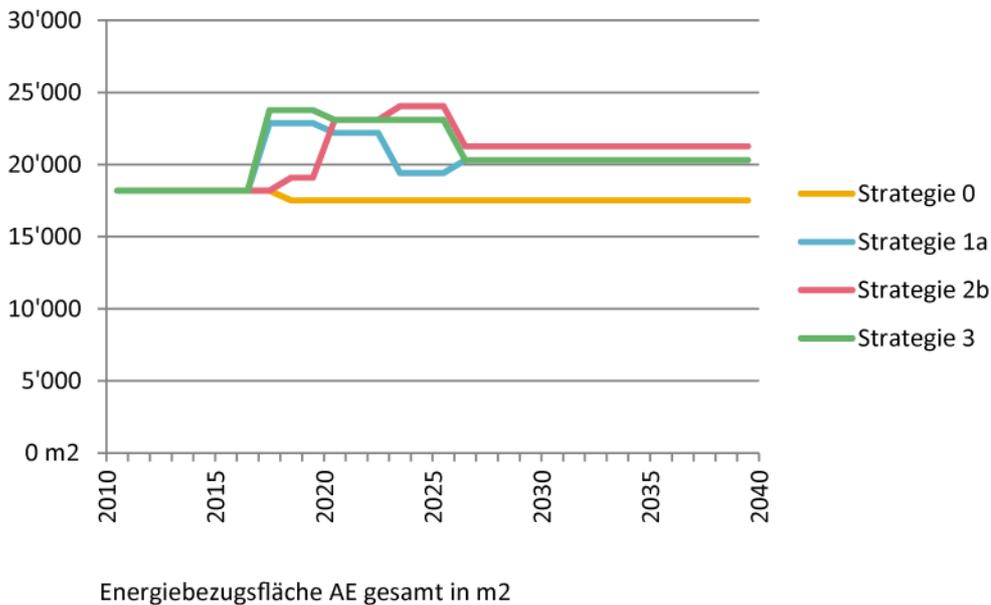


Fig. 12: Entwicklung der Energiebezugsfläche in m²

6.4 Fazit

Die gezeigten Grafiken des Endenergiebedarfs, der Energiekosten und des Primärenergiebedarfs zeigen auf eindrückliche Weise, welche Auswirkungen die Optimierung der Gebäudehüllen und der Gebäudetechnik bedeutet. Deutlich wird auch die Dringlichkeit der Nutzung anenergetischer Wärme, da die Wärmepumpen mit einem viel höheren Nutzungsgrad laufen als eine Erdgasheizung. So sind nicht nur die ökologischen Werte (Primärenergieverbrauch, CO₂-Ausstoss) viel besser sondern auch die Energiekosten. Letzteres auch wegen den zu erwartenden Energiepreiserhöhungen. Deutlich wird aber auch, dass schon im Rahmen der Gesamtanierungen auf eine anenergetische Wärmeversorgung gesetzt werden sollte, da so frühzeitig die 2000-Watt-Tauglichkeit erreicht werden kann und Energiekosten gesenkt werden können.

7 Handlungsempfehlungen

Die folgenden Handlungsempfehlungen fassen die Empfehlungen zu den Themen Energieversorgung, Gesamtanierung und Ersatzneubauten zusammen.

Energieversorgung

- Die Versorgung des Grundstückes mit Erdwärme oder Grundwasserwärme ist eine nachhaltige, anenergetische Lösung. Der Konflikt der zu niedrigen Vorlauftemperatur bei Veredelung von Grundwasserwärme über Wärmepumpen muss beachtet werden, sollte sich in näherer Zukunft durch technische Innovationen aber entschärfen. Die stete Temperatur des Grundwassers über den Jahresverlauf erübrigt möglicherweise die Einrichtung einer Ersatzversorgung.
- Die Weiterführung der Versorgung mit Erdgas sollte nur in Betracht gezogen werden, wenn sich alle bisher genannten Optionen ausschliessen.
- Solare Energie sollte umfänglich genutzt werden. Bei der Nutzung anenergetischer Wärme mit Wärmepumpen sollte versucht werden, den Strombedarf der Gebäudetechnik durch Photovoltaik zu decken.

Gesamtanierungen

- Da Gesamtanierungen einzelner Liegenschaften zeitlich später als Ersatzneubauten anderer Liegenschaften entstehen, sollte bei Gesamtanierungen von vornherein auf das für Ersatzneubauten optimale Energieversorgungssystem umgestellt werden. Empfohlen wird nach heutigem Stand der Dinge die anenergetische Grundwasserwärmenutzung.
- Solare Energie sollte umfänglich genutzt werden. Bei der Lösung Grundwasserwärme mit Wärmepumpen sollte versucht werden, den Strombedarf der Gebäudetechnik durch Photovoltaik zu decken. Kollektoren können gegebenenfalls bei diesem System zu Konflikten bezüglich Temperaturniveaus führen, sollte aber bei Gesamtanierungen bis zum Ersatzneubau weitergeführt werden.
- Die Gebäudehülle sollte auf den Standard Minergie Neubau ausgerichtet sein, um so den Heizwärmebedarf massgeblich zu reduzieren. Ein adäquater Dämmstandard ist auch nötig, um ausreichenden Wohnkomfort bei einem Niedrigenergiesystem zu gewährleisten.
- Die Erhöhung der Kompaktheit (durch Aufstockungen) und eine Bereinigung des Dämmperimeters sind empfehlenswert.

Ersatzneubauten

- Spätestens mit den Ersatzneubauten soll das System der anenergetischen Energieversorgung umgesetzt sein. Empfohlen wird nach heutigem Stand der Dinge die Grundwasserwärmenutzung.
- Solare Energie sollte umfänglich genutzt werden. Bei der Lösung Grundwasserwärme mit Wärmepumpen sollte versucht werden, den Strombedarf der Gebäudetechnik durch Photovoltaik zu decken. Kollektoren können gegebenenfalls bei diesem System zu Konflikten bezüglich Temperaturniveaus führen.
- Die Gebäudehülle sollte gemäss Standard Minergie-P ausgerichtet, um so den Heizwärmebedarf massgeblich zu reduzieren. Ein adäquater Dämmstandard ist auch nötig, um ausreichenden Wohnkomfort bei einem Niedrigenergiesystem zu gewährleisten.
- Dringend zu empfehlen ist eine sehr kompakte Bauweise, da mit dieser Massnahme sowohl Energie als auch Ressourcen zur Erstellung eingespart werden können.