

Gemeinde Kriens

Energiekonzept für das Zentrum Kriens

Schlussbericht
11. Mai 2010

1054_be_schlussbericht.doc

econcept

Forschung / Beratung / Evaluation

Gerechtigkeitsgasse 20
8002 Zürich

Tel. 044 / 286 75 75
Fax. 044 / 286 75 76
info@econcept.ch

bapGROUP AG

Mythenstrasse 7
6000 Luzern

Tel. 041 / 226 10 20
Fax. 041 / 226 10 21
info@bap-group.ch

Autoren

Roland Limacher, dipl. HLK-Ing. HTL (bapGroup AG)

Daniel Philippen, dipl. Umwelt-Natw. ETH (econcept AG)

Reto Dettli, dipl. Ing. ETH, dipl. NDS ETH in Betriebswissenschaften (econcept AG)

Inhalt

1	Ausgangslage und Fragestellung	1
2	Vorgehen und Methodik	3
2.1	Vorgehen	3
2.2	Varianten bei den Energiestandards	3
2.3	Beurteilungskriterien	4
3	Beschreibung der Areale	7
3.1	Areale LUPK, Gemeindehaus, Teiggi	7
3.2	Zentrum Pilatus	9
3.3	Areal Schappe Süd	10
4	Ermittlung Wärme- und Kältenachfrage	11
4.1	Vorgehen zur Ermittlung der Energienachfrage	11
4.1.1	Vorgehen Wärmenachfrage	11
4.1.2	Vorgehen Kältenachfrage	13
4.2	Energienachfrage auf den Arealen	13
4.2.1	Wärmenachfrage	13
4.2.2	Kältenachfrage	15
5	Ermittlung und Bewertung des Wärme- und Kälteangebots	17
5.1	Energieangebot auf den Arealen	17
5.1.1	Übersicht zu den Energieangeboten	17
5.1.2	Energieangebot LUPK Areal	19
5.1.3	Energieangebot Gemeindehaus Areal	19
5.1.4	Energieangebot Wohnpark Teiggi	21
5.1.5	Energieangebot Zentrum Pilatus	22
5.1.6	Energieangebot Schappe Süd	23
5.2	Fazit zum Energieangebot	24
6	Beurteilung der Energieversorgungsvarianten	27
6.1	Deckung der Leistungsnachfragen	27
6.2	Deckung der Endenergienachfrage mit Photovoltaik-Strom	29
6.3	Mögliche Wärmeverbunde zwischen den Arealen	30
7	Empfehlungen	31
7.1	Zentrumsareale	31
7.2	Areal Eichenspes	33

Literatur	35
Anhang	37
A-1 Informationen zum Areal Eichenspes	37
A-2 Wärmebedarf der Gebäude für Heizung und Warmwasser pro m ² EBF	40
A-3 Tabellenwerte der Figuren zur Wärmenachfrage der Areale	40
A-4 Kantonaler Richtplan: Prioritäten der Wärmeversorgung	42
A-5 Karte der Energieangebote im Zentrum Kriens	43

1 Ausgangslage und Fragestellung

Die Gemeinde Kriens und die Luzerner Pensionskasse planen im Zentrum von Kriens 5 Arealüberbauungen, mit denen in den nächsten Jahren in ähnlichen Zeiträumen grössere Gebäudevolumina realisiert werden sollen. Die Gemeindeverantwortlichen aus Bau, Umwelt und Energie wollen diese Chance nutzen, um eine zukunftsweisende Energieversorgung auf den Arealen zu fördern.

Folgende 5 Areale sollen in den kommenden Jahren im Zentrum von Kriens überbaut werden:

- LUPK Areal (private Eigentümerschaft)
- Wohnpark Teiggi
- Gemeindehaus Areal
- Zentrum Pilatus
- Schappe Süd

Auf den Arealen werden die bestehenden Gebäude grösstenteils abgebrochen und Neubauten erstellt. Einige Altbauten werden erhalten und umgenutzt.

Mit dem vorliegenden Energiekonzept soll eine hinsichtlich Kosten und Umweltbelastung optimale Energieversorgungsstrategie für die 5 bezeichneten Gebiete formuliert werden. Die lokal vorhandenen Energieressourcen sind nach Möglichkeit zu nutzen. Mit dem Energiekonzept sollen auch die bestehenden politischen Vorstösse aus dem Gemeinderat beantwortet werden können, welche Überbauungen nach ökologischen Kriterien fordern.

Aufgrund der Eigentümerschaft der einzelnen Areale können Massnahmen durch die Gemeinde in unterschiedlichem Masse verbindlich gemacht werden. Beim privaten LUPK-Areal kann die Eigentümerschaft für eine optimale Energieversorgung in Abstimmung mit den anderen Arealen lediglich motiviert werden; ergänzend sind verbindliche Auflagen im Bebauungsplan möglich. In den übrigen Arealen tritt die Gemeinde als Grundeigentümerin oder als Bauherrschaft auf, weswegen die verbindliche Umsetzung der Massnahmen im Kompetenzbereich der Gemeinde liegt.

Neben den oben aufgeführten Arealen im Zentrum von Kriens ist auch im Eichenspes eine Überbauung geplant. Hier soll der neue Standort von Feuerwehr und Werkhof entstehen. Zum Areal Eichenspes werden aufgrund Angaben aus vorhandenen Planungunterlagen erste Empfehlungen für weitergehende Abklärungen in Kapitel 7.2 im Bericht gegeben. Arealinformationen zum Eichenspes sind im Anhang in Kapitel A-1 aufgeführt.

2 Vorgehen und Methodik

2.1 Vorgehen

Folgendes Vorgehen wird für die Herleitung von Energieversorgungsstrategien für die einzelnen Areale gewählt:

1. **Festlegung der Beurteilungskriterien (Kapitel 2.3):** Zur Bewertung der möglichen Systeme zur Energieversorgung der Areale werden Beurteilungskriterien festgelegt.
2. **Charakterisierung der Areal-Überbauungen (Kapitel 3):** Die einzelnen Areale und die auf ihnen geplanten Neubauten und Umnutzungen werden aufgrund vorhandener Unterlagen aus den Architekturwettbewerben beschrieben.
3. **Ermittlung der Wärme- und Kältenachfrage (Kapitel 4):** Mit den Informationen zu den Gebäuden aus den Architekturwettbewerben und anhand der Vorgaben der Bauherrschaften zu den Baustandards wird die zu erwartende Wärme- und Kältenachfrage der Gebäude und Areale abgeschätzt.
4. **Ermittlung und Bewertung des Wärme- und Kälteangebots (Kapitel 5):** Das Wärme- und Kälteangebot der Energiequellen, welche auf den Arealen oder in ihrer Nähe vorhandenen sind, wird anhand bestehender Untersuchungen und Auskünften von Fachstellen abgeschätzt und mit einer Nutzwertanalyse beurteilt.
5. **Beurteilung der Energieversorgungsvarianten (Kapitel 6):** Aufgrund der Ergebnisse zur Energienachfrage und der Bewertung des Energieangebots auf den Arealen werden Energienachfrage und -angebot verglichen und empfehlenswerte Versorgungsvarianten ermittelt.
6. **Empfehlung von Energiesystemen zur Versorgung der Areale (Kapitel 7):** In einem letzten Schritt wird für jedes Areal eine hinsichtlich Kosten und Umweltwirkungen optimale Energieversorgungsstrategie abgeleitet.

2.2 Varianten bei den Energiestandards

Im Sinne einer Sensitivitätsbetrachtung werden bei der Ermittlung der Wärme- und Kältenachfrage zwei Varianten für die Energiestandards der Gebäude betrachtet. Mit der Variante "Energiestandards wie projektiert" wird die Wärmenachfrage anhand der in den Unterlagen der Architekturwettbewerben beschriebenen Baustandards ermittelt. Für die Variante "Energiestandards erhöht" werden für alle Gebäude Minergie- oder Minergie-P-Baustandards vorausgesetzt. Dadurch wird die Wärmenachfrage der Gebäude im Vergleich zur ersten Variante reduziert. In Anhängigkeit zur Art des Gebäudes (Neu- oder Altbau) enthalten die Verbrauchsvarianten folgende Annahmen:

"Energiestandards wie projiziert":

Die Gebäude werden mit Baustandards gemäss Planungsunterlagen realisiert. Neubauten werden im Minergie-Standard realisiert (Pilatus-Areal in Minergie-P); Sanierungen halten den Grenzwert des Wärmeverbrauchs für Sanierungen nach SIA 380/1 ein.

"Energiestandards erhöht":

Alle Neubauten werden im Minergie-P-Standard realisiert; Sanierungen erreichen den Minergie-Standard für Sanierungen. Die dadurch erreichte Senkung der Wärmenachfrage ermöglicht, dass die Gebäude eher konform mit dem Zielverbrauch von Gebäuden in einer 2000-Watt-Gesellschaft sind.

Die 2000-Watt-Gesellschaft ist eine energiepolitische Vision, die von verschiedenen Instituten aus dem ETH-Bereich entwickelt wurde. In der 2000-Watt-Gesellschaft sollen zur Deckung der materiellen Bedürfnisse aller Lebensbereiche pro Person maximal 2000 Watt Leistung benötigt werden – heute liegt der Leistungsbedarf bei rund 6'200 Watt. Eine Entwicklung hin zur 2000-Watt-Gesellschaft soll den weltweit hohen Energieverbrauch der Industrieländer und die damit verbundenen Verteilungs- und Umweltprobleme (insbesondere durch Treibhausgasemissionen) deutlich reduzieren. Der Bundesrat hat das Konzept der 2000-Watt-Gesellschaft im Jahr 2002 zur Zielvorgabe der langfristigen Energie- und Klimapolitik der Schweiz gemacht. Auch der Kanton Luzern leitet von der Vision der 2000-Watt-Gesellschaft energiepolitische Massnahmen ab (Planungsbericht Energie 2006). Die Stadt Luzern erarbeitet derzeit ein Energiekonzept, welches eine Entwicklung der Stadt in Richtung 2000-Watt-Gesellschaft ermöglichen soll.

2.3 Beurteilungskriterien

Die prinzipiell auf einem Areal nutzbaren Energiequellen werden mittels Nutzwertanalyse bewertet (Kapitel 5.1). Für die Nutzwertanalyse werden die folgenden Beurteilungskriterien verwendet:

1. Wärmegestehungskosten:

Die Beurteilung der Wärmegestehungskosten (WGK) erfolgt qualitativ, auf der Basis von Erfahrungswerten. Dabei gilt folgender Ansatz: Je grösser das Energieangebot, je einfacher die Technik, je verbreiteter die Nutzung, je direkter die Erschliessung und je geringer die Abhängigkeiten, desto tiefer sind die WGK, welche durch die Nutzung der Quelle entstehen.

2. Richtplanpriorität:

Der kantonale Richtplan 2009 (Kanton Luzern) enthält eine Prioritätenliste zur Wärmeversorgung. Dabei ist das Ziel den Einsatz nicht erneuerbarer Primärenergie zu minimieren.

3. Technik:

Die Beurteilung der Technik erfolgt auf Grund ihrer Zuverlässigkeit resp. ihrer

Verbreitung. Dabei gilt, je bekannter und verbreiteter eine Technologie der Quellennutzung ist, desto zuverlässiger und ausgereifter ist die Technik.

4. Nutzungspriorität:

Die Nutzungspriorität beurteilt die Bedeutung der Energiequelle für das betrachtete Areal. Je stärker ein Areal von einer Energiequelle abhängig ist, d.h. je geringer das Vorkommen anderer Energiequellen auf oder nahe dem Areal, desto höher ist die Nutzungspriorität dieser Energiequelle.

5. Treibhauspotenzial:

Mit dem Kriterium werden die mit dem Endenergieverbrauch verbundenen Treibhausgasemissionen bewertet. Die Emissionsfaktoren werden der SIA 380/1: 2009 entnommen.

6. Primärenergieverbrauch:

Der Primärenergieverbrauch enthält neben dem Endenergieverbrauch auch denjenigen Energieverbrauch, welcher zur Bereitstellung der Endenergie im Gebäude benötigt wird. So werden bspw. bei der Elektrizität Verluste bei der Erzeugung und bei der Verteilung der Elektrizität in den Primärenergieverbrauch eingerechnet. Für die Bewertung der Elektrizität wird der Schweizer Verbraucher-Strommix verwendet. Die Primärenergiefaktoren werden der SIA 380/1: 2009 entnommen.

Die 6 Beurteilungskriterien werden in der Nutzwertanalyse jeweils gleich gewichtet (je 1/6 Gewicht). Umweltbezogene Kriterien (Richtplanpriorität, Treibhauspotenzial, Primärenergieverbrauch) gehen somit zusammengenommen mit 50% in das Ergebnis der Nutzwertanalyse ein.

Grössen, welche *nicht* in der Nutzwertanalyse berücksichtigt werden, sind:

- das Temperaturniveau der Energiequellen, da auf den Arealen Gebäude mit aktuellen Baustandards realisiert werden, welche keine hohen Temperaturen für das Heizen benötigen,
- die zeitliche Verfügbarkeit, welche bei allen untersuchten Energiequellen unproblematisch ist, und
- die Vollversorgung eines Areals mit einer Energiequelle, da besonders bei Niedertemperaturquellen aus wirtschaftlichen Gründen eine Spitzenlastdeckung mit weiteren Energiequellen sinnvoll ist. Falls technisch möglich und wirtschaftlich sinnvoll soll eine Vollversorgung mit einer Energiequelle jedoch angestrebt werden.

3 Beschreibung der Areale

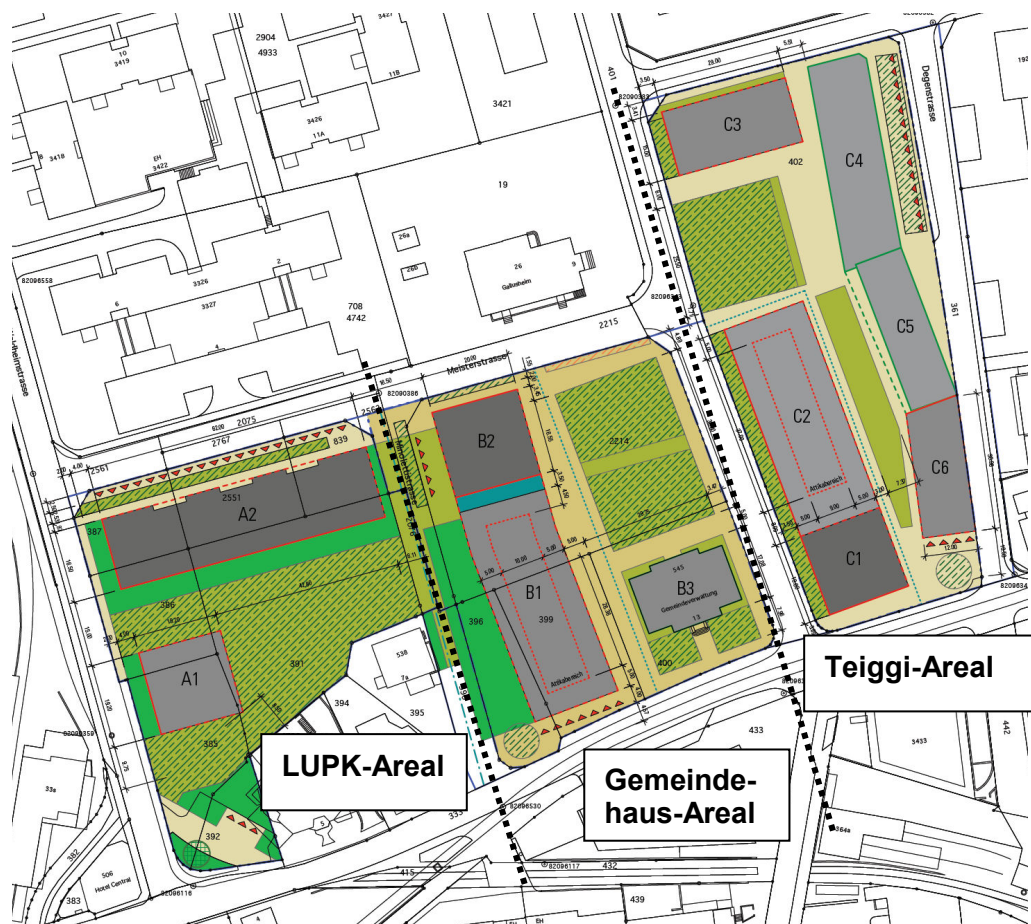
Die betrachteten Areale im Zentrum von Kriens enthalten neben neuen Bauvorhaben auch verschiedene bestehende Bauten.

Die Pläne und Beschreibungen der Gebäude und Areale wurden aus den Architekturwettbewerben entnommen, welche von der Gemeinde Kriens durchgeführt wurden. Die Detailausarbeitung der Überbauungen ist bis zum aktuellen Zeitpunkt von den Architekturbüros noch nicht erfolgt und die Pläne zu den Gebäuden liegen noch in den Massstäben 1:500 oder 1:200 vor.

3.1 Areale LUPK, Gemeindehaus, Teiggi

Die Areale sind nördlich der Schachenstrasse in unmittelbarer Nähe zur Luzernerstrasse gelegen und sind im Eigentum der Gemeinde Kriens (Gemeindehaus-Areal und Teiggi-Areal) und der Luzerner Pensionskasse (LUPK-Areal). Gemeinde und LUPK beabsichtigen, die Areale gemeinsam zu entwickeln, was auch die Chance für eine koordinierte Energieplanung mit sich bringt. Auf dem LUPK-Areal werden Wohnungen realisiert. Neben einem Bistro enthalten die Neubauten auf dem Gemeindehaus-Areal (B1, B2) ebenfalls Wohnungen. Das Gemeindehaus selber (B3) bleibt unverändert bestehen und ist somit nicht Bestandteil des vorliegenden Energiekonzepts. Auf dem Teiggi-Areal werden Wohnungen und Gewerberäume realisiert. Zwei der bestehenden Gebäude bleiben erhalten und werden umgenutzt (C4, C5).

«Areale LUPK, Gemeindehaus, Wohnpark Teiggi»



Figur 1: Übersichtplan Areale LUPK, Gemeindehaus, Wohnpark Teiggi.

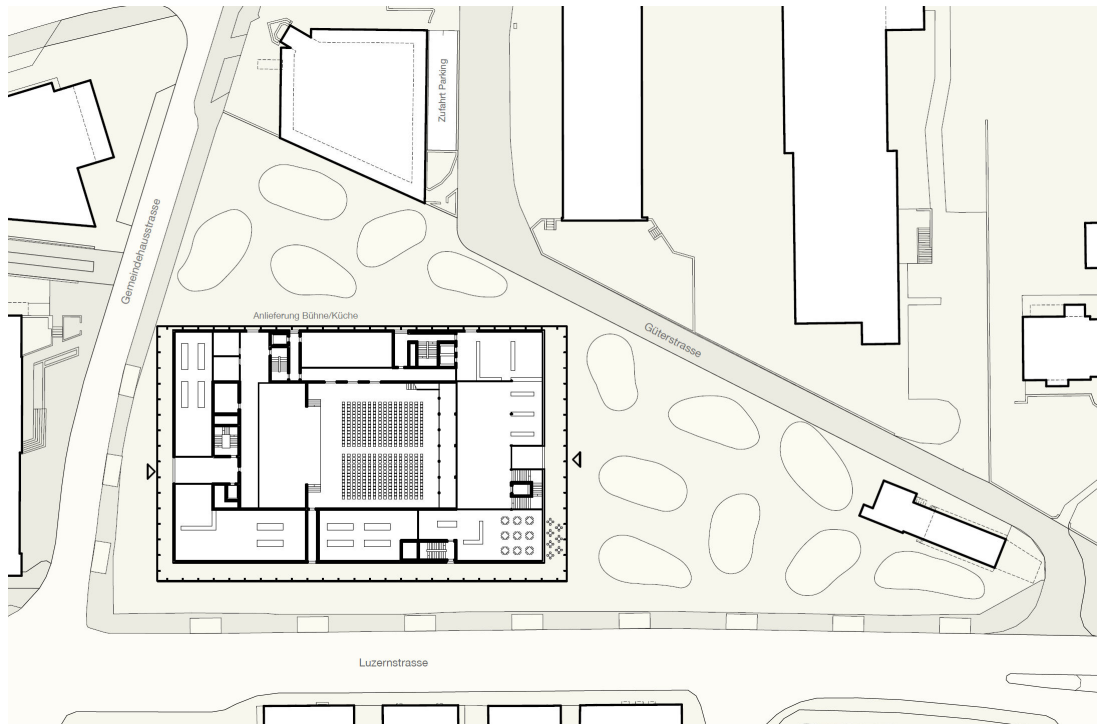
EigentümerIn	Luzerner Pensionskasse: Gebäude A1 und A2 und zugehöriges Areal Gemeinde Kriens: Gebäude B1 - B2 und C1 - C6 und zugehörige Areale
Bestehend / Neubau	8 Neubauten (A1, A2, B1, B2, C1, C2, C3, C6) 3 Altbauten (B3, C4, C5) Das Gemeindehaus (B3) wird nicht saniert und behält seine derzeitige Energieversorgung.
Nutzungsart	Wohnen, Verwaltung, Gastronomie, Gewerbe/Ateliers
Realisierungszeitraum	2011 - 2016
Projektiertes Baustandard	Neubauten Minergie, Sanierungen nach gesetzlichem Standard
Projektierte Energiebezugsfläche	25'900 m ²

Tabelle 1: Rahmenbedingungen der Areale LUPK, Gemeindehaus, Teiggi gemäss Planungsunterlagen.

3.2 Zentrum Pilatus

Der geplante Neubau, mit dem unter anderem der bestehende Pilatus-Saal ersetzt wird, soll als Verwaltungszentrum genutzt werden, welches auch den neuen Gemeindesaal beherbergt und Nutzflächen für Geschäfte und Wohnungen enthält.

«Zentrum Pilatus»



Figur 2: Übersichtplan Zentrum Pilatus.

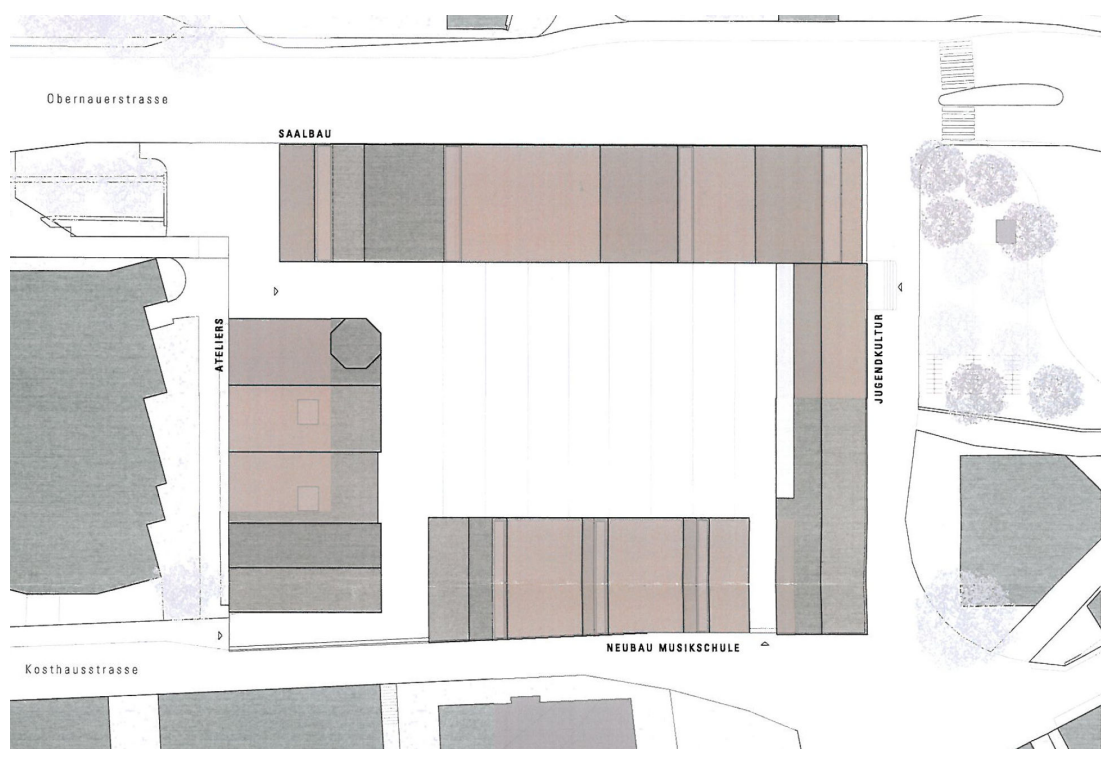
EigentümerIn	Gemeinde Kriens
Bestehend / Neubau	1 Neubau
Nutzungsart	Verwaltung, Verkauf, Wohnen
Realisierungszeitraum	2016 - 2018
Projektiertes Baustandard	Minergie-P
Projektierte Energiebezugsfläche	11'500 m ²

Tabelle 2: Rahmenbedingungen des Zentrum Pilatus gemäss Planungsunterlagen.

3.3 Areal Schappe Süd

Auf dem Areal Schappe Süd – auf dem heute die Feuerwehr und der Werkhof der Gemeinde angesiedelt sind – soll ein Kulturzentrum realisiert werden. Die meisten historischen Bauten bleiben erhalten (Saalbau (Werkstätte), Ateliers (Kesselhaus), Jugendkultur (Speisehaus)). An Stelle der ehemaligen Lage-, Stall- und Remisenbauten wird ein Neubau erstellt, welcher als Musikschule genutzt werden wird.

«Areal Schappe Süd»



Figur 3: Übersichtsplan Areal Schappe Süd.

EigentümerIn	Gemeinde Kriens
Bestehend / Neubau	1 Neubau (Musikschule), 3 Altbauten (Jugendkultur, Saalbau, Ateliers)
Nutzungsart	Veranstaltungsort, Jugendhaus, Musikschule, Ateliers
Realisierungszeitraum	2014 - 2016
Projektiertes Baustandard	Neubau Minergie, Altbauten nach gesetzlichem Standard
Projektierte Energiebezugsfläche	3'520 m ² (Neubau um 1 Stockwerk aufstockbar)

Tabelle 3: Rahmenbedingungen des Areals Schappe Süd gemäss Planungsunterlagen.

4 Ermittlung Wärme- und Kältenachfrage

4.1 Vorgehen zur Ermittlung der Energienachfrage

Für jedes Gebäude auf den Arealen wird anhand des Bautyps (Neubau/Altbau), der Nutzungsart (Wohnen, Verwaltung etc.) und des Baustandards die Wärmenachfrage auf der Ebene Nutzenergie pro Quadratmeter Energiebezugsfläche für Heizen und Warmwasser abgeschätzt. Diese Abschätzung wird sowohl für die Variante "Energiestandards wie projektiert" als auch für die Variante "Energiestandards erhöht" vorgenommen.

Anhand der Pläne zu den Arealen werden die Nachfrage pro Quadratmeter Energiebezugsfläche für Heizung und Warmwasser und die Energiebezugsflächen abgeschätzt. Daraus kann je Gebäude und Variante der jährliche Nutzenergiebedarf ermittelt werden.

Da eine Wärmeversorgung durch erneuerbare Energien angestrebt wird, gilt die Bestimmung zum Höchstanteil nicht erneuerbarer Energien der kantonalen Energieverordnung¹ ("80%-Regel") als eingehalten. Bei der Abschätzung des Wärmebedarfs der Gebäude wird die 80%-Regel hier also nicht derart berücksichtigt, dass der Heizenergieverbrauch der Gebäude durch stärkere Wärmedämmung um 20% gesenkt wird. Es wird statt dessen von 100% Wärmebedarf gemäss SIA 380/1 ausgegangen und eine Einhaltung der 80%-Regel durch die Verwendung erneuerbarer Energien vorausgesetzt.

4.1.1 Vorgehen Wärmenachfrage

Baustandards:

Sanierung nach SIA 380/1: 2009:

Die Norm SIA 380/1: 2009 ist in allen Kantonen Basis für die gesetzlichen Bestimmungen zum Heizwärmebedarf von Gebäuden und legt mit Grenzwerten den maximalen Heizwärmebedarf fest. Die Norm wird hier verwendet, um pro Gebäude den Nutzenergiebedarf für Heizung und Warmwasser zu bestimmen. Dieser ist entsprechend der Norm abhängig von der Energiebezugsfläche, der thermischen Aussenhülle² und der Nutzungsart des Gebäudes. Nutzungsarten, welche auf den Arealen projektiert und bei der Ermittlung des Nutzenergiebedarfs berücksichtigt wurden, sind: Wohnen (Mehrfamilienhäuser), Verwaltung, Schulen, Verkauf und Restaurants.

¹ Kantonale Energieverordnung vom 28. Oktober 2008, Anhang, Art. 1.20

² Die thermische Gebäudehülle umschliesst alle Räume, welche zur Energiebezugsfläche eines Gebäudes gehören. Sowohl die thermische Gebäudehülle als auch die Energiebezugsfläche werden anhand der Pläne zu den Areal-Überbauungen abgeschätzt. Dabei wird davon ausgegangen, dass Keller unbeheizt sind (somit kein Teil der EBF). Die Teilflächen der thermischen Gebäudehülle, welche gegen unbeheizt oder Erdrich orientiert sind, werden mit einem durchschnittlichen Reduktionsfaktor von 0,7 in die Abschätzung der thermischen Gebäudehülle einbezogen.

Der auf diese Weise abgeschätzte Nutzenergiebedarf ist laut Gesetz der Grenzwert und gibt somit den maximal zulässigen Energiebedarf des Gebäudes an. Für Sanierungen ist er entsprechend um den Faktor 1,25 höher.

Sanierung nach Minergie:

Sanierungen, welche den Minergie-Standard erreichen sollen, dürfen eine von der Minergie-Agentur vorgegebene, gewichtete Energiekennzahl für Heizung, Warmwasser und Lüftung nicht überschreiten (Bezugsebene Endenergieverbrauch). Die Gewichtung erfolgt je nach zur Versorgung des Gebäudes verwendeten Energieträger anders und ist von der Nutzung abhängig. Für Wohnen liegt die gewichtete Energiekennzahl bei $60 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, für Verwaltung/Schulen/Verkauf bei $55 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ und für Restaurants bei $65 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

Für den Wärmeverbrauch resp. die thermische Gebäudehülle bestehen keine weiteren Anforderungen.

Neubau nach Minergie:

Bei Neubauten, welche nach Minergie erstellt werden sollen, müssen ebenfalls eine gewichtete Energiekennzahl einhalten. Diese liegt für Minergie-Neubauten für Wohngebäude bei 38 resp. für Verwaltung/Schulen/Verkauf bei 55 und für Restaurants bei $65 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

Hinzu kommt als "Primäranforderung", dass der Wärmebedarf eines Minergie-Neubaus für Heizen kleiner oder gleich 90% des gesetzlich zugelassenen Wärmebedarfs sein muss.

Neubau nach Minergie-P:

Für Minergie-P-Neubauten gelten strengere gewichtete Energiekennzahlen (Wohnen 30, Verwaltung/Schulen/Verkauf 25, Restaurants $40 \text{ kWh/m}^2\text{a}$).

Die Primäranforderung an Minergie-P-Neubauten besagen, dass der Wärmebedarf für Heizen unter 60% des gesetzlichen Grenzwerts liegen müssen, oder der Wärmebedarf kleiner oder gleich $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ betragen muss.

Warmwasser und Komfortlüftung:

Die Wärmenachfrage für Warmwasser wird anhand von Standardnutzungswerten für die jeweilige Nutzungsart des Gebäudes gemäss Norm SIA 380/1: 2009 einbezogen. Bei Gebäuden mit Mischnutzung wird der Anteil der Nutzungsarten an der Energiebezugsfläche für die Herleitung der Wärmenachfrage für Warmwasser berücksichtigt.

Die Wärmerückgewinnung durch die Komfortlüftung (bei Minergie und Minergie-P) reduziert die Wärmenachfrage eines Gebäudes. Als Reduktion werden in den Berechnungen als Näherung von $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ausgegangen gemäss Literatur (Minergie 2008). Der Strombedarf für die Lüftung wird für die Ableitung der gewichteten Energiekennzahl der Minergie-Standards mit $3 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ berücksichtigt.

4.1.2 Vorgehen Kältenachfrage

Auf den Arealen sind keine Nutzungen geplant, welche eine grosse Kältenachfrage mit sich bringen (bspw. Lebensmittelhandel oder EDV-Rechenzentren). Eine Kühlung wird in erster Linie in den Verwaltungsräumen im Zentrum Pilatus und evtl. im Pilatus-Saal realisiert werden.

Da nur Raumkühlungen realisiert werden, wird die Kältenachfrage vereinfacht mit Durchschnittswerten zur Kältenachfrage von Verwaltungsgebäuden gemäss SIA 380/4 abgeschätzt. Diese Durchschnittswerte liegen zwischen 4 und 9 Watt pro Quadratmeter Energiebezugsfläche.

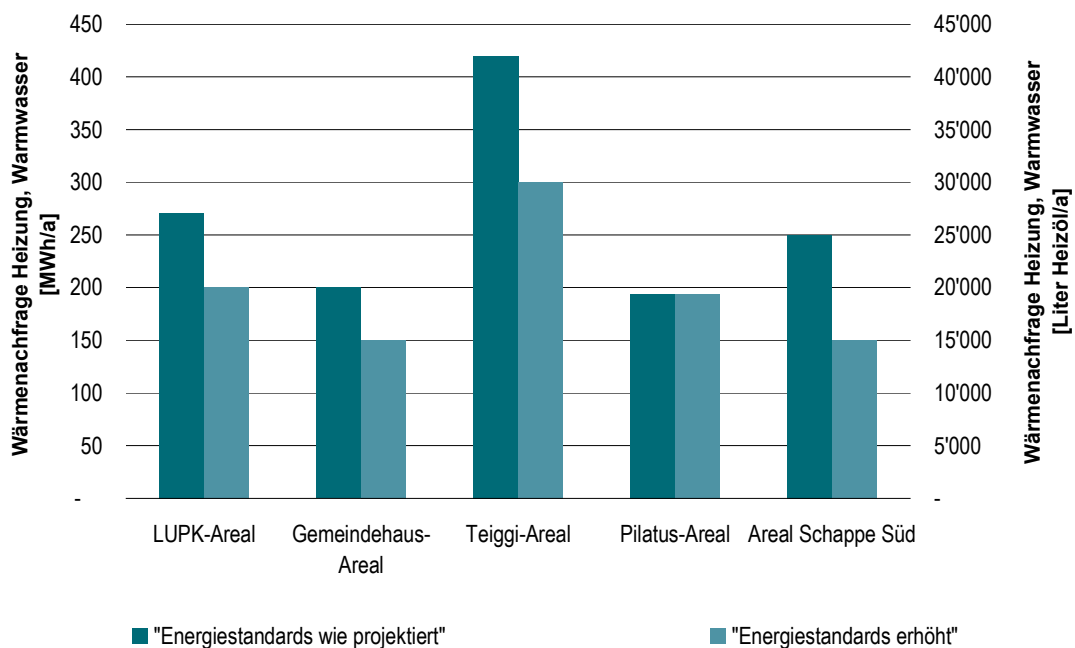
4.2 Energienachfrage auf den Arealen

4.2.1 Wärmenachfrage

Die Abschätzung des Wärmebedarfs für Heizung und Warmwasser (Ebene Nutzenergie) und der damit verbundenen Leistungsmaxima auf den Arealen ist in den untenstehenden Figuren für beide Varianten der Wärmenachfrage (siehe Kapitel 2.2) dargestellt.

Der Wärmebedarf pro Quadratmeter Energiebezugsfläche je Gebäude und die tabellierten Werte aus den nachstehenden Figuren sind im Anhang aufgeführt.

«Jährliche Wärmenachfrage»



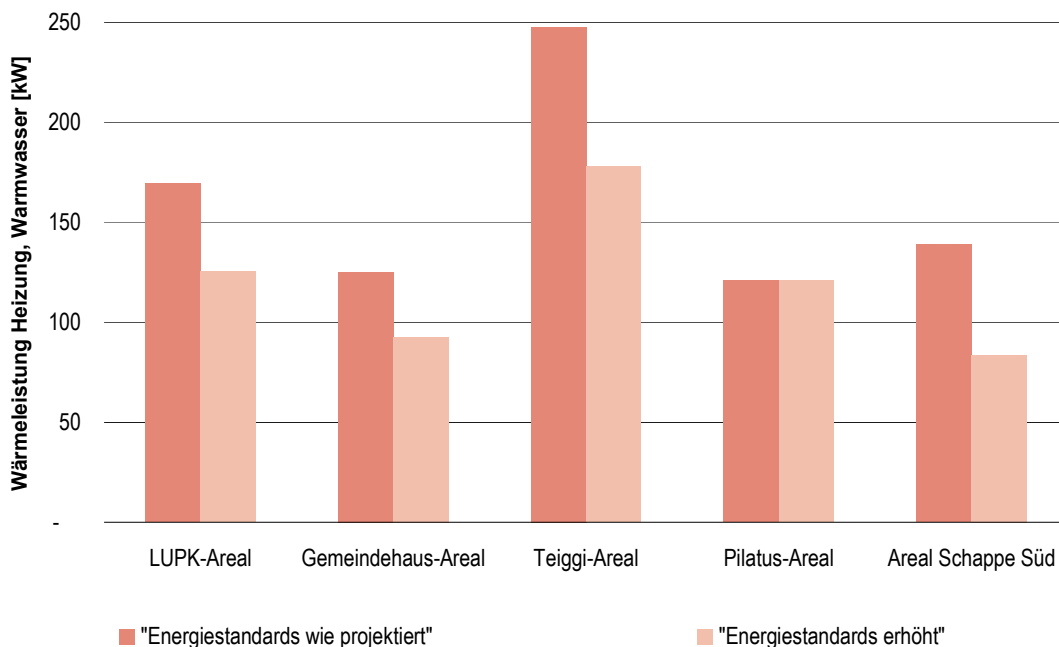
Figur 4: Wärmenachfrage für Heizung und Warmwasser der Areale für beide Varianten der Energiestandards in MWh resp. Liter Heizöl pro Jahr (Nutzenergie).

Mit Realisierung der Gebäude gemäss Variante "Energiestandards wie projektiert" (dunkle Balken in Figur; Neubauten v.a. Minergie, Sanierungen nach gesetzlichem Standard) resultieren auf den Arealen jährliche Wärmenachfragen zwischen rund 200 MWh (Pilatus-Areal) und 420 MWh (Teiggi-Areal), was äquivalent ist mit einem Verbrauch an Heizöl von 20'000 respektive 42'000 Litern Heizöl (rechte Skala in Figur).

Werden höhere Anforderungen an den Wärmeverbrauch der Gebäude gestellt und Bau-standards gemäss Variante "Energiestandards erhöht" realisiert (helle Balken in Figur; Neubauten Minergie-P, Sanierungen Minergie), sinkt die Wärmenachfrage in den Gebäuden um rund 30%. So kann beispielsweise der Verbrauch im Teiggi-Areal um 12'000 Liter auf 30'000 Liter Heizöl-Äquivalente gesenkt werden. Das Gebäude auf dem Pilatus-Areal ist in Minergie-P projektiert, weswegen der Wärmeverbrauch in beiden Nachfragevarianten gleich ist.

Die relativen Reduktionen auf den einzelnen Arealen zwischen den Varianten "Energiestandards wie projektiert" und "Energiestandards erhöht" sind unterschiedlich stark, da die Areale unterschiedlich viele Altbauten enthalten und die Nutzungen (Anteil Warmwasserverbrauch) verschieden sind.

«Leistungsmaxima der Wärmenachfrage»



Figur 5: Leistungsmaxima der Wärmenachfrage für Heizung und Warmwasser der Areale für beide Varianten der Energiestandards in kW Nutzenergie.

Ein ähnliches Bild wie bei der Wärmenachfrage ergibt sich bei den Leistungsmaxima für Heizung und die Warmwasserversorgung in Figur 5. Mit Variante "Energiestandards wie

projektiert" liegen die Leistungsmaxima zwischen rund 120 kW (Gemeindehaus- und Pilatus-Areal) und 250 kW (Teiggi-Areal). Durch Gebäudestandards gemäss Variante "Energierstandards erhöht" können die Leistungsmaxima um rund 30% reduziert werden.

4.2.2 Kältenachfrage

Es wird hier davon ausgegangen, dass nur beim Zentrum Pilatus eine Kühlung benötigt wird, welche zentral erfolgt. Gemäss der Pläne zum Zentrum Pilatus werden knapp 80% der Energiebezugsfläche (rund 9'000 m²) klimatisiert (Nutzflächen Gemeindeverwaltung, Polizei, Verkauf, Büro, Saal). Bei einer oberen Kühllast von 9 W/m² EBF (Kapitel 4.1.2) resultiert eine Leistungsnachfrage für Kühlung im Sommer von rund 80 kW.

5 Ermittlung und Bewertung des Wärme- und Kälteangebots

Im nachfolgenden Kapitel wird eine Auslegeordnung der Energiequellen erstellt. Dabei erfolgt eine gebietsspezifische Beurteilung. Die Ermittlung des Angebotes erfolgte in Rücksprache mit den EigentümerInnen (Abwasserkanal, Trafostationen) und den Bewilligungsbehörden (Grundwasser, Erdwärme).

Ist eine Energiequelle in ausreichender Menge auf einem Areal oder in der Nähe vorhanden, gilt sie als verfügbar. Der Mengen-Grenzwert orientiert sich an Hinweisen und Empfehlungen aus der Fachliteratur zur Mindestgrösse für einen wirtschaftlich vertretbaren Betrieb. Im Bezug auf das Kälteangebot wird eine mögliche Doppelnutzung angezeigt. D.h. es wird darauf hingewiesen dass sich die Quelle auch zum Freecooling oder zur Rückkühlung einer Kältemaschine eignet.

Für die nachfolgende Beurteilung der Energiequellen werden die in Kapitel 2.3 aufgeführten Kriterien verwendet. In die Bewertungen mit den Kriterien "Primärenergieverbrauch" und "Treibhauspotenzial" fliessen die aus der abgeschätzten Wärmenachfrage (Kapitel 4) abgeleiteten Endenergienachfragen je Energiequelle ein.

Folgende Energiequelle werden bewertet:

- Trafo - Abwärme
- Abwasser
- Brunnenwasser
- Grundwasser
- Erdwärmesonden
- Holz
- Erdgas

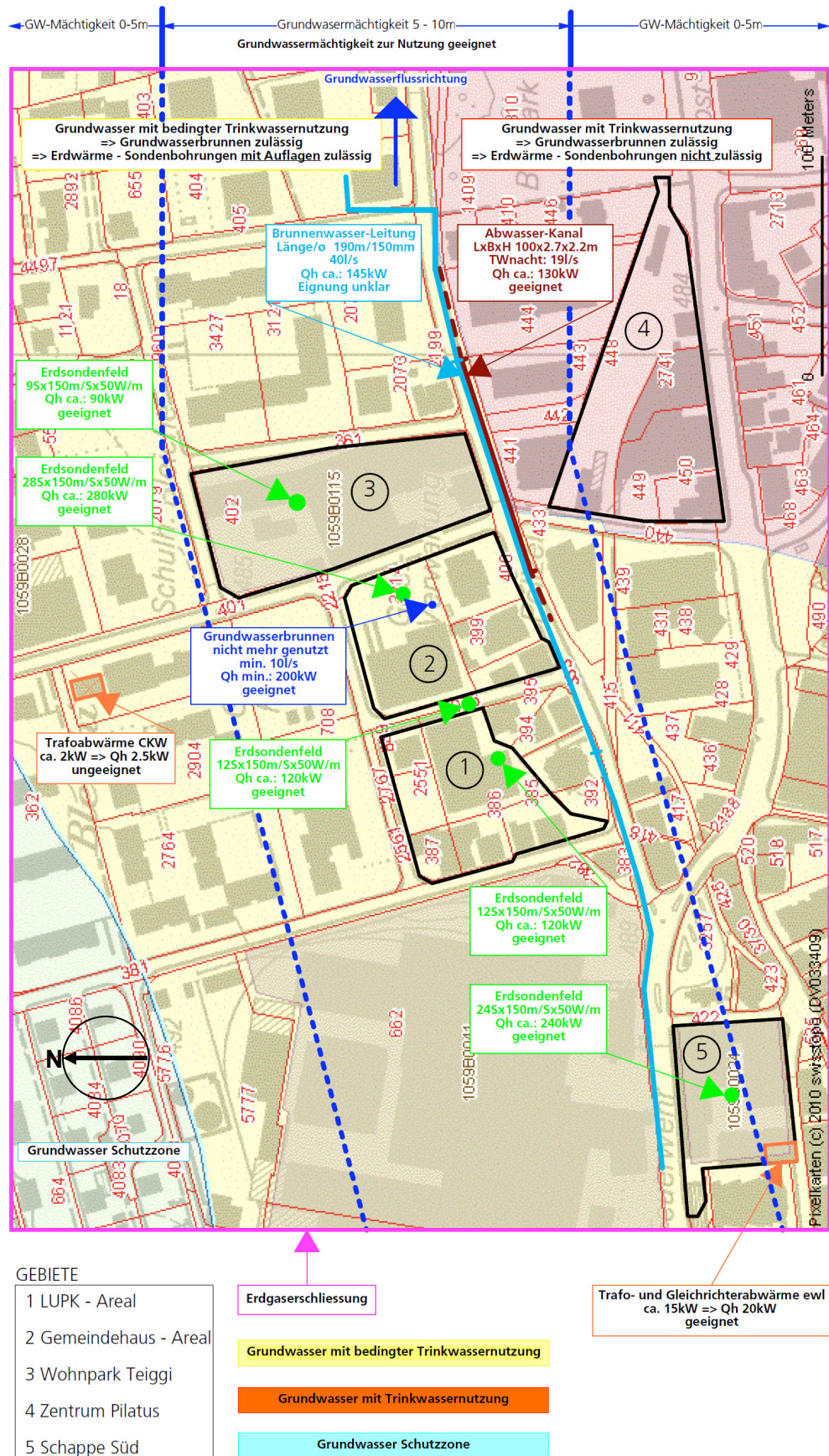
Bei allen Gebäuden ist prinzipiell der Einsatz von Solarthermie möglich. Wegen der zeitlichen Schwankungen des Energieangebots wird Solarthermie hier jedoch nicht betrachtet. Die Solarthermie kann aber bei allen Energieversorgungsvarianten zur Unterstützung der Wärmebereitstellung beigezogen werden. Eine Wärmebereitstellung mit Heizöl wird hier aus energiepolitischen Gründen nicht berücksichtigt.

5.1 Energieangebot auf den Arealen

5.1.1 Übersicht zu den Energieangeboten

Die nachstehende Figur fasst die Erkenntnisse zum Vorkommen und zur räumlichen Verteilung der verschiedenen Energiequellen in der Nähe oder auf den Arealen zusammen (Plan in A3-Format siehe Anhang A-5).

«Energiegebote im Zentrum von Kriens»



Figur 6: Zusammenstellung der Energieangebote im Zentrum von Kriens. Dargestellt im Plan sind auf den untersuchten Arealen die aktuellen Überbauungen (Zuordnung der Areale siehe Legende).

5.1.2 Energieangebot LUPK Areal

Das Areal der LUPK befindet sich in einem Grundwassergebiet mit bedingter Trinkwassernutzung. Es weist eine Grundwassermächtigkeit von 5 - 10 m auf, womit die Möglichkeit der energetischen Nutzung gegeben ist. Bei der Grundwassernutzung ist zu beachten, dass Nutzungen in angrenzenden Gebieten nicht gestört werden, respektive von anderen Grundwassernutzungen keine Störungen ausgehen.

In Grundwassergebieten mit bedingter Trinkwassernutzung sind Erdsondenbohrungen mit Auflagen zulässig. Im Zentrum des Areals sowie zwischen den Arealen LUPK und Gemeindehaus bestehen Freiflächen die für Erdsondenbohrungen genutzt werden könnten.

In der Schachenstrasse, auf der Seite des LUPK Areals, verläuft eine Brunnenwasserleitung mit einem Durchmesser von 150 mm, welche im natürlichen Gefälle ca. 40 l/s Quellwasser zu den Brunnen nach Luzern fördert. Die Wassermenge und die Lage der Leitung sprechen für eine energetische Nutzung, während der Umstand, dass die Umsetzung der Trinkwassernutzung in der Schweiz erst in wenigen Pilotanlagen realisiert wurde, eher gegen eine Nutzung spricht.

Auf der Basis dieser Informationen erfolgt folgende Beurteilung:

Quellen		Gebiet 1: LUPK Areal																				Bewertung							
		Nutzungs- möglichkeit	Richtplanpriorität				Technik			WGK ¹⁾				Nutzungspriorität				Primärenergie					Treibhauspot.						
		0/1 Verfügbarkeit	1 tief	2 mittel	3 hoch	4 sehr hoch	1 unbekannt	2 Pilotanlage	3 bekannt	4 erprobt	1 unbekannt	2 hoch	3 moderat	4 niedrig	1 tief	2 mittel	3 hoch	4 sehr hoch	1 sehr hoch	2 hoch	3 mittel	4 tief	1 sehr hoch	2 hoch	3 mittel	4 tief			
Trafo - Abwärme	Wärme	0																										0	
Abwasser	Wärme/Kälte	0																											0
Brunnenwasser	Wärme/Kälte	1			3		1				1							4				4						4	17
Grundwasser	Wärme/Kälte	1			3					4			3			2						4						4	20
Erdwärmesonde	Wärme/Kälte	1			3					4			2			2						4						4	19
Holz	Wärme	1			2					4			2			2					1							4	15
Erdgas	Wärme	1	1							4				4	1						2				1			13	

Tabelle 4: Beurteilung der Energiequellen im LUPK-Areal (¹⁾: Wärmegestehungskosten).

Die Beurteilung zeigt für das LUPK Areal als erste Priorität das Grundwasser, dicht gefolgt von den Erdwärmesonden, welche beide für den Wärme- und Kältebetrieb genutzt werden können.

5.1.3 Energieangebot Gemeindehaus Areal

Das Gemeindehaus-Areal befindet sich in einem Grundwassergebiet mit bedingter Trinkwassernutzung. Es weist eine Grundwassermächtigkeit von 5 - 10 m auf und verfügt im Zentrum über einen stillgelegten Grundwasserbrunnen, aus welchem in der Vergangen-

heit rund 10 l/s Trinkwasser gepumpt wurden. Da das Gebiet nicht über die notwendigen Rahmenbedingungen für eine Trinkwasserschutzzone verfügt, ist die Trinkwasserentnahme nicht mehr zulässig. Somit ist die Möglichkeit der energetischen Nutzung gegeben. Bei der Grundwassernutzung ist zu beachten, dass Nutzungen in angrenzenden Gebieten nicht gestört werden, respektive von anderen Grundwassernutzungen keine Störungen ausgehen.

In Grundwassergebieten mit bedingter Trinkwassernutzung sind Erdsondenbohrungen mit Auflagen zulässig. An der östlichen Grenze des Areals sowie zwischen den Arealen Gemeindehaus und LUPK bestehen Freiflächen, die für Erdsondenbohrungen genutzt werden könnten.

In der Schachenstrasse, auf der gegenüberliegenden Seite des Gemeindehaus Areals, verläuft eine Brunnenwasserleitung mit einem Durchmesser von 150 mm, welche im natürlichen Gefälle ca. 40 l/s Quellwasser zu den Brunnen nach Luzern fördert. Die Wassermenge spricht für eine energetische Nutzung, während die Lage der Leitung und der Umstand, dass die Umsetzung der Trinkwassernutzung in der Schweiz erst in wenigen Pilotanlagen realisiert wurde, eher gegen eine Nutzung sprechen.

Parallel zur Brunnenwasserleitung befindet sich ein Abwasserkanal mit einer Breite von 2.7 m und einer Höhe von 2.2 m. Er führt in der Nacht eine Trockenwetterwassermenge von ca. 19 l/s. Das Gemeindehaus Areal befindet sich am westlichen Ende des zum Einbau eines Wärmetauschers geeigneten Kanalabschnittes.

Auf der Basis dieser Informationen erfolgt folgende Beurteilung:

Quellen	Nutzungs- möglichkeit	Gebiet 2: Gemeindehaus Areal																				Bewertung					
		D/1 Verfügbarkeit	Richtplanpriorität				Technik				WGK ¹⁾				Nutzungspriorität				Primärenergie				Treibhauspot.				
			1 tief	2 mittel	3 hoch	4 sehr hoch	1 unbekannt	2 Pilotanlage	3 bekannt	4 erprobt	1 unbekannt	2 hoch	3 moderat	4 niedrig	1 tief	2 mittel	3 hoch	4 sehr hoch	1 sehr hoch	2 hoch	3 mittel		4 tief	1 sehr hoch	2 hoch	3 mittel	4 tief
Trafo - Abwärme	Wärme	0																								0	
Abwasser	Wärme/Kälte	1		3					3					2										4			18
Brunnenwasser	Wärme/Kälte	1		3		1					1													4			15
Grundwasser	Wärme/Kälte	1		3							4			3									4				22
Erdwärmesonde	Wärme/Kälte	1		3							4			2									4				19
Holz	Wärme	1		2							4			2									1				15
Erdgas	Wärme	1	1								4			4	1								2			1	13

Tabelle 5: Beurteilung der Energiequellen im Gemeindehaus Areal (¹⁾: Wärmegestehungskosten).

Begründet in der möglichen Umnutzung des bestehenden Grundwasserbrunnens, zeigt die Beurteilung für das Gebiet des Gemeindehauses eine klare Priorität beim Grundwasser, gefolgt von den Erdwärmesonden, welche beide für den Wärme- und Kältebetrieb genutzt werden können.

5.1.4 Energieangebot Wohnpark Teiggi

Das Areal Wohnpark Teiggi befindet sich in einem Grundwassergebiet mit bedingter Trinkwassernutzung. Es weist eine Grundwassermächtigkeit von 5 - 10 m auf, womit die Möglichkeit der energetischen Nutzung gegeben ist. Bei der Grundwassernutzung ist zu beachten, dass Nutzungen in angrenzenden Gebieten nicht gestört werden, respektive von anderen Grundwassernutzungen keine Störungen ausgehen.

In Grundwassergebieten mit bedingter Trinkwassernutzung sind Erdsondenbohrungen mit Auflagen zulässig. Im Zentrum des Areals bestehen Freiflächen, die für Erdsondenbohrungen genutzt werden könnten.

In der Schachenstrasse, auf der gegenüberliegenden Seite des Wohnparks Teiggi, verläuft eine Brunnenwasserleitung mit einem Durchmesser von 150 mm, welche im natürlichen Gefälle ca. 40 l/s Quellwasser zu den Brunnen nach Luzern fördert. Die Wassermenge spricht für eine energetische Nutzung, während die Lage der Leitung und der Umstand, dass die Umsetzung der Trinkwassernutzung in der Schweiz erst in wenigen Pilotanlagen realisiert wurde, eher gegen eine Nutzung sprechen.

Parallel zur Brunnenwasserleitung befindet sich ein Abwasserkanal mit einer Breite von 2.7 m und einer Höhe von 2.2 m. Er führt in der Nacht eine Trockenwetterwassermenge von ca. 19 l/s. Das Teiggi Areal liegt im Norden des zum Einbau eines Wärmetauschers geeigneten Kanalabschnittes.

Da sich der nutzbare Abwasserkanal auf der Seite des Gebietes 4 Zentrum Pilatus befindet, wurde hinsichtlich der begrenzten Verfügbarkeit der Quellen im Gebiet 4, die Nutzungspriorität der Abwasserwärme für das Gebiet 3 „mittel“ beurteilt.

Auf der Basis dieser Informationen erfolgt folgende Beurteilung:

		Gebiet 3: Wohnpark Teiggi																										
Quellen	Nutzungs- möglichkeit	0/1 Verfügbarkeit	Richtplanpriorität				Technik				WVGK ¹⁾				Nutzungspriorität				Primärenergie				Treibhauspot.				Bewertung	
			1 tief	2 mittel	3 hoch	4 sehr hoch	1 unbekannt	2 Pilotanlage	3 bekannt	4 erprobt	1 unbekannt	2 hoch	3 moderat	4 niedrig	1 tief	2 mittel	3 hoch	4 sehr hoch	1 sehr hoch	2 hoch	3 mittel	4 tief	1 sehr hoch	2 hoch	3 mittel	4 tief		
Trafo - Abwärme	Wärme	0																									0	
Abwasser	Wärme/Kälte	1			3				3				2				2					4					4	18
Brunnenwasser	Wärme/Kälte	1			3				1				1				2					4					4	15
Grundwasser	Wärme/Kälte	1			3					4			3				3					4					4	21
Erdwärmesonde	Wärme/Kälte	1			3					4			2				2					4					4	19
Holz	Wärme	1			2					4			2				2				1						4	15
Erdgas	Wärme	1	1							4			4	1							2				1		1	13

Tabelle 6: Beurteilung der Energiequellen im Areal Wohnpark Teiggi (¹⁾: Wärmegestehungskosten).

Die Beurteilung zeigt für das Areal Wohnpark Teiggi die erste Priorität das Grundwasser, gefolgt von den Erdwärmesonden, welche beide für den Wärme- und Kältebetrieb genutzt werden können.

5.1.5 Energieangebot Zentrum Pilatus

Das Areal Zentrum Pilatus befindet sich in einem Grundwassergebiet mit Trinkwassernutzung. Es weist eine Grundwassermächtigkeit von 0 - 5 m auf und bietet somit keine idealen Voraussetzungen für die energetische Nutzung.

In Grundwassergebiet mit Trinkwassernutzung sind Erdsondenbohrungen nicht zulässig.

In der Schachenstrasse, auf der Seite des Zentrum Pilatus Areals, verläuft eine Brunnenwasserleitung mit einem Durchmesser von 150 mm, welche im natürlichen Gefälle ca. 40 l/s Quellwasser zu den Brunnen nach Luzern fördert. Die Wassermenge und die Lage der Leitung sprechen für eine energetische Nutzung, während der Umstand, dass die Umsetzung der Trinkwassernutzung in der Schweiz erst in wenigen Pilotanlagen realisiert wurde, eher gegen eine Nutzung spricht.

Parallel zur Brunnenwasserleitung befindet sich ein Abwasserkanal mit einer Breite von 2.7 m und einer Höhe von 2.2 m. Er führt in der Nacht eine Trockenwetterwassermenge von ca. 19 l/s. Das Pilatus Areal grenzt im Norden an den, zum Einbau eines Wärmetauschers, geeigneten Kanalabschnitt.

Auf der Basis dieser Informationen erfolgt folgende Beurteilung:

Quellen		Gebiet 4: Zentrum Pilatus																Bewertung										
		Nutzungs- möglichkeit	Richtplanpriorität				Technik				WGK ¹⁾				Nutzungspriorität				Primärenergie				Treibhauspot.					
		0/1 Verfügbarkeit	1 tief	2 mittel	3 hoch	4 sehr hoch	1 unbekannt	2 Pilotanlage	3 bekannt	4 erprobt	1 unbekannt	2 hoch	3 moderat	4 niedrig	1 tief	2 mittel	3 hoch	4 sehr hoch	1 sehr hoch	2 hoch	3 mittel	4 tief	1 sehr hoch	2 hoch	3 mittel	4 tief		
Trafo - Abwärme	Wärme	0																									0	
Abwasser	Wärme/Kälte	1			3			3			2						4					4					4	20
Brunnenwasser	Wärme/Kälte	1			3		1			1							4					4					4	17
Grundwasser	Wärme/Kälte	0																									0	
Erdwärmesonde	Wärme/Kälte	0																									0	
Holz	Wärme	1		2					4		2				2				1								4	15
Erdgas	Wärme	1	1						4				4	1					2				1				13	

Tabelle 7: Beurteilung der Energiequellen im Pilatus-Areal (¹⁾: Wärmegestehungskosten).

Die Beurteilung zeigt für das Areal Zentrum Pilatus eine klare Priorität beim Abwasser, gefolgt vom Brunnenwasser, welche beide für den Wärme- und Kältebetrieb genutzt werden können.

5.1.6 Energieangebot Schappe Süd

Das Areal Schappe Süd befindet sich in einem Grundwassergebiet mit bedingter Trinkwassernutzung. Das Gebiet liegt auf der Grenze der Grundwassermächtigkeiten von 0 - 5 m und 5 - 10 m und bietet somit keine idealen Voraussetzungen für die energetische Nutzung.

In Grundwassergebieten mit bedingter Trinkwassernutzung sind Erdsondenbohrungen mit Auflagen zulässig. Im Zentrum des Areals bestehen Freiflächen die für Erdsondenbohrungen genutzt werden könnten.

In der Obernauerstrasse, auf der gegenüberliegenden Seite des Areals Schappe Süd, verläuft eine Brunnenwasserleitung mit einem Durchmesser von 150 mm, welche im natürlichen Gefälle ca. 40 l/s Quellwasser zu den Brunnen nach Luzern fördert. Die Wassermenge spricht für eine energetische Nutzung, während die Lage der Leitung und der Umstand, dass die Umsetzung der Trinkwassernutzung in der Schweiz erst in wenigen Pilotanlagen realisiert wurde, eher gegen eine Nutzung sprechen.

Die ewl betreiben bei der Busschleife eine Trafostation mit Gleichrichter für die VBL. Im Rahmen der Umgestaltung des Areals Schappe Süd soll die Trafo- und Gleichrichterstation in den Tankraum des heutigen Werkhofes verlegt werden. Die Trafostation liefert Abwärme in der Grössenordnung von 15 kW, welche durch ihre gute Lage genutzt werden kann.

Auf der Basis dieser Informationen erfolgt folgende Beurteilung:

		Gebiet 5: Schappe Süd																											
Quellen	Nutzungs- möglichkeit	0/1 Verfügbarkeit	Richtplanpriorität				Technik				WGK ¹⁾				Nutzungspriorität				Primärenergie				Treibhauspot.				Bewertung		
			1 tief	2 mittel	3 hoch	4 sehr hoch	1 unbekannt	2 Pilotanlage	3 bekannt	4 erprobt	1 unbekannt	2 hoch	3 moderat	4 niedrig	1 tief	2 mittel	3 hoch	4 sehr hoch	1 sehr hoch	2 hoch	3 mittel	4 tief	1 sehr hoch	2 hoch	3 mittel	4 tief			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
Trafo - Abwärme	Wärme	1			3																						4	21	
Abwasser	Wärme/Kälte	0																										0	
Brunnenwasser	Wärme/Kälte	1			3			1							1						2						4	4	15
Grundwasser	Wärme/Kälte	0																											0
Erdwärmesonde	Wärme/Kälte	1			3									4		2				3						4		4	20
Holz	Wärme	1		2										4		2				2				1				4	15
Erdgas	Wärme	1	1											4				4	1					2			1		13

Tabelle 8: Beurteilung der Energiequellen im Areal Schappe Süd (¹⁾: Wärmegestehungskosten).

Die Beurteilung zeigt für das Areal Schappe Süd eine klare Priorität bei der Trafoabwärme, gefolgt von den Erdwärmesonden, welche beide für den Wärme- und Kältebetrieb genutzt werden können.

5.2 Fazit zum Energieangebot

Ergebnisse der Nutzwertanalyse der untersuchten Energiequellen:

Die Nutzwertanalyse liefert zu den Energiequellen allgemeine Aussagen, welche für alle Areale gelten (siehe Tabelle 4 bis Tabelle 8). Die Nutzung von ortsgebundener, niederwertiger Wärme steht gemäss Nutzwertanalyse in allen Arealen im Vordergrund. So werden Trafo-Abwärme und Wärme aus dem Grundwasser generell am besten bewertet. An zweiter Stelle folgen die Wärmenutzung aus Abwasser und mittels Erdwärmesonden. Die Nutzung des Brunnenwassers erhält aufgrund der Unsicherheit bezüglich Ausgereiftheit der Technologie und der damit verbundenen unklaren Höhe der Wärmegestehungskosten die tiefste Bewertung innerhalb der Energiequellen, welche mit Wärmepumpen genutzt werden.

Die Holzenergie schneidet bei den Kriterien "Richtplanpriorität", "Nutzungspriorität" und "Primärenergieverbrauch" im Vergleich zu Abwärme- und Umweltwärmenutzung weniger gut ab. Die Gründe dafür sind wie folgt: Gemäss kantonalem Richtplan (Anhang A-4) hat Holzenergie nur eine mittlere Priorität. Die Nutzungspriorität wird für Holzenergie ebenfalls auf einen mittleren Werte gesetzt wegen der Zentrums- und Verkehrsbelastung durch Brennholzanlieferung und Feinstaubemissionen in dicht besiedeltem Gebiet als negative Faktoren). Der Primärenergieverbrauch ist für Holz im Vergleich zu Wärmepumpen relativ hoch (bei Holz nicht-erneuerbare und erneuerbare Anteile berücksichtigt).

Schlusslicht bei der Nutzwertanalyse bildet das Erdgas. Dies liegt an vergleichsweise schlechten Bewertungen durch die Kriterien "Richtplanpriorität", "Nutzungspriorität", "Primärenergieverbrauch" und "Treibhauspotenzial".

Prioritäre Energiequellen je Areal:

Für die einzelnen Gebiete ergibt sich aufgrund der jeweiligen Verfügbarkeit der Energiequellen und Unterschieden bei der Nutzungspriorität folgendes Bild für die Energieversorgung:

Areal	Priorität 1		Priorität 2	
	Quelle	Leistung	Quelle	Leistung
LUPK	Grundwasser	Messung notwendig	Erdwärmesonden	min. 240kW
Gemeindehaus	Grundwasser	bestehender Brunnen min. 200kW	Erdwärmesonden	min. 280kW
Wohnpark Teiggi	Grundwasser	Messung notwendig	Erdwärmesonden	min. 90kW
Zentrum Pilatus	Abwasser	min. 130kW	Holz oder Gas	unbegrenzt
Schappe Süd	Trafoabwärme	min. 20kW	Erdwärmesonden	min. 240kW

Tabelle 9: Übersicht über die Energiequellen, welche auf den Arealen prioritär genutzt werden sollten.

In den Gebieten LUPK Areal, Gemeindehaus und Wohnpark Teiggi zeigen sich die selben Nutzungsprioritäten. Gemäss Tabelle handelt es sich dabei um Grundwasser (Priorität 1) und Erdwärme (Priorität 2).

Aus technischer Sicht spricht grundsätzlich nichts gegen die gleichzeitige Nutzung beider Quellen, wobei ein grosses Augenmerk auf die gegenseitige Beeinflussung gelegt werden muss. Das gilt insbesondere für die Platzierung der Grundwasserbrunnen.

Die Gebiete Zentrum Pilatus und Schappe Süd zeigen sich autonomer. Gemäss Tabelle verfügen sie in erster Priorität über exklusive Quellen wie Abwasser und Trafoabwärme.

Zur Nutzung des Brunnenwassers konnten zum heutigen Zeitpunkt keine verwertbaren Betriebserfahrungen recherchiert werden. Aus diesem Grund wird die Technik im vorliegenden Konzept als unbekannt eingestuft. Da sich nach unserem Wissensstand einzelne Pilotanlagen in der Projektentwicklung resp. Realisierung befinden, ist zu erwarten, dass in den nächsten Jahren Betriebserfahrungen verfügbar sind. Demzufolge ist die Nutzung des Brunnenwassers zu einem späteren Zeitpunkt nochmals zu diskutieren, wird aber im vorliegenden Bericht nicht weiter behandelt.

6 Beurteilung der Energieversorgungsvarianten

Eine Bereitstellung von Heizwärme mit Abwärme oder Umweltwärme steht gemäss Kapitel 5 bei allen Arealen im Vordergrund. In der Folge wird mit der Gegenüberstellung von Leistungsnachfrage und -angebot für die Wärmebereitstellung analysiert, wie weit die Areale ausschliesslich mit einer Energiequelle aus Abwärme oder Umweltwärme versorgt werden können (Kapitel 6.1). Falls eine Vollversorgung mit einer einzigen Energiequelle nicht möglich ist, wird aufgezeigt, welche zusätzliche Energiequelle sich je Areal anbietet.

Da auf allen Arealen für die Nutzung von Abwärme oder Umweltwärme Wärmepumpen eingesetzt werden müssen, welche Strom verbrauchen, wird abgeschätzt in wie weit sich die Areale selbst mit Strom aus Photovoltaik-Anlagen versorgen könnten (Kapitel 6.2).

Zusätzlich werden Möglichkeiten zur Realisierung von Wärmeverbänden zwischen den Arealen betrachtet (Kapitel 6.3).

6.1 Deckung der Leistungsnachfragen

Die Gegenüberstellung von Leistungsnachfrage und Leistungsangebot für Raumheizung und Warmwasser durch Abwärme- und Umweltwärmequellen (Tabelle 10) zeigt, in wie weit diese prioritären Energiequellen zur Versorgung eines Areals ausreichen. Bei einem potenziellen Nutzungskonflikt können die vorhandenen Energiequellen einzelnen Arealen zugeordnet werden. In der Tabelle ist auch je Areal die Energiequelle zweiter Priorität gemäss Kapitel 5 aufgeführt.

Areal	Nachfrage Wärmeleistung [kW]		Angebot Wärmeleistung [kW]			
	Variante "Energienstandards wie projektiert"	Variante "Energienstandards erhöht"	Trafoabwärme	Abwasserkanal	Grundwasser	Erdsonden
LUPK	170	130	-	-	Messung notwendig (*)	120 (+120) (**)
Gemeindehaus	120	90	-	-	200 (*)	280 (+120) (**)
Teiggi	250	180	-	-	Messung notwendig (*)	90 (**)
Pilatus	120	120	-	130 (*)	-	-
Schappe Süd	140	80	20 (*)	-	-	240 (**)

Tabelle 10: Vergleich der nachgefragten Wärmeleistung für Heizung und Warmwasser auf den Arealen mit dem Leistungsangebot durch Umwelt- und Abwärme auf den Arealen oder in ihrer Nähe (Werte in Klammern, falls Quelle von mehreren Arealen aus nutzbar; Priorität der Energiequellen: 1. Priorität (*), 2. Priorität (**); 2. Priorität Pilatus Areal: Holz / Erdgas).

Auf den Arealen LUPK, Gemeindehaus und Teiggi soll jeweils mit erster Priorität Grundwasser für die Wärmebereitstellung genutzt werden. Mit dem Grundwasserbrunnen auf dem Gemeindehausareal können mindestens 200 kW Wärmeleistung bereitgestellt wer-

den. Unklar ist, wie gross die Leistung bei einer Grundwassernutzung auf den Arealen LUPK und Teiggi aufgrund des Grundwasservorkommens und der räumlichen Lage der 3 Areale bezüglich der Flussrichtung des Grundwassers (Störung der Areale untereinander bei Grundwassernutzung) sein könnten. Mit Probebohrungen müsste geklärt werden, ob eine Vollversorgung mit Wärme aus Grundwasser auf allen 3 Arealen möglich ist. Die Probebohrungen können im Rahmen der Baugrunduntersuchung stattfinden. Für eine ausschliessliche Versorgung mit Wärme aus Erdsonden ist beim Teiggi Areal ein zu geringes Leistungsangebot vorhanden (auch bei Realisierung von Minergie-P-Neubauten und Minergie-Sanierungen bestehender Bauten nach Variante "Energistandards erhöht" in der Tabelle).

Da der Neubau auf dem Pilatus Areal im Minergie-P-Baustandard errichtet werden soll, reicht das Leistungsangebot an Wärme aus dem Abwasserkanal für eine Vollversorgung des Gebäudes.

Die Kühlung beim Pilatus Areal kann voraussichtlich mit dem Abwasser-Wärmetauscher erfolgen: Bei einer Abwasserwärmetauscherleistung (Kondensator) von rund 100 kW (Delta T 2°K) und einer JAZ um 4 ergibt sich eine mögliche Wärmeaufnahme am Verdampfer von 70 - 80 kW. Dies liegt in der Grössenordnung der abgeschätzten Leistungsnachfrage für die Kühlung von ca. 80 kW (Kapitel 4.2.2). An erster Priorität steht die Wärmerückgewinnung in die Warmwassererzeugung.

Auf dem Areal Schappe Süd kann mit dem Angebot an Trafoabwärme (Energiequelle mit 1. Priorität) von rund 20 kW nur ein Teil der Nachfrage gedeckt werden. Auf dem grossen Innenhof des Areals kann aber ein Erdsondenfeld ausreichender Grösse erstellt werden, um die Wärmebereitstellung zu ergänzen.

Spitzenlastdeckung:

Im Sinne optimierter Wärmegestehungskosten ist zu prüfen, ob mit Abwärme oder Umweltwärme eine Grundlastversorgung (80 - 90% des Jahresenergiebedarfs) auf den Arealen bereitgestellt werden soll und Zusatzenergieträger dementsprechend die Aufgabe von Spitzenlast- und/oder Notversorgung übernehmen sollen.

Für den Fall einer bivalenten Versorgung bieten sich zur Deckung der Spitzenlast Gaskessel an, da die Areale im Erdgasversorgungsgebiet liegen und die Gaskessel bei geringen Investitionskosten ökonomisch betrieben werden können. Blockheizkraftwerke und Holzkessel eignen sich wiederum nicht als Spitzenlastträger, da sie zu lange Anlaufzeiten haben respektive schlecht modulierbar sind.

6.2 Deckung der Endenergienachfrage mit Photovoltaik-Strom

Auf allen Arealen kann die Wärme für Heizung und Warmwasser mit Wärmepumpen bereitgestellt werden. Hierfür werden Wärmepumpen verwendet, welche wiederum mit Strom betrieben werden. In der Folge wird abgeschätzt, in wie weit der für die Wärmepumpen benötigte Strom auf den Arealen mit Photovoltaik(PV)-Anlagen auf den Gebäudedächern erzeugt werden kann. Die Stromnachfrage durch die Wärmepumpen und die Stromproduktion der PV-Anlagen können zeitlich auseinander liegen, weswegen der PV-Strom in das öffentliche Stromnetz eingespeist wird.

Viele der Gebäude auf den Arealen haben Flachdächer, auf denen PV-Anlagen erstellt werden können (welche im Gegensatz zu PV-Anlagen auf Giebeldächern dadurch wenig sichtbar wären). Der Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser könnte so zu verschiedenen Anteilen auf den Arealen selber bereitgestellt werden. Bei einer Integration von PV-Modulen in die Gebäudefassaden könnten weitere Flächen für die Solarstromproduktion verwendet werden – die Fassadenflächen werden hier jedoch nicht betrachtet.

Das Areal Schappe Süd eignet sich aufgrund nicht optimal ausgerichteter Dächer und aufgrund von hohen Nachbargebäuden, welche das Areal teilweise verschatten, voraussichtlich nicht für eine umfassende Versorgung durch PV-Strom. Deswegen wird das Areal in der folgenden Abschätzung nicht berücksichtigt.

Die Möglichkeit einer Eigenversorgung der Areale (ausser Schappe Süd) mit Strom aus PV-Anlagen ist für die beiden Nachfragevarianten (Kapitel 2.2) in Tabelle 11 aufgeführt.³

Areal	Grösse der PV-Anlage [m ²]	PV Ertrag pro Areal [MWh/a]	Strombedarf Variante "Energiestandards wie projiziert"		Strombedarf Variante "Energiestandards erhöht"	
			MWh/a	PV-Deckung	MWh/a	PV-Deckung
LUPK-Areal	410	50	90	50%	70	70%
Gemeindehaus-Areal	480	55	70	90%	50	120%
Teiggi-Areal	750	90	140	70%	100	90%
Pilatus-Areal	450	55	65	80%	65	80%

Tabelle 11: Grad der solaren Deckung des Strombedarfs der Wärmepumpen (Heizung & Warmwasser) durch dachintegrierte Photovoltaik-Anlagen für die beiden Varianten der Energiestandards. (Areal Schappe Süd nicht aufgeführt, da voraussichtlich wenig geeignet für PV-Stromerzeugung).

Der Strombedarf der Wärmepumpen kann auf den meisten Arealen mehrheitlich mittels PV-Strom bereitgestellt werden (Areal Schappe Süd nicht betrachtet).

Bei einer Stromnachfrage gemässe Variante "Energiestandards wie projiziert" beträgt die solare Deckung zwischen 50% beim LUPK-Areal und 90% beim Gemeindehaus-Areal.

³ Annahmen: Verschattung durch Gebäude berücksichtigt, Module auf Flachdächern 30° geneigt, Reihenabstände 2,3 m, 1,5 m Abstand zu Dachrändern, Jahresertrag PV-Anlagen: 120 kWh/m² PV (entspricht Modulwirkungsgrad von circa 12%), Jahresarbeitszahl der Wärmepumpen (Heizung und Warmwasser): 3.

Mit einer Nachfrage gemäss Variante "Energiestandards erhöht" (alle Neubauten Minergie-P, Sanierungen Minergie) könnte das Gemeindehausareal vollständig mit Strom für die Wärmepumpen versorgt werden. Die Deckung bei den anderen Areale liegt bei 70 bis 90%.

Durch Verwendung von monokristallinen PV-Modulen mit höheren Wirkungsgraden ist eine Vollversorgung aller Areale (LUPK, Gemeindehaus, Teiggi und Pilatus) in Reichweite.

6.3 Mögliche Wärmeverbunde zwischen den Arealen

Die benachbarten Areale LUPK, Gemeindehaus und Wohnpark Teiggi stimmen in der Nutzung, dem Realisierungszeitraum und dem Energiequellenangebot überein. Die Quellennutzung muss aufgrund der Nähe der Areale untereinander so koordiniert werden, dass keine gegenseitige Beeinflussung stattfindet.

Die unmittelbare Nachbarschaft der Areale und die anzustrebende Verwendung von Grundwasser als Energiequelle auf jedem der Areale macht es voraussichtlich vorteilhaft, die drei Areale in einem Nahwärmeverbund zusammenzuschliessen. Durch die hohe Anschlussdichte und die tiefen Betriebstemperaturen werden die Fernleitungsverluste minimiert, sodass der Gesamtnutzen des Nahwärmeverbundes voraussichtlich gegeben ist. Eine gemeinsame Heizzentrale bringt weitere Vorteile bezüglich Platzbedarf und Betriebseffizienz.

Da die zu sanierenden Gebäude auf dem Teiggi Areal (Gebäude C4 und C5) auch bei einer Sanierung nach aktuellem gesetzlichem Baustandard (und nicht nach Minergie) eine gute Wärmedämmung erhalten, können auch diese Gebäude mit niedertemperaturigem Fernleitungswasser beheizt werden.

Die Etappierung der Überbauungen auf den 3 Arealen zwischen voraussichtlich 2011 und 2016 wird als unproblematisch für die Erstellung eines Wärmeverbunds eingeschätzt, wenn ein (oder mehrere) Gasheizungen zur Notversorgung oder zur Spitzenlastabdeckung realisiert werden.

Das Pilatus Areal verfügt über eine autonom nutzbare Energiequelle und das Areal Schappe Süd liegt weiter entfernt, weshalb sich die Einbindung dieser Areale in einen Gesamtverbund nicht anbietet.

7 Empfehlungen

7.1 Zentrumsareale

Nahwärmeverbund auf den Arealen LUPK / Gemeindehaus / Teiggi:

Wir empfehlen, die Areale LUPK, Gemeindehaus und Teiggi zu einem Nahwärmeverbund zusammenzuschliessen. Der Nahwärmeverbund kann prinzipiell durch eine zentrale Grundwasser- und Erdsondenwärmepumpe versorgt werden. Aus Gründen der Etappierung der Überbauungen, der Wärmegestehungskosten und der Betriebssicherheit ist zu prüfen, ob je Areal (oder zentral) zusätzlich Gaskessel erstellt werden sollten. Die Elektrizität zum Betrieb der Wärmepumpen sollte mit Ökostromprodukten bereitgestellt werden. Sie kann mehrheitlich mit Photovoltaik-Anlagen auf den Gebäudedächern erzeugt werden.

Im Nahwärmeverbund produziert eine zentrale Wärmepumpe Fernleitungswasser (Niedertemperatur) zur Deckung des Heizleistungsbedarfs und zur Vorwärmung des Brauchwarmwassers. Dezentrale Wärmepumpen erhöhen das vorgewärmte Brauchwarmwasser auf die notwendige Nutzungstemperatur. Der genaue Umfang des Wärmeangebots durch Grundwasser und die damit verbundene maximale Leistung muss im Vorfeld gemessen werden. Die fehlenden Wärme- respektive Leistungsmenge kann mit den Erdsonden bereitgestellt werden.

Aufgrund der etappierten Überbauung der 3 Areale sowie der Optimierung der Wärmegestehungskosten und der Erhöhung der Betriebssicherheit sollte der Einsatz von Gaskesseln zur Spitzenlastdeckung geprüft werden.

Um die Umweltwirkung des Stromverbrauchs der Wärmepumpen zu minimieren, sollten die Wärmepumpen mit Ökostromprodukten betrieben werden. Mit Photovoltaik-Anlagen, welche auf den Flachdächern der Gebäude installiert werden, kann der Elektrizitätsbedarf der Wärmepumpen zum Grossteil gedeckt werden. Bei Realisierung von Minergie-P-Neubauten und Minergie-Sanierungen können sich die Arealen rechnerisch vollumfänglich selbst mit Energie für die Wärmebereitstellung versorgen.

Abwasserwärmepumpe auf dem Pilatus-Areal:

Auf dem Pilatus-Areal kann eine Abwasserwärmepumpe realisiert werden, welche die Wärme aus dem Abwasserkanal der Schachenstrasse nutzt. Die zusätzliche Erstellung eines Gaskessels zur Erhöhung der Versorgungssicherheit und Senkung der Wärmegestehungskosten ist zu prüfen. Die Elektrizität zum Betrieb der Wärmepumpen sollte mit Ökostromprodukten bereitgestellt werden. Sie kann zum Grossteil mit einer Photovoltaik-Anlage auf dem Gebäudedach erzeugt werden.

Das Leistungsangebot an Wärme aus dem Abwasserkanal reicht für eine Vollversorgung des Neubaus im Minergie-P-Baustandard aus. Zur Nutzung der Wärme des Abwasserkanals muss ein Wärmetauscher in den Abwasserkanal in der Schachenstrasse integriert werden.

Es ist bei der Ausarbeitung des Detailkonzepts abzuklären, ob der Wärmetauscher im Abwasserkanal stark verschmutzen kann und deshalb zur Erhöhung der Versorgungssicherheit des Gebäudes ein Gaskessel vorgesehen werden muss. Dieser könnte auch die Spitzenlast übernehmen und gegebenenfalls zur Verringerung der Wärmegestehungskosten führen.

Die Kühlung der knapp 10'000 m² Energiebezugsfläche, welche für Verwaltung, Veranstaltung, Verkauf und Büros vorgesehen ist, kann mit dem Abwasser-Wärmetauscher erfolgen. Erste Priorität sollte die Wärmerückgewinnung in das Warmwasser haben.

Die Umweltwirkung des Stromverbrauchs der Wärmepumpen kann durch den Einsatz von Ökostromprodukten minimiert werden. So kann mit Erstellung einer Photovoltaik-Anlage auf dem Flachdach des Gebäudes der Grossteil des jährlichen Strombedarfs für die Wärmepumpe im Jahresdurchschnitt erzeugt werden.

Trafo- und Erdwärmenutzung auf dem Areal Schappe Süd

Auf dem Areal Schappe Süd kann der Leistungs- und Energiebedarf für Raumheizung und Brauchwarmwasser zu 100% mit einer Wärmepumpe gedeckt werden. Dabei stammen rund 30% der Jahresenergie aus der Trafoabwärme und die restlichen 70% aus Erdwärmesonden. Die zusätzliche Erstellung eines Gaskessels zur Erhöhung der Versorgungssicherheit und Senkung der Wärmegestehungskosten ist zu prüfen. Die Elektrizität zum Betrieb der Wärmepumpen sollte mit Ökostromprodukten bereitgestellt werden.

Auf dem Areal Schappe Süd empfiehlt sich die Abwärmenutzung des Trafos, welcher auf dem Areal vorhanden ist. Ergänzt wird die Wärmeversorgung mit Erdwärmesonden, welche im Innenhof des Areals verlegt werden.

Es ist zu prüfen, ob zur Senkung der Wärmegestehungskosten (Spitzenlast) und zur Erhöhung der Versorgungssicherheit ein Gaskessel installiert werden sollte.

Die Gebäude auf dem Areal Schappe Süd sind für die Erstellung von grösseren Photovoltaik-Anlagen, mit denen die Wärmepumpen versorgt werden können, aufgrund von schlechter Dachausrichtung und Verschattung durch Nachbargebäude ungeeignet.

Eine allfällige zukünftige Aufstockung des Gebäudes der Musikschule stellt für die Wärmeversorgung kein Problem dar. Erdwärmesondenfeld und Wärmepumpe können entsprechend grösser geplant werden respektive zu einem späteren Zeitpunkt angepasst werden.

7.2 Areal Eichenspes

Auf dem Areal Eichenspes wird ein Neubau erstellt, in welchem die Feuerwehr und der Werkhof untergebracht werden. Das Areal liegt in unmittelbarer Nähe zum Schulhaus Feldmühle sowie einigen bestehenden Mehrfamilienhäusern an der Eichenspesstrasse.

In der Folge wird eine Empfehlung zur Versorgung des Areals abgegeben, welche sich in erster Linie auf bestehenden Untersuchungen und Informationen zum Eichenspes stützen.

Mögliche Varianten der Energieversorgung des Areals Eichenspes wurden im Rahmen des Architekturstudienauftrags Eichenspes sowie eines Energiekonzepts für die Schulanlagen Feldmühle diskutiert. Eine Zusammenfassung dieser Rahmenbedingungen, eine Abschätzung der Leistungsnachfrage für Heizung und Warmwasser sowie ein Arealplan mit den Energieangeboten sind im Anhang A-1 aufgeführt.

Auf Grund dieser Vorarbeiten wird nachfolgend eine erste Empfehlung für die Energieversorgung des Areals Eichenspes abgeleitet:

Auf dem Eichenspes sollte in erster Linie die Wärme des vorhandenen Grundwassers genutzt werden. In zweiter Priorität respektive zur Ergänzung des Energieangebots kann eine Holzsnitzelheizung erstellt werden. Die Erstellung eines Wärmeverbundes zusammen mit dem Schulhaus Feldmühle und den nahen Mehrfamilienhäusern ist zu prüfen. Die Bereitstellung der Elektrizität sollte mit Ökostromprodukten erfolgen. Dies kann teils auf dem Areal durch die Nutzung der grossen Flachdächer der Überbauung Eichenspes zur Produktion von Strom mit Photovoltaik-Anlagen erfolgen.

Die Grundwassernutzung hat höchste Priorität für die Wärmeversorgung, da auch in Zukunft die Senkung des Grundwasserspiegels auf dem Areal durch Abpumpen von Grundwasser notwendig sein wird und zudem die Nutzung vorhandener Umweltwärmequellen gemäss kantonalem Richtplan prioritär ist.

Für die Erstellung einer Holzsnitzelheizung ist das Areal Eichenspes aufgrund seiner eher dezentralen Lage geeignet. Anders als in zentraleren Lagen sind das Verkehrsaufkommen durch die Anlieferung des Brennstoffs und die Feinstaubemissionen durch die Holzverbrennung als wenig problematisch zu bewerten.

Die Frage, wie weit die Erstellung eines Nahwärmeverbundes möglich ist, wird zur Abklärung zusammen mit den potenziellen Wärmeabnehmern empfohlen. Ein Wärmeverbund könnte von einer Wärmezentrale auf dem Areal Eichenspes betrieben werden und neben dem Schulhaus Feldmühle auch die Mehrfamilienhäuser in der Nähe versorgen.

Für die Versorgung eines kleinen Wärmeverbunds, welcher nur das Eichenspes und das Schulhaus versorgt, reicht die verfügbare Leistung aus dem Grundwasser voraussichtlich aus.

Ein grösserer Wärmeverbund, welcher auch die nahe gelegenen Mehrfamilienhäuser einbezieht, könnte ergänzend zur Wärme aus dem Grundwasser mit einer Holzheizung versorgt werden.

Bei Erstellung eines Wärmeverbunds ist bei den für einen Anschluss an das Wärmenetz in Frage kommenden Anrainern frühzeitig abzuklären, ob diese für einen Beitritt zum Verbund zu gewinnen sind.

Auch auf dem Eichenspes sollte zur Minimierung der Umweltwirkungen des Stromverbrauchs der Wärmepumpen Ökostromprodukte verwendet werden. Mit Nutzung der Dachflächen des Neubaus im Eichenspes zur Solarstromproduktion kann die Selbstversorgung des Gebäudes mit Energieträgern aus dem Areal erhöht werden.

Literatur

- Eichenspes Gemeinde Kriens, Feuerwehr- und Werkhofgebäude Eichenspes, Kriens, Studienauftrag auf Einladung unter Architektinnen und Architekten, Bericht des Beurteilungsgremiums, 10. Februar 2010, Büro für Bauökonomie, Luzern.
- Energiekonzept Schulanlage, 7.9.2009, Josef Ottiger + Partner (JOP), Emmenbrücke.
- Emch+Berger 2007 Machbarkeitstudie Abwasserwärmenutzung, Neubauprojekt Gemeindezentrum Kriens, Technischer Bericht, 28.02.2007, Emch+Berger WSB AG, Emmenbrücke.
- Energieverordnung Energieverordnung des Kantons Luzern, Nr. 774, Änderungen vom 28. Oktober 2008.
- GIS Luzern Online GIS-Karte des Kanton Luzern zur Erdwärmenutzung (3.5.2010): <http://www.geo.lu.ch/map/erdwaermenutzung/>
- Minergie Der Minergie-Standard für Gebäude, Infos für Baufachleute, Minergie 2008.
- Pilatus Areal Zentrumsbebauung Pilatus-Areal Kriens, Dossier (August 2009) und Plandossier, Burkard Meyer Architekten, Baden.
- Planungsbericht Energie 2006 Planungsbericht des Regierungsrates an den Grossen Rat über die Energiepolitik des Kantons Luzern (Planungsbericht Energie 2006, B 151).
- Publikationen aus der "Aktion Energie in Infrastrukturanlagen" im Programm Energie Schweiz.
- Publikationen der Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz FWS (www.fws.ch).
- QM Holzheizkraftwerke Planungshandbuch, Ausgabe 2004.
- Richtplan Kriens Richtplan Zentrum Kriens, August 2004, pool Architekten / Berchtold Lenzin / IBV, Zürich.
- Schappe Süd Gemeinde Kriens, Kultur- und Jugendzentrum Schappe Süd Kriens, Studienauftrag unter Architektinnen und Architekten, Bericht des Beurteilungsgremiums, 15. Dezember 2009, Büro für Bauökonomie, Luzern.
- Gebäude- und Arealpläne 1:200 zur Schappe Süd, Graber & Steiger GmbH, Luzern.
- SIA 380/1 (2009) Thermische Energie im Hochbau, SIA Norm 520 380/1.

SIA 380/4 Elektrische Energie im Hochbau, SIA Norm 565 380/4.

Teiggi / Gemeindehaus / LUPK

Bebauungsplan Teiggi / Gemeindehaus / LUPK-Areal Kriens, Planungsbericht zum Bebauungsplan, Verabschiedet zur Vorprüfung beim Kanton durch den Gemeinderat von Kriens am 20.1.2010, Projektstand: Entwurf vom 4. Februar 2010, Lengacher & Emmenegger / Koepfli Partner, Luzern.

Teiggi / Gemeindehaus / LUPK Areal Kriens, Projektwettbewerb unter Architekten, Kostenschätzung nach Makroelementen, 2. Juli 2009, Büro für Bauökonomie, Luzern.

Gebäude- und Arealpläne 1:200, Projekt BASTAPASTA.

Wärme- und Klimakältenutzung aus ungenutzten Wasserpotenzialen, Kurzbericht 27.06.2008, bapGROUP und ewl, Luzern.

Anhang

A-1 Informationen zum Areal Eichenspes

Auf dem Areal Eichenspes wird der neue Standort für Feuerwehr und Werkhof erstellt. Geplant sind 4'000 m² Nutzfläche, welche mindestens den Minergie-Standard haben sollen. Nördlich bis westlich angrenzend an das Areal stehen verschiedene Mehrfamilienhäuser und das Schulhaus Feldmühle. Die Rahmenbedingungen für die Bebauung des Areals Eichenspes sind in Tabelle 12 aufgeführt.

EigentümerIn	Gemeinde Kriens
Bestehend / Neubau	Neubauten für Werkhof und Feuerwehr
Nutzungsart	Industrie (Werkhof / Feuerwehrgebäude)
Realisierungszeitraum	In Abstimmung mit Areal Schappe Süd
Projektiertes Baustandard	Mindestens Minergie
Projektierte Energiebezugsfläche	ca. 4'000 m ²

Tabelle 12: Rahmenbedingungen des Areals Eichenspes gemäss Planungsunterlagen.

Die nachgefragte maximale Leistung durch Raumwärme und Brauchwarmwasser der geplanten Überbauung auf dem Eichenspes wird auf rund 60 kW geschätzt (Nutzungsart "Industrie" gemäss SIA 380/1:2009).

Angaben zu Energiequellen, welche auf dem Areal Eichenspes oder in seiner unmittelbaren Umgebung vorhanden sind, wurden aus folgenden Literaturquellen entnommen (siehe auch Literaturangaben Seite 35):

- Bericht des Beurteilungsgremiums vom 10. Februar 2010 zum Studienauftrag Eichenspes
- Energiekonzept Schulanlage Feldmühle vom 7.9.2009
- Online GIS-Karte des Kanton Luzern zur Erdwärmenutzung

Tabelle 13 gibt einen Überblick über die Verfügbarkeit der betrachteten Energiequellen für das Areal Eichenspes:

Energiequelle	Verfügbarkeit	Erläuterung
Trafoabwärme	?	Keine Untersuchung bekannt
Abwasser	?	Keine Untersuchung bekannt
Brunnenwasser	?	Keine Untersuchung bekannt
Grundwasser	Verfügbar (ca. 200 kW)	Pumpwerk vorhanden, welches auch in Zukunft Grundwasser in nahe gelegenen Bach abpumpen wird
Erdwärmesonden	Bedingt verfügbar	Areal liegt in Grundwasserschutzzone. Auf dem angrenzenden Schulhaus-Areal können Erdwärmesonden verlegt werden
Holz	Verfügbar	
Erdgas	Verfügbar	Gebiet mit Erdgas erschlossen

Tabelle 13: Verfügbarkeit von Energiequellen auf dem Areal Eichenspes.

Im Studienauftrag zum Architekturwettbewerb "Feuerwehr- und Werkhofgebäude Eichenspes" ist die energetische Nutzung des bestehenden Grundwasserpumpwerkes erwähnt. Das Grundwasserpumpwerk befindet sich auf der Parzelle 924 (siehe nachstehende Arealkarte) und wird ab September 2011 nicht mehr zur Trinkwasserbereitstellung genutzt. Die Pumpmenge beträgt rund 500 Liter pro Minute. Sie steht in Zukunft für die energetische Nutzung in der Grössenordnung von 200 kW Heizleistung zur Verfügung. An Stelle eines Rückgabebrunnens könnte das nach der energetischen Nutzung abgekühlte Grundwasser in den Sienenbach geleitet werden. Mit der Wärme aus dem Grundwasser könnte voraussichtlich die Wärmenachfrage der Überbauung Eichenspes und des Schulhauses gedeckt werden.

Der Eichenspes wird in einer Studie berücksichtigt, welche die Erstellung eines Holznahmewärmenetzes zusammen mit dem Schulhaus Feldmühle untersucht (JOP 2009). Das Schulhaus wird saniert werden. Im Energiekonzept wird eine Holzsnitzelheizung im Feuerwehr- und Werkhofgebäude empfohlen. Über einen Nahwärmeverbund soll die Grundversorgung des Schulhauses sichergestellt werden. Als Spitzenlast- und Notenergeträger für das Schulhaus wird eine dezentrale Gasheizung in Erwägung gezogen. Sie würde gleichzeitig die Wärmeversorgung des Schulhauses übernehmen, bis der Nahwärmeverbund ab der neuen Schnitzelheizung im Feuerwehr- und Werkhofgebäude betriebsbereit ist. Mit Erstellung einer Wärmezentrale beim Werkhof und dem Anschluss des Schulhauses Feldmühle entfällt eine ggf. gefährliche Anlieferung von Holzsnitzeln auf dem Schulareal (Gefährdung von Kindern durch Laster).

Verschiedene Mehrfamilienhäuser nördlich des Areals könnten bei der Erstellung eines Wärmeverbunds gegebenenfalls als Wärmeabnehmer in den Verbund integriert werden. Durch den Verbund besteht die Möglichkeit, den Betrieb einer Holzsnitzelheizung zu optimieren und eine Mindestgrösse zu erreichen, welche einen wirtschaftlichen Betrieb gestattet.

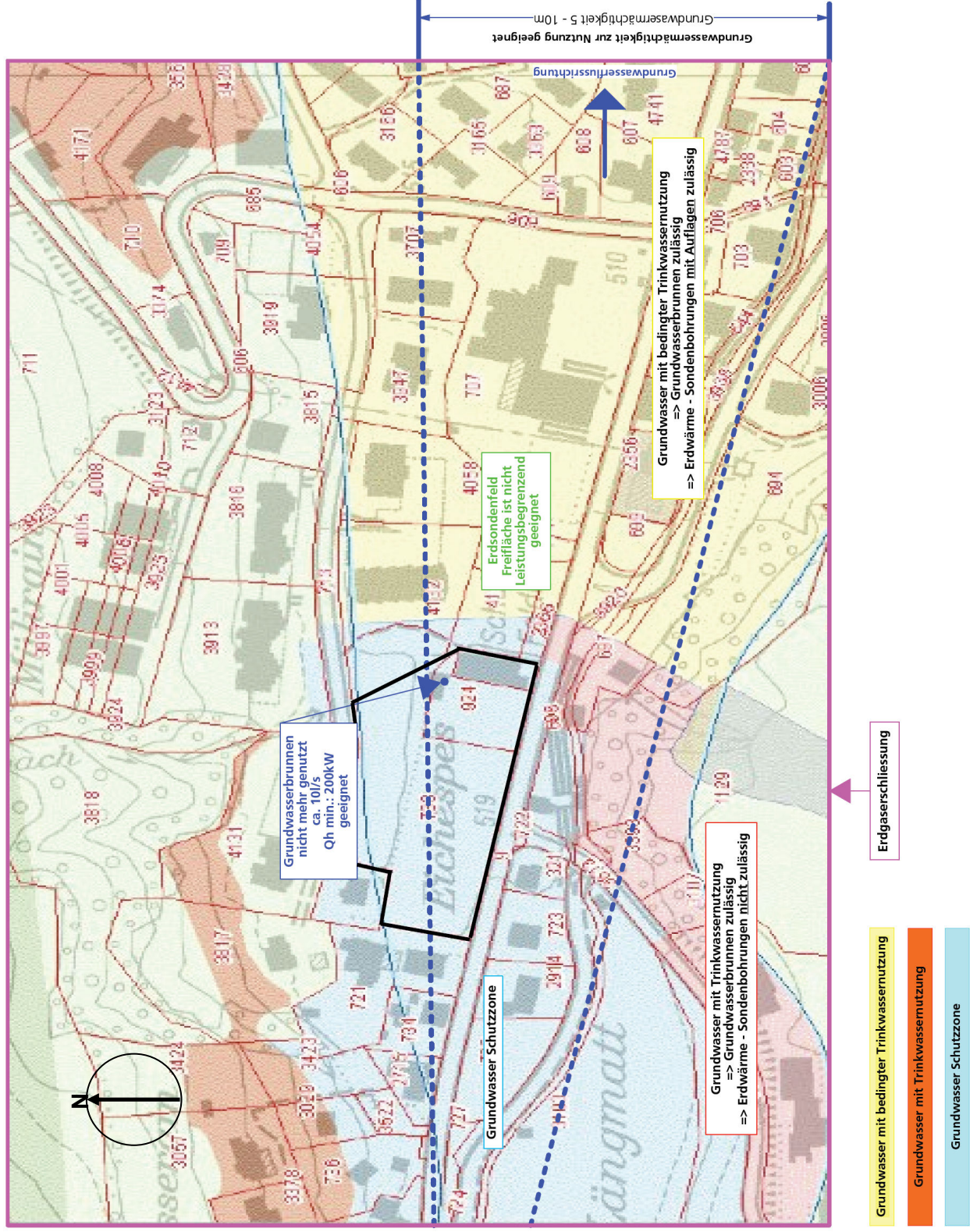
Im Bezug auf die Nutzung weisen sowohl das Feuerwehr- und Werkhofgebäude wie auch das Schulhaus stark schwankende Lasten auf. Die angrenzenden Wohnbauten unterliegen mehrheitlich den klimatisch bedingten Lastschwankungen.

Die Kombination einer Grundwasserwärmepumpe mit einer Holzsnitzelfeuerung ist technisch grundsätzlich möglich. Ob die Kombination sinnvoll ist, hängt aber stark von der Ausprägung der kumulierten Lastkurve der Wärmebezüger ab. Es sind beides keine Spitzenlastenergeträger, d.h. für eine sinnvolle Kombination muss genügend Heizleistungsbedarf vorhanden sein. Eine aus technischer Sicht ideale Ergänzung der Wärmeerzeugung kann mit Erdgas erfolgen.

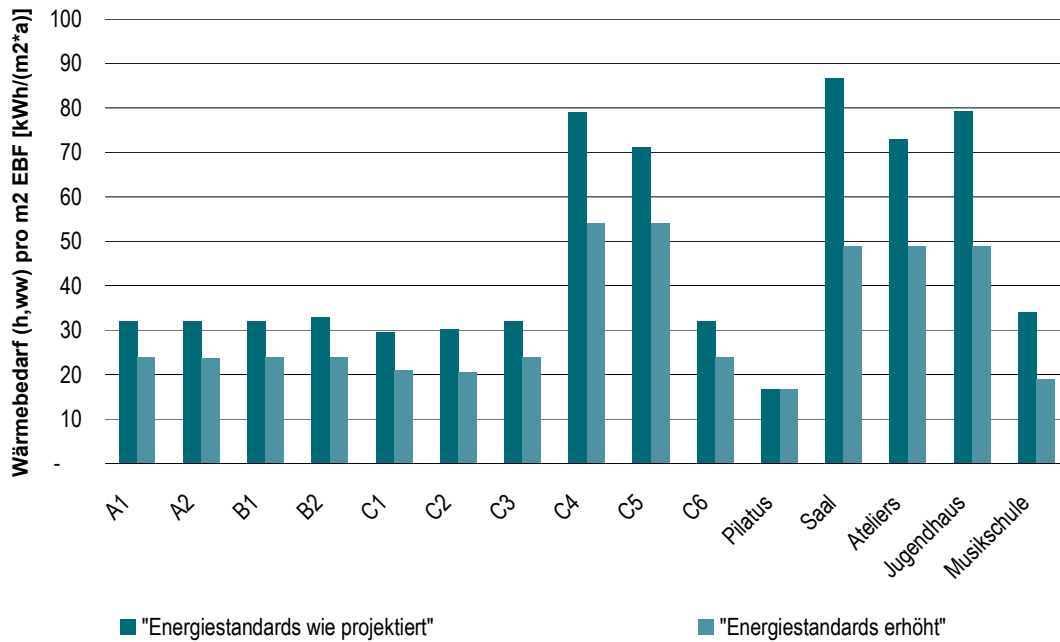
Erdwärmesonden sind nur im Bereich des Schulhauses Feldmühle mit Auflagen realisierbar.

Es sind keine Untersuchungen bekannt, welche das Angebot an Abwasser- und Brunnenwasser auf oder nahe des Gebiets Eichenspes untersucht haben.

Karte der Energieangebote auf dem Areal Eichenspes



A-2 Wärmebedarf der Gebäude für Heizung und Warmwasser pro m² EBF



Figur 7: Jährlicher Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser der geplanten Gebäude auf den Arealen in kWh/m² Energiebezugsfläche.

A-3 Tabellenwerte der Figuren zur Wärmenachfrage der Areale

Areal	Wärmebedarf (Heizung, Warmwasser): Variante "Energiestandards wie projiziert"		Wärmebedarf (Heizung, Warmwasser): Variante "Energiestandards erhöht"	
	MWh/a	Liter Heizöl/a	MWh/a	Liter Heizöl/a
LUPK	270	27'000	200	20'000
Gemeindehaus	200	20'000	150	15'000
Teiggi	420	42'000	300	30'000
Pilatus	190	19'000	190	19'000
Schappe Süd	250	25'000	150	15'000

Tabelle 14: Jährliche Wärmenachfrage für Heizung und Warmwasser auf den Arealen in MWh resp. Litern Heizöl (Nutzenergie) für die beiden Varianten der Energiestandards.

Areal	Leistungsmax. (Heizung, Warmwasser): Variante "Energiestandards wie projektiert"	Leistungsmax. (Heizung, Warmwasser): Variante "Energiestandards erhöht"
LUPK	170 kW	130 kW
Gemeindehaus	120 kW	90 kW
Teiggi	250 kW	180 kW
Pilatus	120 kW	120 kW
Schappe Süd	140 kW	80 kW

Tabelle 15: Leistungsmaxima der Wärmenachfrage für Heizung und Warmwasser auf den Arealen in kW für die beiden Varianten der Energiestandards.

A-4 Kantonaler Richtplan: Prioritäten der Wärmeversorgung

Folgende Prioritäten der Wärmeversorgung sind im kantonalen Richtplan 2009 enthalten (Seite 149):

E5-1 Prioritäten der Wärmeversorgung

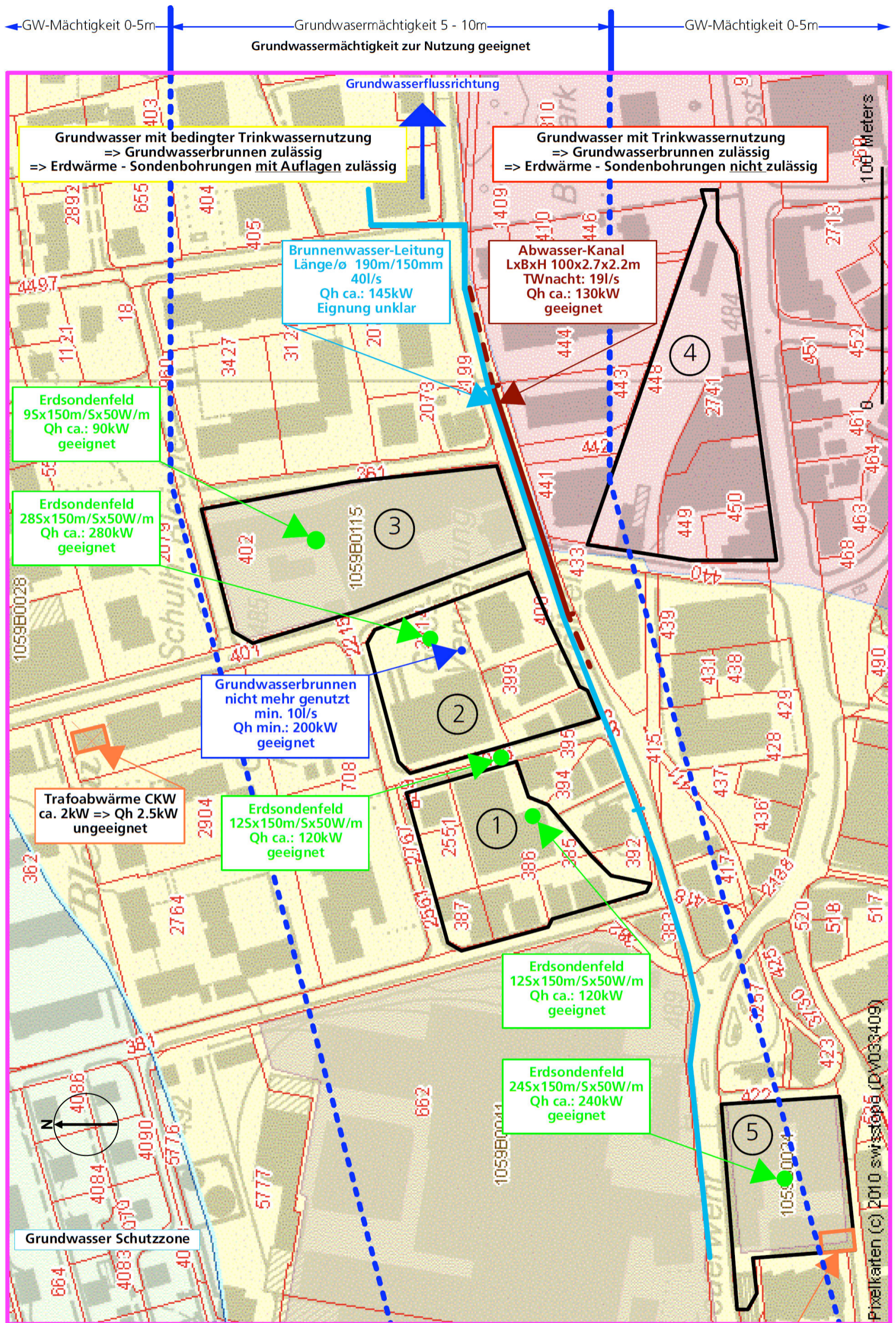
Die Wärmeversorgung von Gebäuden und Siedlungen soll mit minimalem Einsatz von nichterneuerbarer Primärenergie erfolgen. Sie ist unter Berücksichtigung von betriebs- und volkswirtschaftlichen Gesichtspunkten und der vorhandenen Infrastruktur in der Regel nach folgender Prioritätenliste zu prüfen und vorzunehmen:

1. **ortsgebundene, hochwertige Wärme**
Wärme aus Kehrlichtverbrennungsanlagen oder aus andern Anlagen, welche mit hochtemperaturigen Netzen verteilt wird,
2. **ortsgebundene, niederwertige Wärme**
Solarthermische Energie, Abwärme aus Abwasser-, Industrie- und anderen Anlagen sowie Umweltwärme aus Gewässern und aus oberflächennahen Erdschichten, soweit sie energieeffizient gewinnbar sind,
3. **Wärme aus regionalen erneuerbaren Energieträgern**
Einsatz von einheimischem Energieholz in Einzelanlagen oder Quartierheizzentralen,
4. **Wärme aus leitungsgebundenen fossilen Energien**
Gasversorgung für Siedlungsgebiete mit hoher Energiebedarfsdichte, wobei für grössere Bezüger Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen anzustreben sind,
5. **Wärme aus frei verfügbaren, fossilen Energieträger**
Wärmeerzeugung mit Heizöl.

Diese Grundsätze sind zu beachten bei:

- der Ausarbeitung von Energieplanungen,
- der Festlegung von Gebieten mit kollektiver Wärmeversorgung,
- der Erschliessung der Bauzonen,
- der Bezeichnung von Gebieten mit Sondernutzungsplanpflicht.

<i>Federführung:</i>	<i>Gemeinden</i>
<i>Beteiligte:</i>	<i>uwe</i>
<i>Koordinationsstand:</i>	<i>Festsetzung</i>
<i>Priorität / Zeitraum:</i>	<i>E</i>



A-5 Karte der Energieangebote im Zentrum Kriens

GEBIETE

- 1 LUPK - Areal
- 2 Gemeindehaus - Areal
- 3 Wohnpark Teiggi
- 4 Zentrum Pilatus
- 5 Schappe Süd

Erdgaserschliessung

Grundwasser mit bedingter Trinkwassernutzung

Grundwasser mit Trinkwassernutzung

Grundwasser Schutzzone

Trafo- und Gleichrichterabwärme ewl
ca. 15kW => Qh 20kW
geeignet