

ETH Zürich, Hönggerberg Masterplan Energie

Matthias Sulzer, Lauber IWISA AG
Thomas Gautschi, Amstein + Walthert AG

Zusammenfassung

Auf dem Hönggerberg sind zahlreiche neue Bauten – vor allem im Rahmen von Science City – geplant. Da stellt sich die Frage nach einer nachhaltigen Energieversorgung für den universitären Campus im Jahre 2020.

Die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft und der 1-Tonnen CO₂-Ausstoss pro Person bilden die mittel- und langfristigen Vorgaben für die bauliche und gebäudetechnische Infrastruktur auf dem Hönggerberg. Für das Jahr 2020 bedeutet dies eine Halbierung des CO₂-Ausstosses.

Zur Erreichung der Ziele verfolgt die Projektgruppe zwei zentrale Stossrichtungen. Einerseits soll durch bauliche und gebäudetechnische Massnahmen der Energiebedarf des Campus erheblich reduziert werden – also ein rein energetisch-quantitativer Aspekt. Andererseits lassen sich durch Absenkung des Temperaturniveaus in der Bereitstellung und in der Verteilung von Wärme niederwertige Wärme – Abwärme, WRG-Wärme und Umweltwärme – effizienter nutzen. Dies ist der energetisch-qualitative Aspekt des Vorhabens. Brisant an dieser zwei-dimensionalen Betrachtung ist nun, dass unkonventionelle Varianten der Energieversorgung ins Zentrum des Interesses, fallweise auch in den Bereich der Wirtschaftlichkeit rücken. Dies gilt nicht nur, aber verstärkt für die Variante Erdspeicher mit Anergienetz.

Summary

The development of numerous new buildings on Zürich's 'Hönggerberg' is in the making. Therefore, plans for a sustainable energy supply for the entire university campus until the year 2020 should be made at the same time.

The basis for all mid- and long-term specifications for buildings and technical infrastructure on the 'Hönggerberg' must be congruent with the concept of the 2000-watt-society as well as the 1 ton CO₂ emission per person. These aims equal the reduction of the CO₂ emission by 50% until the year 2020.

In order to reach these goals, the project team follows two central lines: on the one hand, measures must be taken to reduce the energy demand of the campus substantially by energetically improving the building construction and technical infrastructure – this being a purely energetic-quantitative aspect. On the other hand, low-quality energy – such as waste heat, heat recovery and environmental heat – must be used more efficiently by reducing the temperature level in the supply and distribution of energy. This is the exergetic-qualitative aspect of the development.

As described above, this two-dimensional consideration of energy supply will result in unconventional ideas moving into the centre of interest, partly also in the range of economics, especially with the suggested concept of 'Geothermal Storage with Anergy-Net'.

1. Ausgangslage, Energie auf dem Höggerberg heute

Einige Kilometer vom Zürcher Stadtzentrum entfernt, zwischen den Stadtquartieren Affoltern und Höngg gelegen, betreibt die ETH Zürich seit vierzig Jahren einen Campus – die ETH Höggerberg. Die insgesamt 22 Gebäude weisen eine beheizte Bruttogeschossfläche von 265'000 m² aus. Fast 40% der Nutzfläche entfallen auf den Komplex der Chemie (HCI), weitere 20% auf das HIL-Gebäude des Bauwesens. Die Bauten stammen mehrheitlich aus den sechziger und siebziger Jahren; das mit 105'000 m² Energiebezugsfläche grösste Gebäude HCI kam im Jahre 2000 in Betrieb.



Abbildung 1: Masterplan Science City, Quelle: Homepage Science City Workstream 1

Die ETH Zürich, Höggerberg ist ein veritabler Energie-Grossverbraucher, vergleichbar einer Kleinstadt. Der Campus benötigt pro Jahr 30 Gigawattstunden (GWh) Wärme zur Beheizung, 13,5 GWh an Kälteenergie und 38 GWh Elektrizität. Der Wasserverbrauch beläuft sich auf jährlich 100'000 m³. Auffallend sind die grossen Unterschiede zwischen den Bauten im spezifischen Energieverbrauch. Die wesentlichen Gründe liegen im Benutzerverhalten, in der Art der Nutzung – Labors benötigen signifikant mehr Energie – und in der Bausubstanz. Sparanstrengungen der letzten Jahre, auch im Rahmen des Aktionsprogramms Energie 2000, wirken sich positiv aus, sind aber aus heutiger Sicht ungenügend.

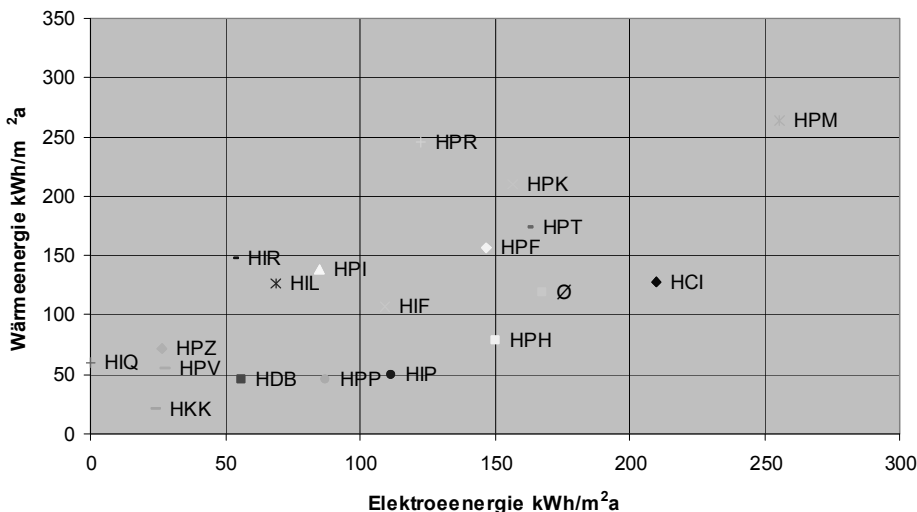


Abbildung 2: Übersicht Energieverbrauch der Gebäude Höggerberg

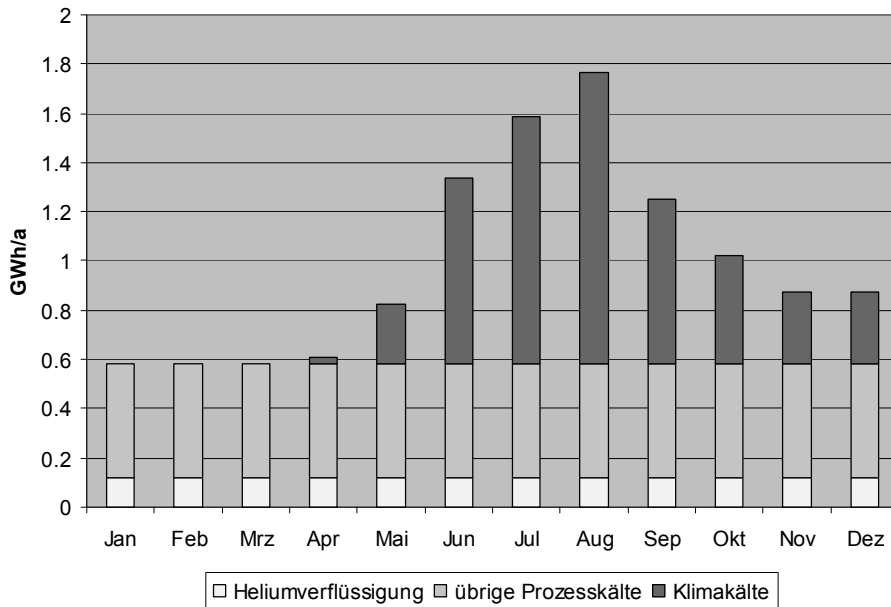


Abbildung 5: Kälteenergiebereitstellung der einzelnen Monate im Jahr 2004. Basis: Energiezähler in der HEZ

Der elektrizitätsbedarf verläuft über das Jahr stabil und ist stark von den Prozessen bzw. der Nutzung abhängig. Die Gebäudetechnik inkl. Beleuchtung verbraucht nur rund einen Viertel des gesamten elektrizitätsverbrauchs. 26% der auf dem Campus verbrauchten elektrizität stammt aus den beiden BHKW.

Elektroenergiebereitstellung 2004 (Endenergie)

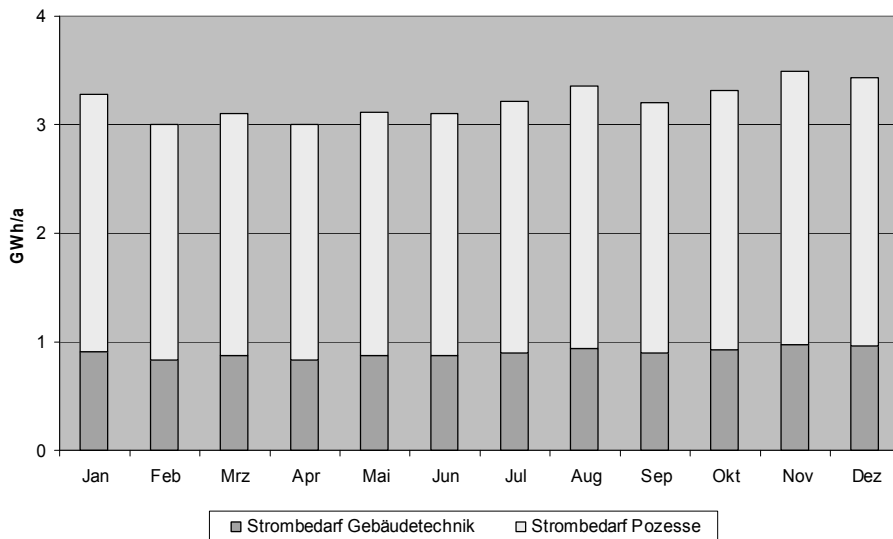


Abbildung 6: Elektrizitätsbedarf der einzelnen Monate im Jahr 2004. Basis: Energiezähler in der HEZ

2. Vorgehen, Transformationsprozess

Der Transformationsprozess für nachhaltige Energiesystem [1] beinhaltet zuerst die konsequente Erhöhung der Energieeffizienz auf allen Wandlungsstufen, z.B. von der Umwandlung Gas, Bio-masse, Sonne, etc. in Elektrizität, über den Transport der Energie bis hin zur Beheizung der Räu-me mittels Wärmepumpe. Das auf Energieeffizienz getrimmten System muss in einer zweiten Phase CO₂-frei bzw. arm betrieben werden können.

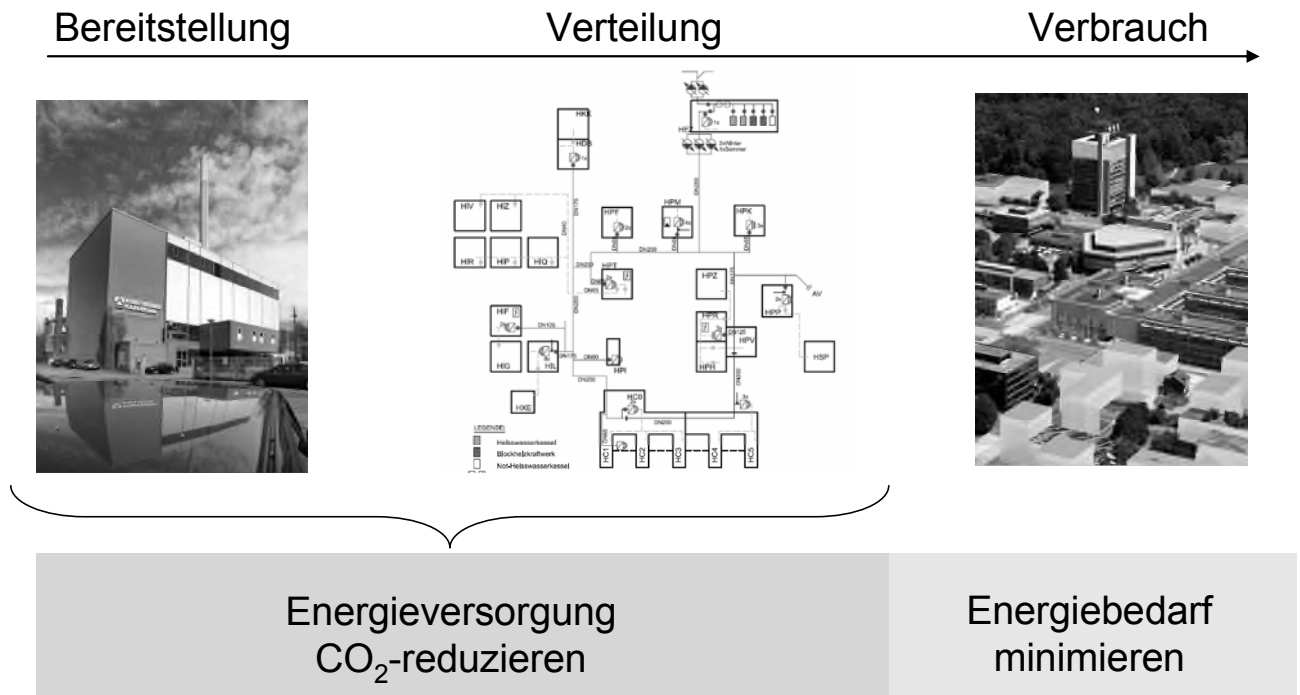


Abbildung 7: Strategie zur Zielerreichung. Minimierter Energiebedarf wird durch einen Energieträger, welcher möglichst wenig CO₂ ausstößt, gedeckt, d.h. $MIN(\text{Energiebedarf}) * MIN(\text{CO}_2/\text{kWh}) = MIN(\text{CO}_2)$

Um diese Wandlungsstufen wirkungsvoll zu beurteilen und zu verbessern, genügt die eindimensionale Betrachtung der Energie nicht mehr. Die Energie (z.B. 1 kWh Heizenergie) lässt sich in einen wertvollen (Exergie) und in einen niederwertigen Teil (Anergie) aufteilen [3]. Der aus dem Bereich Maschinenbau stammende von Zoran Rant geprägte Begriff Exergie bezeichnet die Energie, welche ein Arbeitsvermögen aufweist. Mit diesem hochwertigen Energieteil kann man im idealen thermodynamischen Prozess (ein perfekter Motor welcher keine Verluste aufweist) Arbeit verrichten, z.B. ein Auto bewegen. Der Begriff Anergie bezeichnet folglich den anderen Teil der Energie, welcher niederwertig und frei verfügbar ist, wie z.B. Umweltwärme, Abwärme, Erdwärme etc.

In diesem Sinn ist Elektrizität pure Exergie und kann zu 100% zum Betreiben eines Motors verwendet werden. Dampf von 130°C hat hingegen nur 30% Exergie und 70% Anergie, d.h. der Dampf kann von 130°C auf die Aussentemperatur (Umwelt) von 20°C über eine (ideale) Dampfturbine abgekühlt werden. Dieser Teil der Energie wird folglich durch die Turbine in mechanische bzw. elektrische Energie umgewandelt, sprich Exergie. Der abgekühlte Dampf bzw. das Kondensat von 20°C kann nicht mehr weiter in mechanische Energie umgewandelt werden, sie ist niederwertig bzw. Anergie. Dennoch hat die Anergie einen Wert, welcher nicht ungenutzt verpufft werden darf. Die Anergie kann als Quelle für Wärmepumpen und/oder Kältemaschinen zur Raumklimatisierung wie z.B. für die Niedertemperaturheizung genutzt werden.

Energieträger	Spezifikation	CO ₂ Anteil [g/kWh]	Exergieanteil [%]
Elektrizität (EWBN)	3 x 11 kV/50 Hz	170	100%
Heizöl extraleicht	Hu = 10 kWh/Liter	338	85%
Erdgas	Hu = 10 kWh/m ³	256	85%
Holzsplit	Hu = 725 kWh/Sm ³	11	80%
Holzpellets	Hu = 3200 kWh/m ³	11	80%
Geothermie	Grundwasser, Erdreich	0	0%
Abwasser	ca. 20°C	0	0%
Aussenluft	Durchschnitt 5°C	0	0%
Sonne (frei verfügbar)	max. 1'000W/m ²	0	0%

Abbildung 8: Exergie, Anergie und CO₂ eines Energieträgers

Die Beurteilung der Systeme und Technologien mit dem Konzept der Exergie/Anergie erlaubt nicht nur eine quantitative sondern auch eine qualitative Beurteilung. Es ist also von Interesse, nicht nur zu wissen wie viel Energie ein Gebäude braucht, sondern auch wie viel Exergie das Gebäude verbraucht bzw. wie viel Anergie kann genutzt werden.

Jedem Gebäude ist eine Signatur auf Grundlage der SIA-Normen [4] zugeordnet, die eine Abschätzung des Einsparpotenzials aufgrund von Baumassnahmen erlaubt. Daraus ergibt sich ein baulicher Absenkpfad. Die Wirkungen sind grossmehrheitlich auf die Verbesserung der Bauhülle zurückzuführen: Im Rhythmus der übergeordneten Erneuerungsplanung «Stratus» sollen die Gebäude saniert und opake Fassaden und Dächer dannzumal U-Werte von 0,15 W/m² K, Fenster von 1,2 W/m² K und deren Verglasungen g-Werte (mit Sonnenschutz) von 0,15 aufweisen. Für Beleuchtungen gilt der aus der SIA-Norm 380/4 abgeleitete Minergie-Wert als Anforderung. Der jährliche Verbrauch an Wärmeenergie im exemplarischen HIL-Gebäude reduziert sich aufgrund dieser Vorgaben von 5,2 GWh um 65% auf 1,8 GWh.

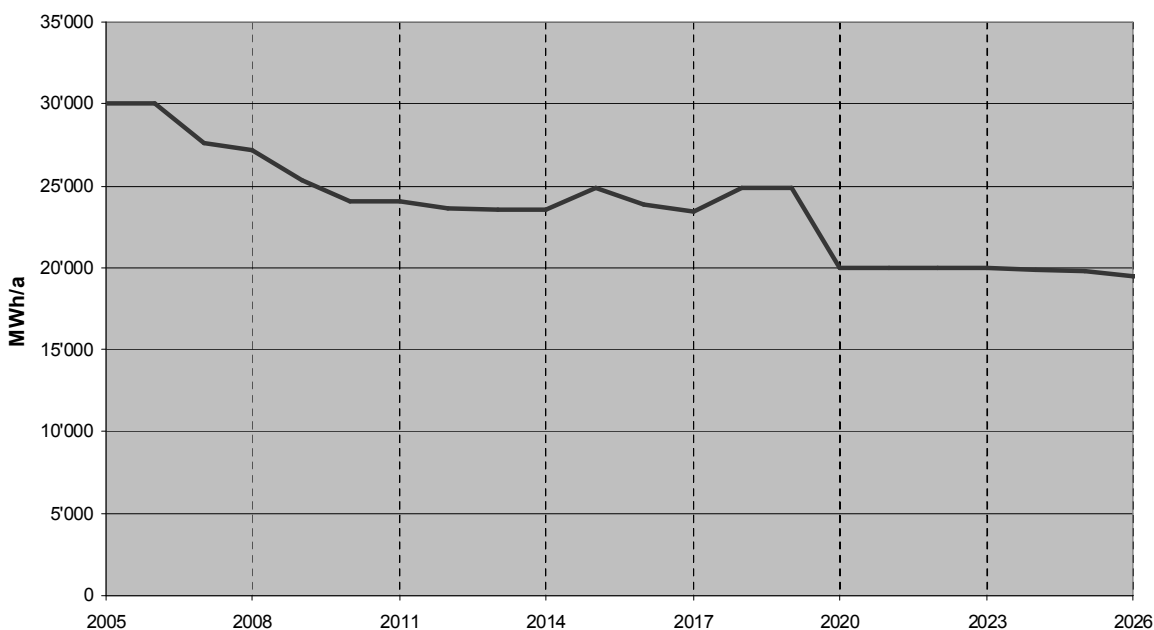


Abbildung 9: Exemplarischer Heizenergiebedarf Prognose. Sanierungsmassnahmen wie auch Neubauten beeinflussen den Absenkpfad

Erhebliche Wirkung geht auch vom haustechnischen Absenkpfad aus. Im Zentrum der Massnahmen steht die Senkung der Systemtemperaturen für die Beheizung der Gebäude auf 35°C bei bestehenden Gebäuden und bei der Auslegung von neuen Gebäuden bei maximal 30°C. Dadurch lässt sich Abwärme von Kälteerzeugern und niederwertige Umgebungswärme mittels Wärmepumpen im grossen Umfang nutzen. Wo höhere Temperaturen (Prozesse) notwendig sind, sollen diese Angebote dezentral erzeugt werden. Einen Beitrag von fast 2 GWh jährlich ergibt sich mit der Ausschöpfung des WRG-Potenzials in Lüftungsanlagen. Mit «Freier Kühlung» (Free Cooling) lässt sich die maschinelle Kälteproduktion um 26% verringern. Free Cooling ist aber auch anwendbar in der Heliumverflüssigung, die heute ausschliesslich mittels Kältemaschinen erfolgt.

Für alle heute bereits bestehenden Gebäude beträgt die Einsparquote bei der Wärme aufgrund der erwähnten Massnahmen 33% (heute 30 GWh, 2020 20 GWh). Im gleichen Zeitraum sinkt der Kälteenergiebedarf um 6,9 GWh auf jährlich 6.6 GWh, der Strombedarf um 4.0 GWh. Ein wesentlicher Grund für diese vergleichsweise geringe Reduktion im Strombedarf liegt einerseits im kleineren Einsparpotenzial, andererseits im verstärkten Einsatz von Elektrizität für den Betrieb von Wärmepumpen zur Abwärmenutzung.

Die geplanten Bauten für «Science City» generieren einen Flächenzuwachs von 154 000 m², entsprechend 58% der heutigen Energiebezugsfläche. Auf der rechtlichen Grundlage eines Gestaltungsplanes entstehen im Südwesten des Campus Dienstleistungs- und Freizeitangebote sowie Wohnungen für rund tausend Studierende und Doktorierende. Der für «Science City» veranschlagte Mehrverbrauch an Wärme- und Kälteenergie – 6,1 GWh und 3 GWh – lässt sich mit den Effizienzmassnahmen an den heute bestehenden Bauten mehr als kompensieren. Im Gegensatz zu dem für die Neubauvorhaben prognostizierten Stromverbrauch von zusätzlichen 10,9 GWh.

Entwicklung spezifische Energiewerte

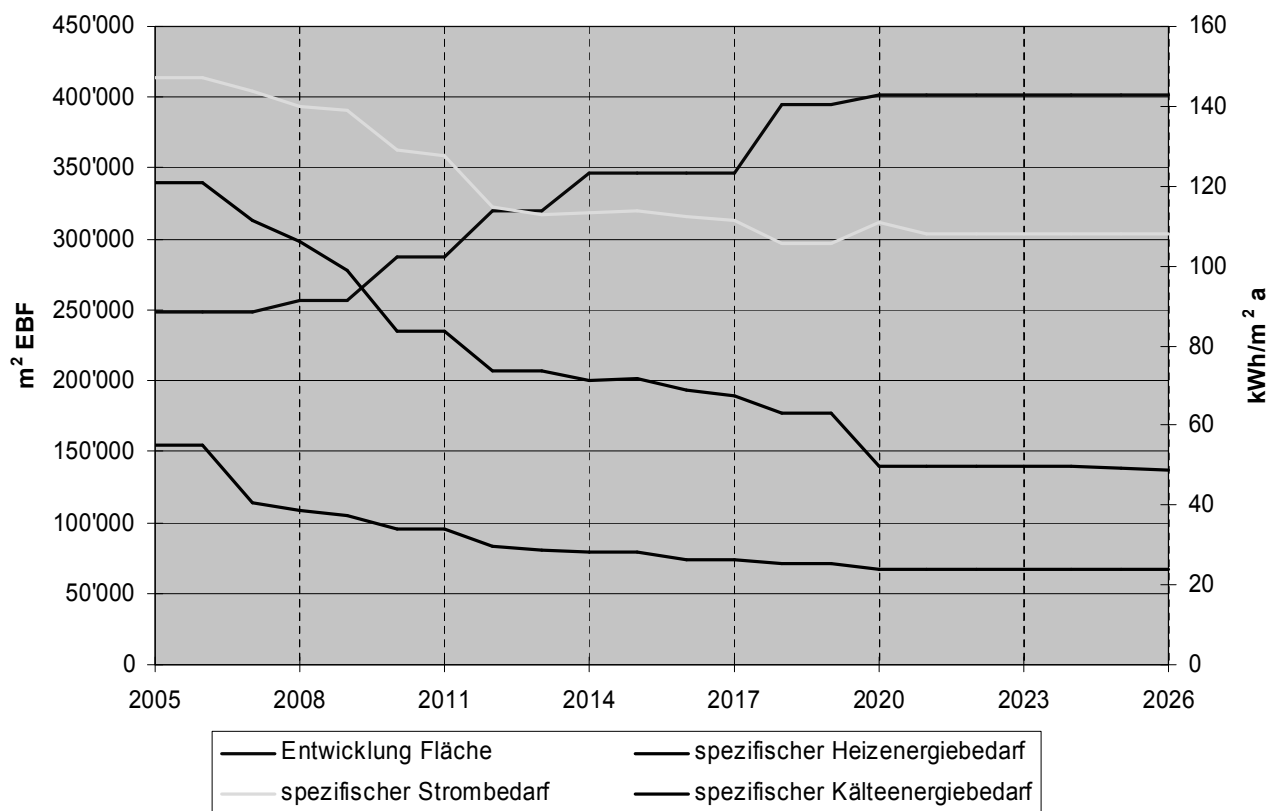


Abbildung 10: Prognose der spezifische Energiekennzahlen und des Flächenzuwachs

Die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft [1] und der 1-Tonnen CO₂-Ausstoss pro Person [2] bilden die mittel- und langfristigen Vorgaben für die bauliche und gebäudetechnische Infrastruktur auf dem Hönggerberg. Für das Jahr 2020 bedeutet dies eine Halbierung des CO₂-Ausstosses. Zur Erreichung der Ziele verfolgt die Projektgruppe zwei zentrale Stossrichtungen. Einerseits soll durch bauliche und haustechnische Massnahmen der Energiebedarf des Campus erheblich reduziert werden – also ein rein energetisch-quantitativer Aspekt. Andererseits lassen sich durch Absenkung des Temperaturniveaus in der Erzeugung und in der Verteilung von Wärme niederwertige Wärme – Anergie, wie z.B. Abwärme, WRG-Wärme und Umweltwärme – effizienter nutzen. (Sinngemäss gilt dieser Anspruch auch für die Produktion und Verteilung von Kälte.) Dies ist der qualitative Aspekt des Vorhabens. Brisant an dieser zwei-dimensionalen Betrachtung ist nun, dass unkonventionelle Varianten der Energieversorgung ins Zentrum des Interesses, fallweise auch in den Bereich der Wirtschaftlichkeit rücken. Dies gilt nicht nur, aber verstärkt für die drei Varianten mit Erdspeichern.

Fazit: Die Energieeffizienzsteigerung bei den Gebäuden und die Reduktion des Energiebedarfs durch Anpassung der Systemtemperaturen in den gebäudetechnischen Anlagen sind ein erster Schritt in der CO₂ Minimierung.

3. Resultate

Die Reduktionsquoten des Energiebedarfs und des CO₂-Ausstosses aller untersuchten Varianten der Energieversorgung basieren auf dem thematisierten baulich-haustechnischen Absenkpfad. Soweit überhaupt möglich, sind geschlossene Energiekreisläufe anzustreben, d.h. Anergie in Form von Abwärme nutzen indem Abwärme und Rückgewinnungswärme konsequent rezykliert wird [5].

- Der Ersatz der Heizkessel nach neuster Technik in Kombination mit einer Absenkung der Temperatur der Fernleitung auf 105°C führt zu einer deutlichen Reduktion des Energiebedarfs und des CO₂-Ausstosses (Tabelle). Die beiden bestehenden BHKW respektive ein gleichwertiger Ersatz bleiben in Betrieb.
- Ein Fernwärmeanschluss ab Kehrlichtverbrennungsanlage Hagenholz (KVA) versorgt den gesamten Campus mit Wärme; die Temperatur gleitet zwischen 70°C und 120°C primär, sekundär zwischen 65°C und 115°C. Zwei parallele Wärmetauscher mit einer Leistung von 10 MW trennen die beiden Fernwärmenetze der Entsorgung und Recycling Zürich (ERZ) und der ETH Hönggerberg. Die Heizkessel werden demontiert, die BHKW zu einem späteren Zeitpunkt stillgelegt. (Annahmen: 60% der Fernwärme wird ab dem Jahr 2008 mit CO₂-neutralem Abfall erzeugt.)
- Ein Fernwärmeanschluss in Kombination mit einem Gas- und Dampfkraftwerk (GuD) in der KVA Hagenholz ersetzt die gesamte Wärmeerzeugung auf dem Campus Hönggerberg. Die Demontage der beiden BHKW bedeutet einen Verzicht auf die Eigenproduktion von Strom. Beschickt wird die GuD-Einheit je zur Hälfte mit Biogas und mit Erdgas. Dieser Energieträgermix führt zu einem Ausstoss von lediglich 0,125 kg CO₂ je kWh Brennstoff. Vom Ertrag fallen 50% als Strom, 35% als verwertbare Abwärme und 15% als Verluste an. Bei Verwendung des Stromes in Wärmepumpen mit einer Leistungszahl von 6 ergeben sich in der Summe 26,8 kWh Nutzwärme je kg CO₂. Im Vergleich zur Wärmeerzeugung in einem Heizkessel ist die Produktion, bezogen auf den CO₂-Ausstoss, um den Faktor 9 höher. (Annahmen: 60% der Wärme und des Stromes werden mit Abfall, weitere 20% mit Biobrennstoffen, beides CO₂-neutral, und die restlichen 20% mit fossilen Energieträgern erzeugt.)
- Ein Fernwärmeanschluss, der zusätzlich der Erzeugung von Absorptionskälte dient, ermöglicht eine – energiepolitisch durchaus erwünschte – sommerliche Nutzung von Abwärme aus der KVA. Deshalb ist eine ganzjährige Lieferung von Fernwärme mit Temperaturen von 120°C unerlässlich. Die BHKW-Anlage und damit die betriebseigene Stromproduktion würde stillgelegt. Aufgrund der Mehrinvestitionen ist die Lösung allerdings nur bei Wärmepreisen unter 15% des Strompreises wirtschaftlich. Zudem führen die ganzjährig hohen Temperaturen zu einer vorzeitigen Alterung des Fernwärmenetzes, sodass diese Variante kaum realisierbar ist.

- Ein Fernwärmeanschluss, der zusätzlich die Produktion von Adsorptionskälte ermöglicht, weist ebenfalls den Vorteil der Sommernutzung von Fernwärme auf. Als Antrieb von Adsorptionskältemaschinen ist auch Fernwärme mit moderaten Temperaturen zwischen 70°C und 80°C verwendbar. Dadurch sind für das Netz keine Nachteile zu erwarten. Bezüglich der Wirtschaftlichkeit gelten die gleichen Vorbehalte wie bei der Lösung mit Absorptionsmaschinen. Auch die BHKW sind bei dieser Variante ausser Betrieb.
- Zwei Holzschnitzelkessel ersetzen die beiden fossilen Heizkessel. Die Wärmeverteilung erfolgt über das bestehende Netz mit reduzierten Temperaturen (105°C). Ein günstiger Standort für das notwendige Schnitzel-Silo mit einem Fassungsvermögen von mindestens 1000 m³ ist noch zu evaluieren. Die Erträge aus dem ETH-eigenen und dem städtischen Wald decken allerdings den Jahresbedarf von 44 000 m³ Schnitzel bei weitem nicht. Die BHKW werden zwischen 2008 und 2020 ausser Betrieb gesetzt.
- Mit Erdspeichern lässt sich Angebot und Bedarf an Kälte und Wärme sinnvoll verknüpfen. Im Sommer liefert das Erdreich Kälte zur Kühlung von Räumen. Falls Kältemaschinen zum Einsatz kommen, dient deren Abwärme der Ladung der Speicher, sofern sich nicht eine direkte Nutzung innerhalb des Gebäudes empfiehlt. Während der Heizperiode nutzen Wärmepumpen die Wärme des Speichers zur Beheizung des Gebäudeparks. Dies führt zu einem Mehrverbrauch an Elektrizität. Auf der anderen Seite sind die Stromeinsparungen in der Kälteproduktion erheblich. Alle drei Erdspeicher-Varianten schlagen ein modulares System mit mehreren, auf den Campus verteilten und miteinander vernetzten Erdspeichern vor. Notwendig ist also ein neues Netz mit niedrigen Temperaturen (Anergienetz). Die Nutzung der einzelnen Speicher – in der Regel kombiniert mit einer Veredelung über Wärme-Kälte-Maschinen – erfolgt dezentral, mit einem Fokus auf das dazugehörige Gebäude. Realisiert und abgerechnet werden die einzelnen Speicher zusammen mit den jeweiligen Bauprojekten. Als Initialinvestition ist ein Hauptspeicher zur Einbindung bestehender Gebäude wie das HCI sowie das Netz zur Speicherbewirtschaftung notwendig. Die Versorgung bestehender Gebäude mit Hochtemperaturwärme erfolgt über das bestehende Fernwärmenetz ab HEZ. Zur Deckung dieses Bedarfs sind mindestens drei Varianten denkbar: Oel/Gas Heizkessel, ein Fernwärmeanschluss oder Holzschnitzelkessel. Die BHKW werden zwischen 2008 und 2020 demontiert.
- Die Nutzung von Tiefengeothermie ermöglicht eine gänzliche Autarkie der ETH Höggerberg. Denn in einer Tiefe von beispielsweise 5000 m sind Temperaturen von über 200°C zu erwarten, was eine ausreichende Wärme- und Stromerzeugung erlaubt. Trotz günstiger Prognosen ist die geothermische Nutzung auf dem Höggerberg mit einem Risiko verbunden. Denn hinsichtlich der Eignung des Erdreiches sind keine detaillierten Kenntnisse verfügbar. Als Übergangslösung bis zu einer allfälligen Inbetriebnahme der Geothermie-Anlagen müssten Wärmeerzeuger installiert werden. Beim stromgeführten Konzept deckt die erzeugte Elektrizität den gesamten Bedarf des Campus. Die wärmegeführte Variante dagegen richtet sich in der Dimensionierung nach dem Wärmebedarf der ETH Höggerberg.

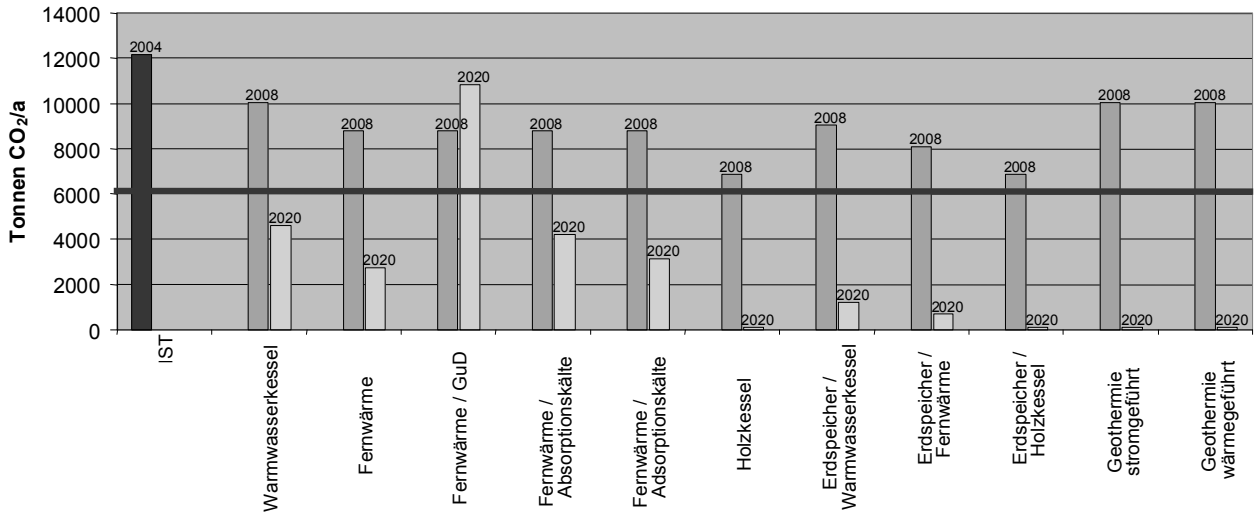


Abbildung 11: Variantenvergleich anhand des CO₂ Ausstosses

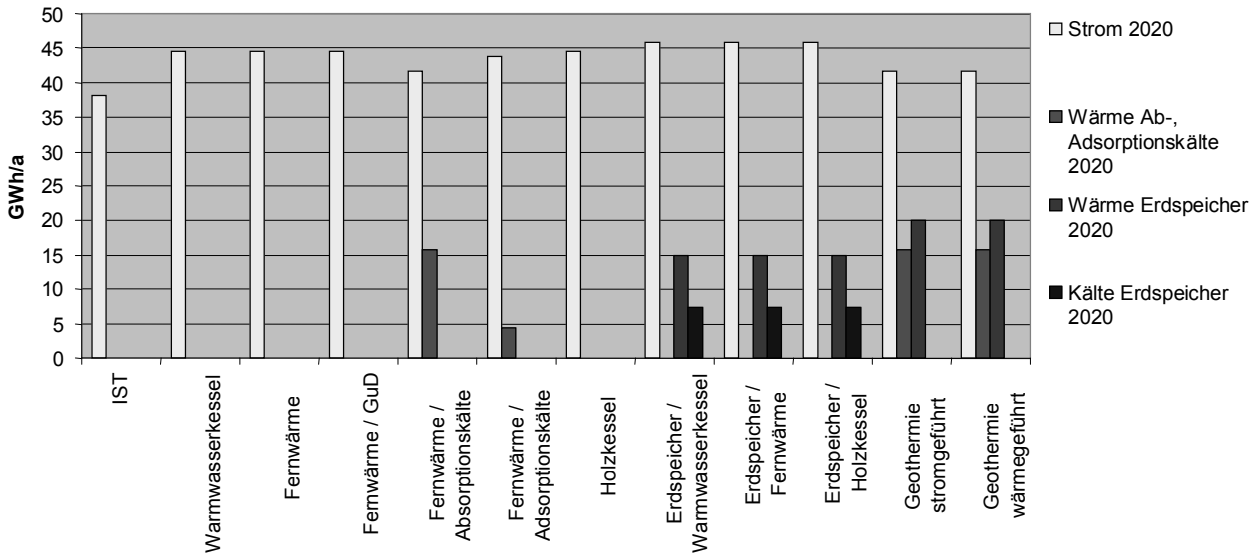


Abbildung 12: Variantenvergleich anhand des Elektrizitätsverbrauch (Exergie)

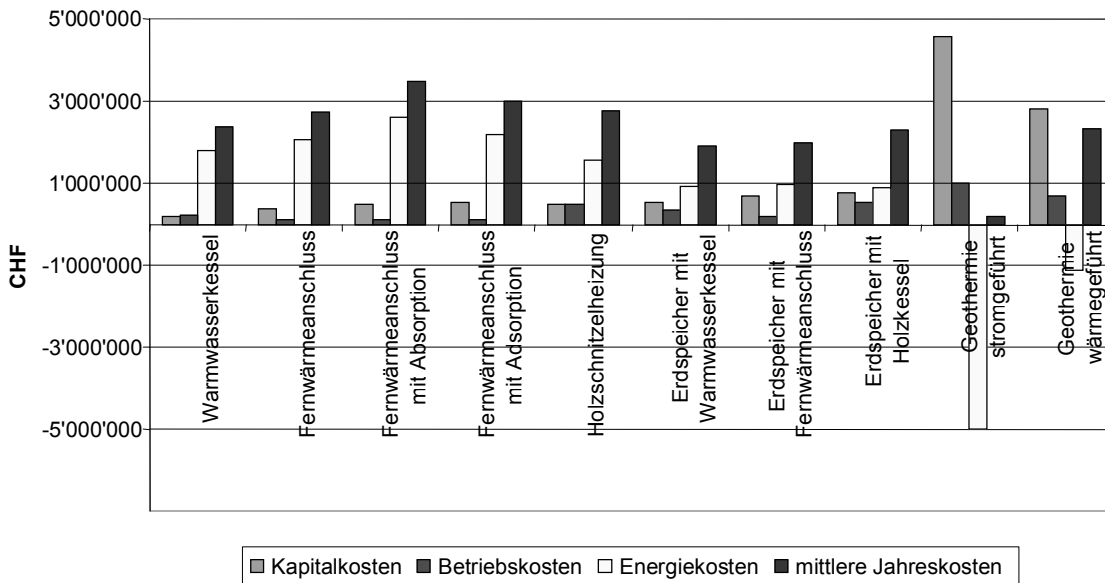


Abbildung 13: Variantenvergleich anhand der Lebenszykluskosten

Aufgrund der Nutzwertanalyse mit den Hauptkriterien Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt schneidet die Lösung «Erdspeicher mit Öl/Gas Heizkessel» am besten ab, gefolgt von den Varianten «Geothermie». Wichtigstes Umweltkriterium ist die Erneuerbarkeit der beteiligten Energieträger respektive der Aufwand an Grauer Energie zu deren Gewinnung. Einen hohen Stellenwert in der Gewichtung haben die Emissionen an CO₂ und Feinstaub. Wirtschaftlichkeit, Verfügbarkeit und Betriebssicherheit sind Gesellschaftskriterien mit mittlerem Gewicht. Nachrangig ist schliesslich der gesellschaftliche Aspekt der Eigenständigkeit, nicht zuletzt aus Gründen der heiklen Beurteilung.

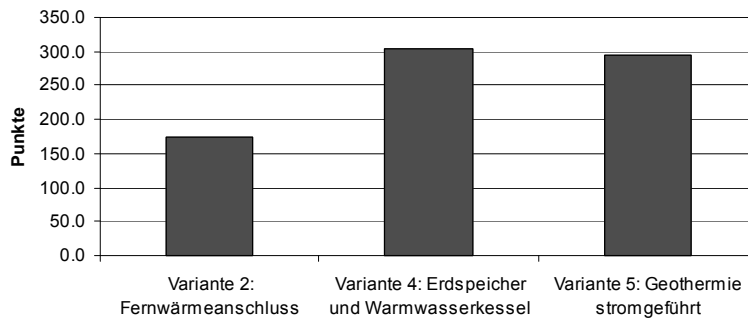


Abbildung 14: Nutzwertanalyse der drei wichtigsten Varianten

Die Variante mit Erdspeichern ist mittel- und langfristig das energieeffizienteste und flexibelste Konzept. Zudem setzt diese Lösung die Ziele der ETH, der 2000-Watt-Gesellschaft und der 1-Tonnen CO₂-Ausstoss Gesellschaft am besten um. Die in etwa gleich bewertete Nutzung von tiefer Geothermie ist mit heute erheblichen technischen und wirtschaftlichen Risiken verbunden, insbesondere die Tiefenbohrung.

Um die ökologischen Ziele der ETH Zürich umzusetzen, ist eine deutliche Steigerung der Energieeffizienz bei gleichzeitiger Reduktion des CO₂-Ausstosses um 50% bis ins Jahr 2020 unerlässlich. Aufgrund des vorgeschlagenen Energieversorgungskonzepts ‚Erdspeicher mit Warmwasserkessel‘ sind folgende Massnahmen umzusetzen:

- Technische Massnahmen wie das Freecoolingsystem, die Nachrüstung von Wärmerückgewinnungsanlagen, die Optimierung des Niedertemperatursystem, die Installationen von effizienten Beleuchtungen, etc.
- Neue und sanierte Bauten werden mit Vorlauftemperaturen von (höchstens) 30 °C bzw. 35 °C beheizt.
- Auf Klimaanlage mit Be- und Entfeuchtungsfunktion wird weitest gehend verzichtet. Nur in Fällen mit speziellen Prozessanforderung können solche Systeme zu Einsatz kommen.
- Klimatisierte Gebäude werden mit Kaltwassertemperaturen über 12 °C versorgt.
- Die (möglichst effizienten) Systeme zur Versorgung von Prozessen mit Hochtemperaturwärme und Niedertemperaturkälte werden über das Fernwärmenetz bzw. über dezentrale Anlagen versorgt.

Die Umsetzung des Erdspeichersystems bedingt eine adäquate Infrastruktur, die nicht nur energetische sondern auch exergetische Anforderungen erfüllt. Der Aufbau des Systems endet im Jahr 2020. Die Energiezentrale HEZ dient der Sicherheit und dem Ausgleich in der Energieversorgung. Die modulare Struktur des Erdspeichersystems erlaubt jederzeit eine Nachrüstung mit alternativen – zentralen und dezentralen – Systemen.

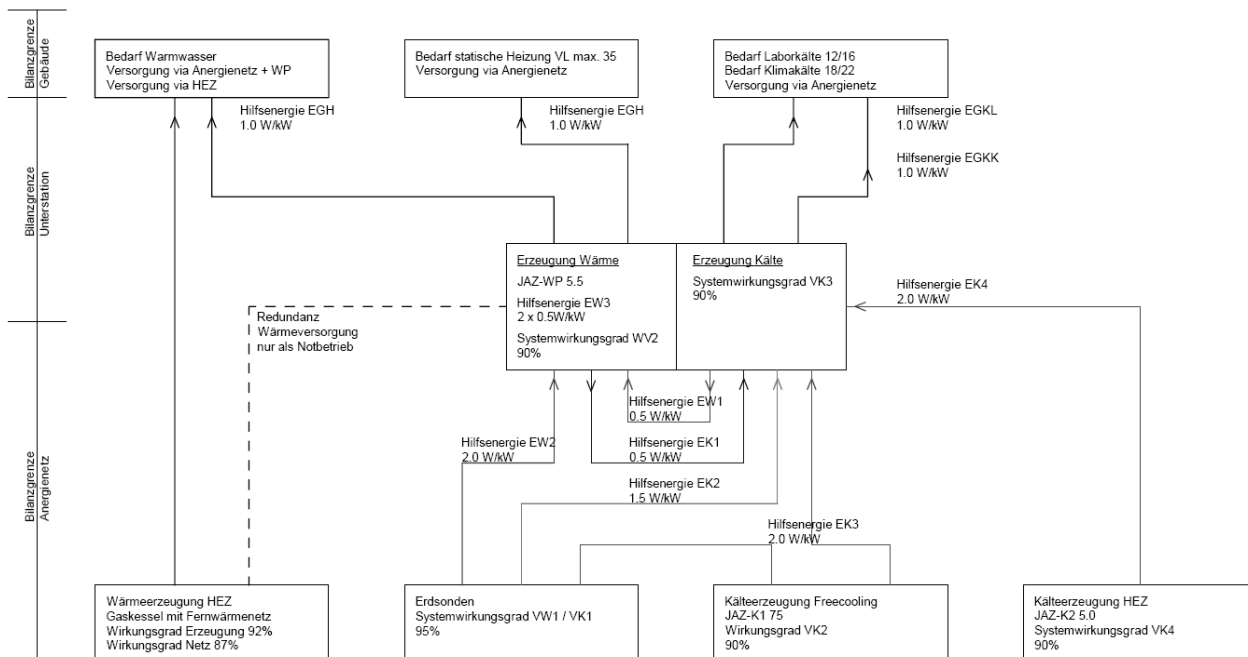


Abbildung 15: Blockschema Energiekonzept Science-City, Höggerber

Eine zentrale Stellung nimmt dabei die Vernetzung der Erdspeicher mittels des Anergienetzes ein. Das Anergienetz wird als 3-Leiter Netz aufgebaut. Jede Wärmepumpe holt ihre notwendige Anergie aus Anergievorlauf und gibt das abgekühlte Wasser entweder der nach geschalteten Kälteanlagen oder dem Rücklauf zurück. Die Kühlanlagen holen ebenfalls ihr gewünschtes Kühlwasser aus dem Anergievorlauf bzw. bekommen dieses von der vorgeschalteten Wärmepumpe und geben das erwärmte Wasser je nach Temperatur und Ladezustand der Speicher einem der zwei Rückläufe ab. Der Überschuss an Warm- bzw. Kaltwasser wird über den Erdspeicher und/oder das Freecooling regeneriert.

4. Ausblick

Anhand des Masterplans wurden die baulichen Tätigkeiten bezüglich Energie ausgerichtet. Gebäudesanierungen und Neubauten auf dem Höggerberg müssen mit den Anforderungen gemäss Masterplan konform sein. Dies wird über eine Konformitätsprüfung mittels des Anschlussgesuchs nachgewiesen.

Zur Umsetzung der notwendigen Infrastruktur wurden zwei Hauptprojekte definiert.

- Konzeption und Dimensionierung des Erdspeichersystems und des Anergienetzes mit den notwendigen Zentralen (Amstein + Walthert AG)
- Dimensionierung der Erdspeicher (Geowatt AG)

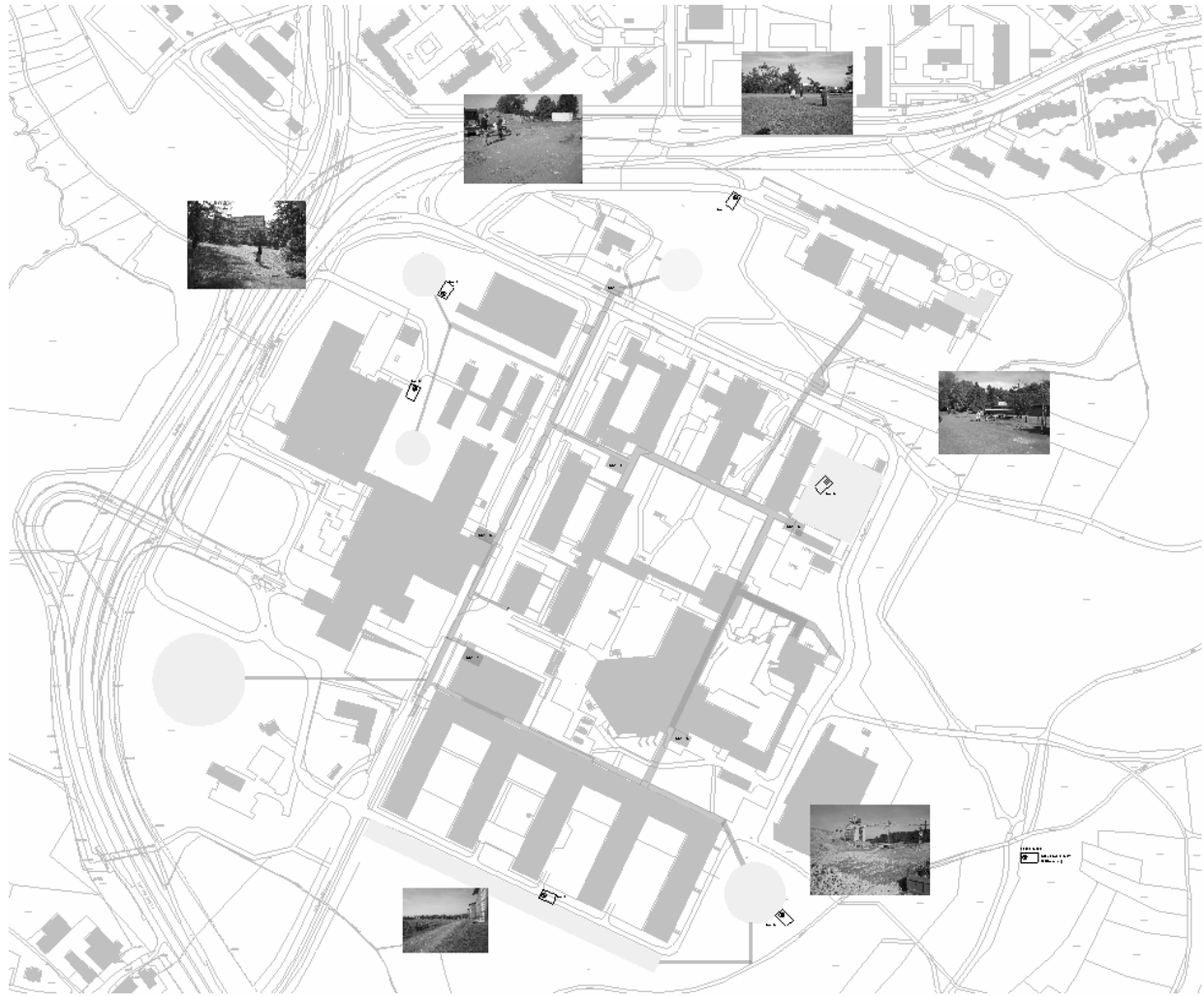


Abbildung 16: Anergienetz mit Erdspeicher

5. Literatur/Referenzen

- [1] Eberhard Jochem, 2000-Watt-Gesellschaft White Book, 2004
- [2] Prof. Konstantinos Boulouchos, et al, Energiestrategie für die ETH Zürich, ETH Zürich, 2008
- [3] Prof. Hansjürg Leibundgut, viaGialla Wegbeschreibung für Gebäude in eine nachhaltige Energie-Zukunft, ETH Zürich Institut für Hochbautechnik, 2007
- [4] SIA 380/1 Wärmeenergie im Hochbau, 2007; SIA 380/4 Elektrische Energie im Hochbau, 2006
- [5] Amstein+Walthert AG, Gesamtbericht ETH Zürich Masterplan Energie- und Medienversorgung Höggerberg, Version 1, 20.12.2006