

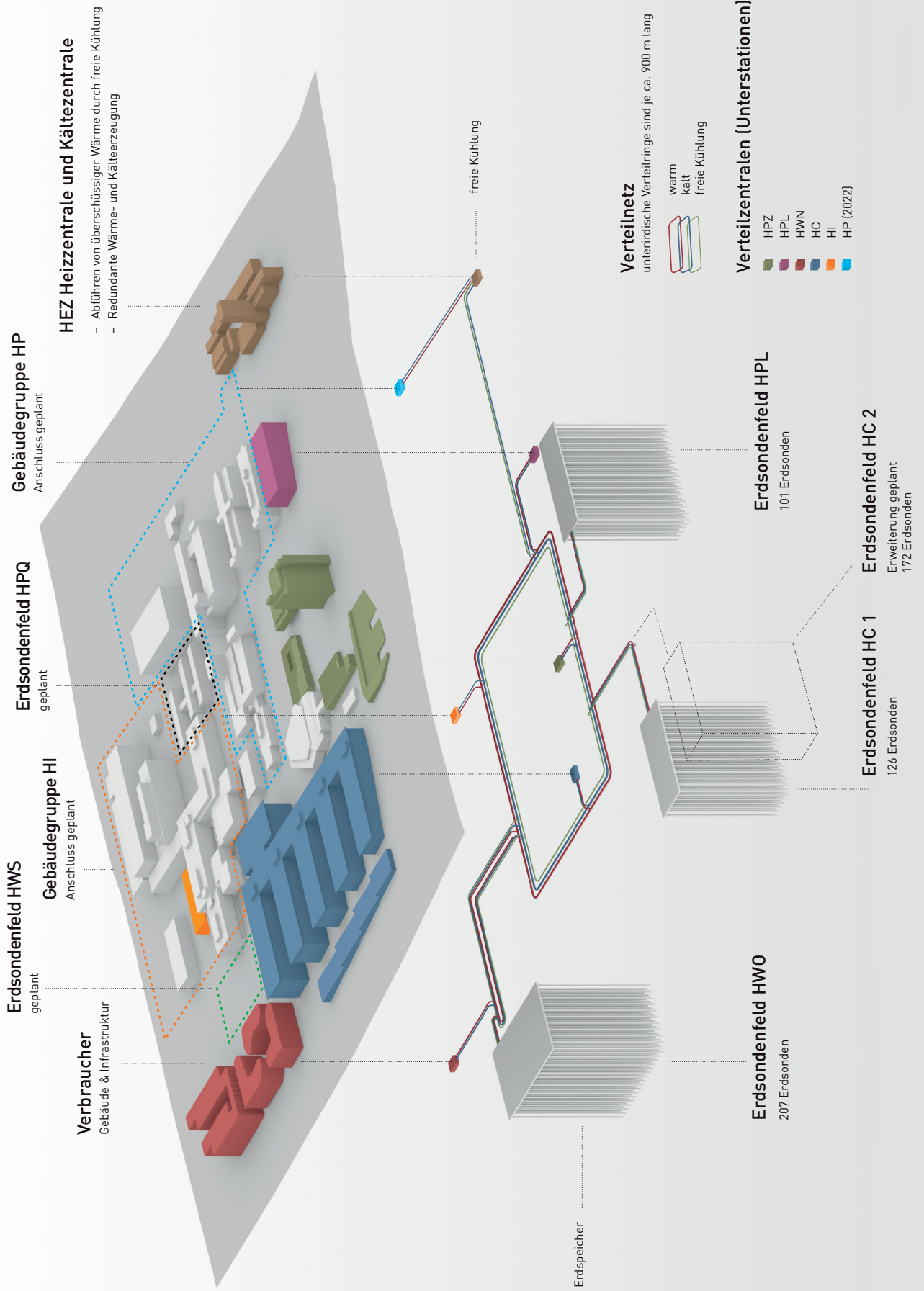
Die Energie von morgen

Anergenetz Campus Höggerberg – ein dynamisches Erdspeichersystem

Der Campus Höggerberg der ETH Zürich ist ein veritables Stadtquartier mit über 12'000 Studierenden und Mitarbeitenden. Untergebracht sind sie in mehr als 30 Gebäuden und verbrauchen pro Jahr fast 77 Gigawattstunden Energie (Strom und Wärme), davon rund 22 Gigawattstunden allein fürs Heizen. Bis vor 10 Jahren wurde für die Beheizung fast ausschliesslich Erdgas genutzt. Bereits 2006 beschloss die Schulleitung der ETH Zürich, die CO₂-Emissionen des Campus bis 2020 um 50 Prozent zu reduzieren. Das entspricht einer Einsparung von 5'000 Tonnen CO₂ pro Jahr.

Das Anergienetz – ein dynamisches Erdspeichersystem – wird die zentrale Wärme- und Kälteproduktion in der Heizzentrale HEZ längerfristig massiv reduzieren und massgebend zur obigen Zielerreichung beitragen. Dies wird durch eine intelligente Vernetzung der Wärmequellen und -senken in Kombination mit einer saisonalen Verlagerung erreicht. Dadurch wird der fossile Energiebedarf und damit der CO₂-Ausstoss reduziert. Parallel wird mittels technischen und baulichen Effizienzsteigerungen eine Stabilisierung des Wärmebedarfs erreicht. Der Kältebedarf kann mittelfristig ebenfalls stabilisiert werden, er steigt aber mittelfristig, bedingt durch Neubauten, wieder an.

ETH Zürich, Campus Höggerberg Anergenetz



Anergienetz

Campus Höggerberg

Seit 2013 ist das Anergienetz auf dem Campus Höggerberg in Betrieb und wird laufend ausgebaut. Im Jahr 2019 besteht das System aus drei Erdspeichern und fünf Zentralen, welche 14 Gebäude mit Wärme und Kälte versorgen. Drei weitere Erdspeicher und eine zusätzliche Zentrale sind in der Planung, damit in Zukunft fast alle neuen und sanierten Gebäude vom Anergienetz versorgt werden können.

Energieflüsse

Benötigt eine Zentrale Wärme, wird diese aus einem anderen Cluster* oder einem Erdspeicher über das Netz bereitgestellt. Fällt in einem Cluster Abwärme an, die nicht direkt in den angeschlossenen Gebäuden verwertet werden kann, wird diese, je nach Betriebsart, von anderen Clustern direkt genutzt oder in den Erdspeicher verlagert, wo sie für eine spätere Nutzung zur Verfügung steht.

Das Temperaturniveau des wasserführenden Warmleiters variiert zwischen 8°C und 22°C, das im Kaltleiter ist jeweils vier Kelvin tiefer. Ziel ist, das Temperaturniveau im Mai (Ende der Heizperiode) im Netz tief zu halten (8°C/4°C), um die Kühlkapazität für den Sommer zu maximieren. Ende September – nach der Regeneration der Erdspeicher – hat das Netz die höchsten Temperaturen (22°C/18°C), was eine effiziente Wärmeproduktion in der nachfolgenden Heizsaison ermöglicht.

Eine Zentrale deckt jeweils mittels Wärmepumpen und -tauschern den Heiz- und Kühlbedarf der angeschlossenen Gebäude ab. Die effizienteste Betriebsart ist der Autonomiebetrieb, der ohne das Anergienetz auskommt und mehrheitlich in der Übergangszeit auftritt. Anfallende Kälte aus den Wärmepumpen kann dann in der gleichen Zentrale direkt zur Abdeckung der Klimakälte oder zur Vorkühlung der Labor-kälte verwendet werden. Liegt ein Wärmeüberschuss oder -defizit vor, kompensiert dies das Anergienetz. Die optimale Betriebsart wird durch die kontinuierlich erstellte Energiebilanz definiert und stellt entsprechende Anforderungen an das übergeordnete Leitsystem. Unter Berücksichtigung der Energie- und Leistungsbilanzen erfolgt ein fortlaufender Ausbau des Netzes sowie eine flexible Anpassung an sich ändernde Bedürfnisse. Die gewählte Hydraulik hat den entscheidenden Vorteil, dass das Gesamtsystem nur bei einem Kälte- oder Wärmebedarf aktiv ist und dass nur dann Wasser im Leitungsnetz zirkuliert.

Betrieb

Basierend auf dem kontinuierlichen Monitoring des Gesamtsystems und einer ausführlichen Plausibilisierung der relevanten Messstellen, wurden die ersten Betriebsjahre ausgewertet. Die Abdeckung des Nutzenergiebedarfs über das Anergienetz lag 2018 bei 81 Prozent des Nutzwärmebedarfs und bei 87 Prozent des Nutzkältebedarfs. Der restliche Anteil wurde konventionell über die Redundanz aus der Energiezentrale im Gebäude HEZ gedeckt. Ziel ist es, den Abdeckungsgrad durch das Anergienetz in den angeschlossenen Gebäuden auf 90 Prozent zu steigern bzw. zu halten.

Entwicklung

Im Endausbau wird ein Grossteil des Heiz- und Kühlbedarfs des Campus Höggerberg mit Hilfe des Anergienetzes gedeckt werden. Mögliche externe Verbraucher (z.B. Wohnüberbauung) und Abwärme-Quellen (z.B. ein neues Rechenzentrum) können nach vorgängiger Prüfung in das Energiekonzept integriert werden. Der Kältebedarf wird in Abbildung 1 (Entwicklung Kältebedarf) dargestellt. Seit 2016 stieg der Kältebezug vom Anergienetz durch die Einbindung des HCI-Clusters markant an. Mit den geplanten Ausbauten übersteigt der absolute Kältebedarf im Jahr 2024 voraussichtlich 25 GWh und nähert sich dem absoluten Wärmebedarf weiter an. Eine solche Ausgangslage eignet sich hervorragend für dynamisch bewirtschaftete Netze bzw. Areale und bestätigt die ausgewählte und verfolgte Strategie.

CO₂-Emissionen

Die ETH verfolgt das Ziel, bis 2040 mindestens 80 Prozent der CO₂-Emissionen oder 8'000 Tonnen CO₂ pro Jahr einzusparen (gegenüber Ausgangsjahr 2006).

* Cluster: Gebäudegruppe, die von einer Verteilzentrale erschlossen wird.

Kältebedarf Campus Höggerberg

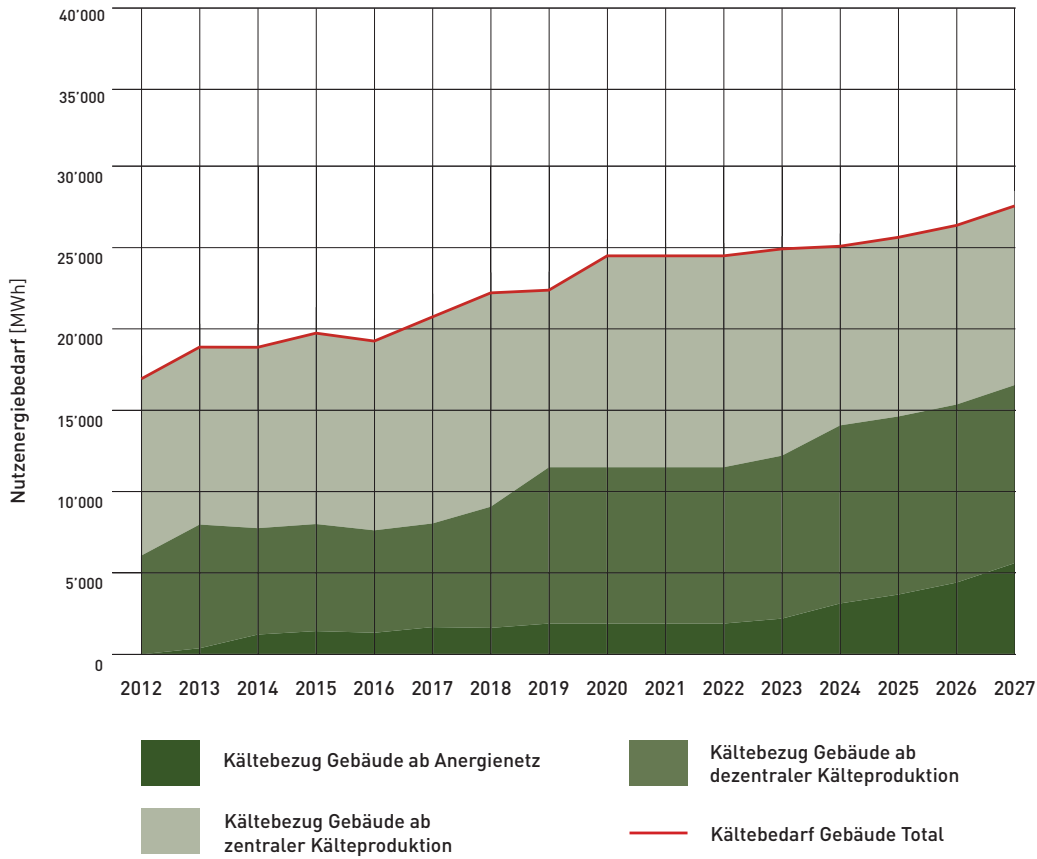


Abbildung 1 zeigt, dass der Anteil der zentralen Kälteproduktion kontinuierlich abnimmt und im Gegenzug der Anteil des Kältebezugs ab dezentraler Kälteproduktion und aus dem Anergienetz stetig zunimmt.

Wärmebedarf Campus Höggerberg

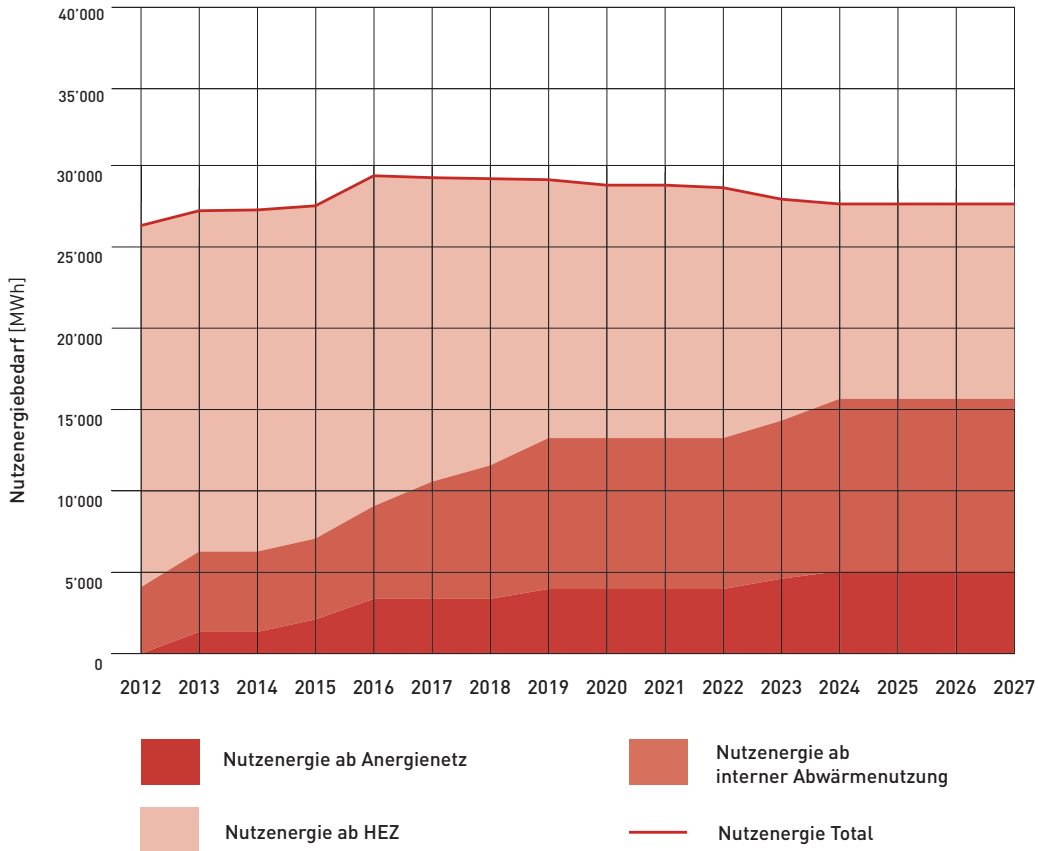


Abbildung 2 zeigt, dass der Anteil der zentralen Gasheizung (Nutzenergie ab HEZ) kontinuierlich abnimmt und im Gegenzug der Anteil der internen Abwärmenutzung und des Anergienetzes zunimmt.

Kennzahlen ¹

	COP ² Leistungszahl	JAZ ³ Jahresarbeitszahl
Wärmeerzeugung		
Zentrale HPZ	7.5	6.2
Zentrale HPL	7.7	6.2
Zentrale HWN	7.8	5.8
Wärme- und Kälteerzeugung ⁴		
Zentrale HC	6.9	–
	EER ⁵ Leistungszahl	JAZ ³ Jahresarbeitszahl
Kälteerzeugung		
Zentrale HPZ	36.5 *	12.8 ** (inkl. HEZ)
Zentrale HPL	33.0 *	9.7 ** (inkl. HEZ)
Zentrale HWN	22.1 * (nur Klimakälte KK)	–
Max. Heizleistung WP/KM ⁶	6,5 MW ***	
Max. Kühlleistung WP/KM ⁶	5,3 MW ***	
Erdwärmesonden		
Anzahl Sonden	431 (Stand 2019)	
Anzahl Sondenmeter	86'200 m (je 200 m/Sonde)	
Max. Leistung	5.2 MW *** (bei 60 Watt/m)	
Nom. Leistung	3.0 MW *** (bei 35 Watt/m)	

¹ Kennwerte aus dem Jahr 2018 für die Zentralen HPZ, HPL, HWN. Die Zentrale HI wurde im Dezember 2019 in Betrieb genommen. Es liegen noch keine Messwerte vor.

² Die Leistungszahl oder der COP (Coefficient of Performance) bezeichnet den thermischen Wirkungsgrad von Wärmepumpen in einem bestimmten Betriebspunkt. Sie gibt das Verhältnis der von der Maschine abgegebenen Wärmeleistung zur aufgenommenen Antriebsleistung an.

³ Die Jahresarbeitszahl enthält zur aufgenommenen Antriebsleistung (gem. COP) auch jegliche Hilfsenergien (Umwälzpumpen, Ventilantriebe, Rückkühler etc.).

⁴ Kombinierte Arbeitszahl für Nutzwärme und Nutzkälte; Im HC-Cluster findet, im Gegensatz zu anderen Zentralen, eine aktive Kälteerzeugung statt. Die Zentrale befindet sich entweder im Kombibetrieb oder reinem Kühlbetrieb. Der Wert entspricht Stand Oktober 2019 (Mittelwert der Monate Januar – Oktober 2019).

⁵ Für eine Kälteanlage wird der Begriff EER (Energy Efficiency Ratio) verwendet. EER ist die Leistungszahl einer Kältemaschine.

⁶ Wärmepumpe/Kältemaschine

* Direktkühlung über Anergienetz unter Berücksichtigung des Pumpenstromes.

** Inkl. Kältelieferung vom HEZ (Heizzentrale Höggerberg); der reine JAZ-Wert der Zentrale ist tatsächlich höher.

*** Megawatt

Kontakt

ETH Zürich
Abteilung Immobilien
www.ethz.ch/immobilien

Herausgeber Abteilung Immobilien, ETH Zürich

© ETH Zürich, Dezember 2019