



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie
und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE
Geschäftsstelle Energie-Vorbild Bund

18. November 2016

Konsolidierte Potenzialanalyse erneuerbare Energien und Abwärmenutzung

Von den Akteuren des Projekts Energie-Vorbild Bund

Bericht des Bundesamtes für Energie an den Bundesrat



Impressum

Projektleitung des Berichts: Geschäftsstelle Energie-Vorbild Bund

Olivier Meile, Bundesamt für Energie

Stefanie Steiner und Thomas Weisskopf, Weisskopf Partner GmbH

Mitglieder der Arbeitsgruppe Potenzialanalyse von Energie-Vorbild Bund

Caroline Adam, armasuisse Immobilien

Christoph Affentranger, Rat der Eidgenössischen Technischen Hochschulen

Markus Bernath, Die Schweizerische Post

Dominik Brem, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich

Andreas Puder, Bundesamt für Bauten und Logistik BBL

Markus Ruch, Schweizerische Bundesbahnen SBB AG

Pascal Salina, Swisscom AG

Daniel Vauthey, Skyguide AG



Inhalt	
Zusammenfassung	4
1. Ausgangslage	8
2. Methodik	9
2.1. Vorgehen bei der Konsolidierung	9
2.1.1. <i>Potenzialbegriffe</i>	9
2.1.2. <i>Varianten</i>	10
2.1.3. <i>Wahl von Energieträgern</i>	11
2.2. Entwicklung Energieverbrauch	11
2.3. Kosten	11
3. Energieverbrauch und Produktion erneuerbare Energien der Akteure VBE	12
4. Wärmepotenziale nach Akteur	13
4.1. Solarthermie	13
4.2. Holz	14
4.3. Biogasbezug ab Netz	16
4.4. Umweltenergie (Wärmepumpen)	17
4.5. Nah-/Fernwärmeanschlüsse	20
4.6. Abwärmenutzung	22
4.7. Wärme und Strom aus Biomasse mittels Wärme-Kraft-Kopplung	23
5. Strompotenziale nach Akteur	26
5.1. Photovoltaik (PV)	26
5.2. Wasserkraft	28
5.3. Windenergie	30
6. Energiepotenziale aller Akteure	32
6.1. Wärme	32
6.2. Strom	34
7. Investitionskosten	36
7.1. Investitionskosten zur Ausschöpfung der Wärmepotenziale	36
7.1.1. <i>Solarthermie</i>	36
7.1.2. <i>Holz</i>	36
7.1.3. <i>Umweltenergie</i>	36
7.1.4. <i>Nah-/Fernwärmeanschlüsse</i>	37
7.1.5. <i>Abwärmenutzung</i>	37
7.1.6. <i>Wärme und Strom aus Biomasse (WKK)</i>	37
7.2. Investitionskosten zur Ausschöpfung der realistischen Strompotenziale	38
7.2.1. <i>Photovoltaik</i>	38
7.2.2. <i>Wasserkraft</i>	38
7.2.3. <i>Windenergie</i>	38
7.3. Zusammenfassung und Interpretation der Investitionskosten	39
7.3.1. <i>Wärme</i>	39
7.3.2. <i>Strom</i>	40
8. Umsetzung und Hemmnisse	42
9. Nächste Schritte	43
Literatur	44
Anhang: Übersicht aller Potenziale in MWh/a	45



Zusammenfassung

Auf der Basis der Energiestrategie 2050 hat der Bundesrat am 30. November 2011 das Bundesamt für Energie (BFE) damit beauftragt, die Geschäftsstelle Energie-Vorbild Bund (VBE) zu gründen und die operative Führung der Geschäftsstelle zu übernehmen. Zur Gesamtsteuerung und Koordination von *Energie-Vorbild Bund* wurde die *Koordinationsgruppe VBE* (KG-VBE) geschaffen. Diese umfasst die zivile Bundesverwaltung, das Eidg. Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport VBS, den Bereich der Eidg. Technischen Hochschulen sowie die bundesnahen Unternehmen Schweizerische Post, Schweizerische Bundesbahnen, Skyguide und Swisscom.

Im Zusammenhang mit der Nutzung der erneuerbaren Energien bei Gebäuden lud der Bundesrat im August 2014 die Akteure von VBE ein, individuelle Potenzialanalysen zur Nutzung erneuerbarer Energien zu erstellen. Aufgrund der sehr unterschiedlichen Ausgangslagen der Akteure und bereits erhobener Potenziale zu einzelnen Energieträgern wurden die Potenzialanalysen individuell und mit unterschiedlichen Methoden durchgeführt. Die Ergebnisse der individuellen Analysen sind im vorliegenden Bericht konsolidiert.

Ausgangslage

Die Basis für die zusätzliche Nutzung von erneuerbaren Energien ist der aktuelle Energiemix. Es zeigt sich, dass der verbrauchte Strom bei den Akteuren von VBE bereits zu 88 % aus erneuerbaren Quellen stammt, 10 % davon aus eigener Stromproduktion. Bei der Wärme ist der Anteil erneuerbarer Energien mit 40 % geringer, 71 % davon aus eigener Produktion. Die erhobenen Potenziale bilden die jährliche Produktion ab, die bei kompletter Realisierung des Potenzials anfallen würde.

Potenzial zur Produktion erneuerbarer Wärme und Kälte

Aus den Analysen der Akteure von Energie-Vorbild Bund ergibt sich ein technisches Gesamtpotenzial für erneuerbar erzeugte Wärme (im ETH-Bereich auch Kälte) von 438.0 GWh/a. Das grösste technische Potenzial liegt in der Nutzung von Umweltenergie (für Kälte und Wärme) mit 35 %, gefolgt von Holz mit 30 %. Weniger als ein Drittel des technischen Potenzials wird als wirtschaftlich ausgewiesen. Hierzu muss aber erwähnt werden, dass das wirtschaftliche Potenzial nur teilweise wirklich erhoben werden konnte. Dies aus folgendem Grund: Die Wirtschaftlichkeit von Wärmeerzeugungsanlagen hängt stark von der Ausgangslage jedes einzelnen Projektes ab. Beispielsweise ist es für die Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen bedeutsam, welches Temperaturniveau für das Verteilsystem benötigt wird. Solche lokalen Gegebenheiten konnten bei einem Gebäudepark von mehreren hundert bis tausend Standorten im Rahmen der Potenzialanalyse nicht analysiert werden.

Die technischen Potenziale nach Akteur sind in Abbildung 1 ersichtlich. Die grössten technischen Potenziale sind bei der SBB, beim VBS, beim BBL und im ETH-Bereich vorhanden.

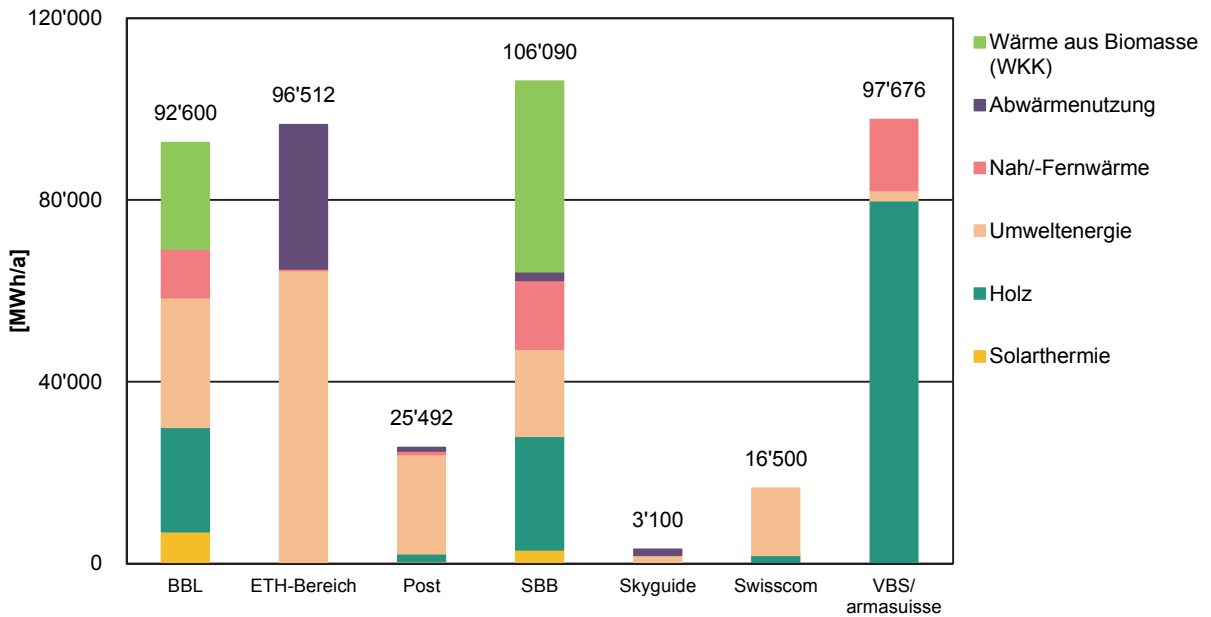


Abbildung 1: Technische Wärme-/Kältepotenziale

Potenzial zur Produktion von erneuerbarem Strom

Im Strombereich wird mit dem Begriff *Realistisches Potenzial* gearbeitet. Dieser Begriff umfasst das Potenzial, welches aufgrund der günstigen technischen Ausgangslage und kostenbestimmender Faktoren realistischer Weise umgesetzt werden könnte. Aus den Analysen der Akteure resultiert ein realistisches Potenzial zur Erzeugung von erneuerbarem Strom von 232.4 GWh/a. Das grösste Potenzial besteht in der Nutzung von Solarenergie, gefolgt von Wasser- und Windkraft. Mehr als 50 % des Potenzials wird beim VBS ausgewiesen (siehe Abbildung 2). Mit dem realistischen Potenzial könnte der Anteil der erneuerbaren Strom-Eigenproduktion am gesamten Stromverbrauch der Akteure von aktuell 10 % auf 26 % gesteigert werden (ohne Bahnstrom, dieser wird bereits heute zu 90 % aus erneuerbaren Energiequellen gewonnen).

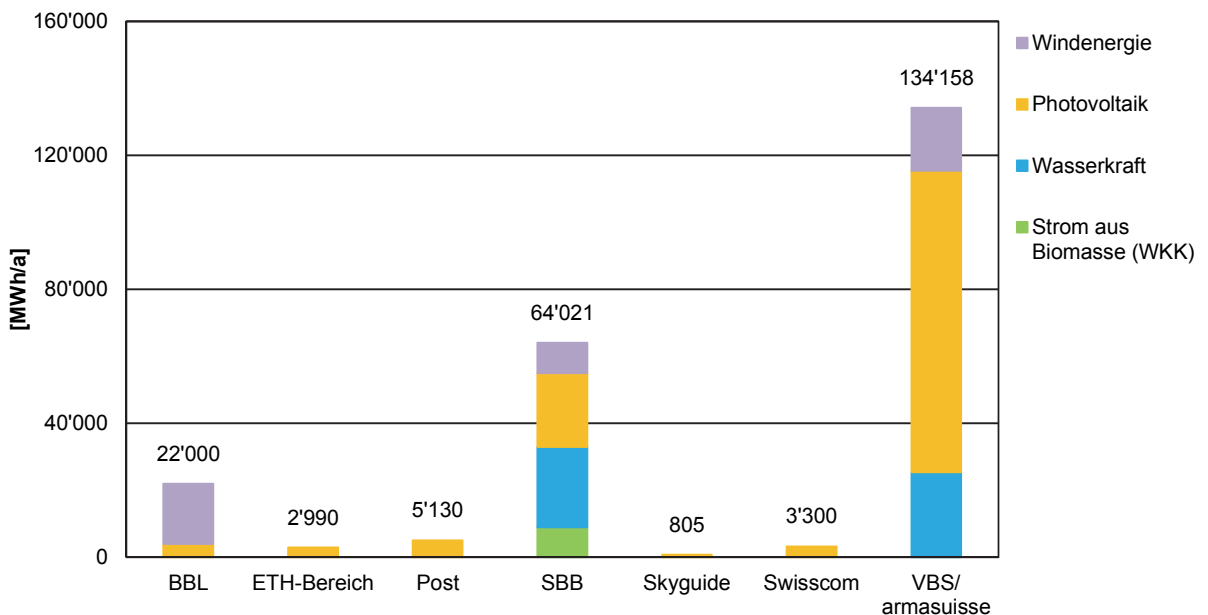


Abbildung 2: Realistische Strompotenziale



Investitionskosten

Aufgrund fehlender Daten zum wirtschaftlichen Wärmepotenzial stützt sich die Schätzung der Investitionskosten für Solarthermie, Holz, Umweltenergie und Nah-/Fernwärme auf dem technischen Potenzial ab. Unter der Annahme, dass 50 Prozent des technischen Potenzials umgesetzt und bestehende Heizungen in den nächsten 20 bis 30 Jahren ersetzt werden müssen, ist mit zusätzlichen Investitionskosten in der Höhe von 59 Millionen Franken zu rechnen. Weitere Investitionen für Sanierungsmassnahmen an den Gebäuden, die üblicherweise zeitgleich mit dem Heizungsersatz getätigt werden müssen, sind in dieser Betrachtung nicht berücksichtigt.

	Technisches Potenzial [GWh/a]	Zusätzliche Investitionskosten gegenüber fossilem Ersatz bei Umsetzungsgrad von 50 % [Mio. CHF]
Solarthermie	11	8
Holz	131	30
Umweltenergie (ohne ETH-Bereich)	88	27
Nah-/Fernwärme	42	-6
Total	272	59

Tabelle 1: Grobe Abschätzung der zusätzlichen Investitionskosten gegenüber dem fossilen Ersatz zur Ausschöpfung von 50 % des technischen Wärmepotenzials

Für die Abwärmenutzung, die Wärmegewinnung aus Biomasse (WKK) sowie für die Nutzung von Umweltenergie im ETH-Bereich werden die Investitionskosten auf mindestens 215 bis 230 Millionen Franken geschätzt (wobei für die Abwärme- und Umweltenergienutzung im ETH-Bereich die Kosten nur teilweise verfügbar sind). Sie sind zu einem grossen Teil als Zusatzinvestitionen zu betrachten.

Die Investitionskosten zur Ausschöpfung des gesamten realistischen Strompotenzials werden auf rund 371 Mio. CHF geschätzt. Der grösste Teil der Investitionskosten wird dabei den Photovoltaikanlagen zugeordnet, da hier auch das grösste Potenzial liegt.

	Realistisches Potenzial [GWh/a]	Investitionskosten [Mio. CHF]
PV	128	202
Wasserkraft	49	85
Windenergie	46	69
Strom aus Biomasse (WKK)	9	15
Total	232	371

Tabelle 2: Realistische Strompotenziale und grobe Schätzung der Investitionskosten

Umsetzung und Hemmnisse

Von den Akteuren der VBE wurde vorgesehen, dass im Heizungsersatz und -neubau nur noch in Ausnahmefällen fossile Energieträger eingesetzt werden. Wenn diese Massnahme konsequent umgesetzt wird, werden die Akteure im Rahmen der anstehenden Sanierungen ihren Wärmebedarf innerhalb von rund 30 Jahren mehrheitlich erneuerbar decken (wenn nicht über die oben genannten Energieträger, dann über den Kauf von Biogas). Gleichzeitig werden damit die CO₂-Emissionen der



Akteure von Energie-Vorbild Bund massiv reduziert und es wird ein Beitrag an die Erreichung der Klimaziele des Bundes geleistet.

Bei allen Akteuren besteht das grösste Hindernis bei der Umsetzung der erneuerbaren Energiepotenziale in der Bereitstellung der benötigten Investitionsmittel. Dies gilt selbst für die über die Lebensdauer gesehen wirtschaftlichen Lösungen, denn die Erstinvestition ist meist höher als bei konventionellen Varianten. Bei grossen Anlagen, welche meist auch Energie für externe Abnehmer produzieren, ist ein weiteres finanzielles Hemmnis, dass Geldmittel ausserhalb des Kerngeschäftes der Akteure gebunden werden. Weiter gibt es Standorte, die zwar sehr gut für die Stromproduktion geeignet wären, an welchen die Akteure aber keinen eigenen Strombedarf aufweisen. Da das BBL, der ETH-Bereich und das VBS keinen gesetzlichen Auftrag zur Produktion und zum Verkauf von Energie haben, können die Potenziale an solchen Standorten momentan nicht genutzt werden.

Nächste Schritte

Aus den erkannten Potenzialen und Umsetzungshemmnissen leiten die Akteure von Energie-Vorbild Bund folgende nächste Schritte zur Ausschöpfung der identifizierten Potenziale ab:

1. Die Akteure ersetzen fossile Feuerungen, die erneuert werden müssen, durch Wärme-erzeugungssysteme mit erneuerbaren Energiequellen. Auch neue Anlagen werden mit erneuerbaren Energieträgern gebaut. Davon ausgenommen sind Sonderfälle gemäss Massnahmenkatalog VBE (z.B. Notstromaggregate). Mit dieser Strategie werden die Akteure innerhalb eines Zeitraums von rund 30 Jahren ihre Wärme grösstenteils erneuerbar erzeugen.
2. Bis Ende 2017 erstellen die Akteure individuelle Aktionspläne für den Umgang mit den identifizierten Potenzialen für die Nutzung von erneuerbaren Energien und der Abwärme. Die Wirtschaftlichkeit soll dabei berücksichtigt werden. Diese Aktionspläne werden auf existierende Energie- und Nachhaltigkeitsstrategien sowie auf die zur Verfügung stehenden Investitionsmittel abgestimmt.



1. Ausgangslage

Auf der Basis der Energiestrategie 2050 hat der Bundesrat am 30. November 2011 das Bundesamt für Energie (BFE) damit beauftragt, die Geschäftsstelle Energie-Vorbild Bund (VBE) zu gründen und die operative Führung der Geschäftsstelle zu übernehmen. Zur Gesamtsteuerung und Koordination von Energie-Vorbild Bund wurde die Koordinationsgruppe Energie-Vorbild Bund (KG-VBE) geschaffen. Diese umfasst die zivile Bundesverwaltung, das Eidg. Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (VBS), den Bereich der Eidg. Technischen Hochschulen sowie die bundesnahen Unternehmen Schweizerische Post, Schweizerische Bundesbahnen, Skyguide und Swisscom.

Im Zusammenhang mit dem Umweltbericht der Bundesverwaltung 2011 formulierte der Bundesrat am 16. September 2011 unter anderem folgenden Prüfauftrag an das Bundesamt für Bauten und Logistik (BBL): *«Es ist eine Potenzialanalyse vorzunehmen für die verstärkte Produktion bzw. Nutzung von neuen erneuerbaren Energien bei bestehenden Gebäuden der Bundesverwaltung.»* Für diesen Prüfauftrag wurde eine externe Analyse in Auftrag gegeben. Im August 2013 hat der Bundesrat den entsprechenden Bericht des BBL *«Potenzialanalyse neue erneuerbare Energien»* zur Kenntnis genommen. Im Rahmen der Bundesratssitzung vom 14. August 2013 konnte aufgrund offener Fragen zur Finanzierung und zur Umsetzung der Massnahmen keine Einigung erzielt werden und die Behandlung des Aussprachepapiers *«Potenzialanalyse neue erneuerbare Energien»* wurde verschoben. In der Folge wurden Absprachen zwischen verschiedenen Bundesämtern getroffen und es wurde erkannt, dass für die Erarbeitung von Entscheidungsgrundlagen betreffend Umsetzung und Finanzierung von Massnahmen eine Gesamtsicht über alle Liegenschaften des Bundes erarbeitet werden sollte. Der Bundesrat hat deshalb am 13. August 2014 das folgende weitere Vorgehen festgelegt:

- a. Das VBS (armasuisse) wird beauftragt, bis Mitte 2015 eine Potenzialanalyse vorzunehmen für die verstärkte Produktion bzw. Nutzung von neuen erneuerbaren Energien bei ihren Arealen und Gebäuden. Die Potenzialanalyse soll aufzeigen, mit welchen Kosten und Nutzen dies verbunden wäre.
- b. Der ETH-Bereich und die interessierten Unternehmen Post, SBB, Skyguide und Swisscom werden eingeladen, im Rahmen der *«Koordinationsgruppe Energie-Vorbild Bund»* bis Mitte 2015 ebenfalls je eine solche Potenzialanalyse zu erarbeiten. Sie werden durch das UVEK (BFE) über den vorliegenden Beschluss orientiert.
- c. Das UVEK (BFE) wird beauftragt, diese Potenzialanalysen zu konsolidieren, bis Mitte 2016 einen Aktionsplan *«Neue erneuerbare Energien beim Bund und bei interessierten Unternehmen»* zu erstellen und dem Bundesrat im Namen der *«Koordinationsgruppe Energie-Vorbild Bund»* entsprechend Antrag zu stellen.

Energie-Vorbild Bund hat Ende 2014 in diesem Zusammenhang die Massnahme G02 *«Potenzialanalysen für Abwärme und erneuerbare Energien»* in den Katalog der gemeinsamen Massnahmen aufgenommen. Alle Akteure von VBE haben die Massnahme gewählt und damit die Absicht erklärt, eine Potenzialanalyse zu erstellen. Die Koordinationsgruppe von Energie-Vorbild Bund hat infolgedessen eine Arbeitsgruppe mit Vertretern aller Akteure gebildet, welche das Vorgehen zur Erstellung und Konsolidierung der Potenzialanalysen festlegt (siehe auch Kapitel 2).

Im März 2015 wurde der Bundesrat informiert, dass die Potenzialanalysen aller Akteure von Energie-Vorbild Bund erst Ende 2016 konsolidiert vorliegen werden. Die Ergebnisse sind nun in diesem Bericht zusammengestellt.



2. Methodik

Bereits vor dem Auftrag des Bundesrates hat die Mehrheit der Akteure von VBE Potenziale zu einzelnen oder mehreren Energieträgern in teilweise aufwändigen Studien erhoben. Die Arbeitsgruppe von VBE hat beschlossen, dass diese Arbeiten unverändert in die Potenzialanalyse einfließen sollen, damit die bereits eingesetzten Ressourcen voll genutzt werden. Weiter hat die Arbeitsgruppe entschieden, die ausstehenden Potenziale individuell pro Akteur zu erheben. Dieses Vorgehen wurde gewählt, da die Ausgangslage bei den Akteuren sehr unterschiedlich ist. Dies betrifft unter anderem die Anzahl Standorte (von zwei bis zu mehreren Hundert) und besondere Potenziale (wie z.B. Wärme aus Tunnels und Wärme/Strom aus Bahnschwellen oder Gülle).

Für alle Akteure (ausgenommen Skyguide)¹ gilt, dass das wirtschaftliche Potenzial nur teilweise erhoben werden konnte. Dies aus folgendem Grund: Die Wirtschaftlichkeit von erneuerbaren Energieträgern hängt stark von der Ausgangslage jedes einzelnen Projektes ab. Insbesondere bei Wärmeerzeugungs-Anlagen sind lokale Gegebenheiten für die Wirtschaftlichkeit ausschlaggebend. Beispielsweise ist es für die Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen bedeutsam, welches Temperaturniveau für das Verteilsystem benötigt wird oder bei Holzschnitzelanlagen, ob ein Filter installiert werden muss und wie einfach ein Lagerplatz für die Schnitzel bereitgestellt werden kann. Diese lokalen Gegebenheiten konnten bei einem Gebäudepark von mehreren hundert bis tausend Standorten im Rahmen der Potenzialanalyse nicht analysiert werden. Dort wo möglich, haben die Akteure aus den technischen Potenzialen die wirtschaftlichen Potenziale abgeleitet. Beispielsweise wurde bei der SBB vom Anteil der wirtschaftlichen Holzfeuerungen gemäss Zielvereinbarungen auf das gesamte Portfolio hochgerechnet.

2.1. Vorgehen bei der Konsolidierung

Die individuellen Potenzialanalysen wurden studiert und bei Bedarf Nachforderungen gestellt. Anschliessend wurden die Potenziale der Akteure in Tabellen zusammengetragen und das Vorgehen und die Resultate kurz zusammengefasst. Das detaillierte Vorgehen der individuellen Erhebungen ist den einzelnen Potenzialanalysen der Akteure zu entnehmen.

Die bei der Konsolidierung angewendeten Grundsätze sind im Folgenden beschrieben.

2.1.1. Potenzialbegriffe

In den individuellen Analysen wird mit unterschiedlichen Potenzialbegriffen gearbeitet. Die wichtigsten und in den meisten Studien verwendeten Begrifflichkeiten umfassen die Folgenden:

- *Theoretisches Potenzial*: Das theoretische Potenzial beschreibt das innerhalb einer gegebenen Region innerhalb eines bestimmten Zeitraumes theoretisch physikalisch nutzbare Energieangebot.
- *Technisches Potenzial*: Das technische Potenzial ist der Anteil des theoretischen Potenzials, der unter Berücksichtigung der technischen Restriktionen nutzbar ist.
- *Wirtschaftliches Potenzial*: Das wirtschaftliche Potenzial ist der Anteil des technischen Potenzials, den man erhält, wenn die Gesteungskosten in der Bandbreite der Gesamtkosten konkurrierender Systeme liegen. Die externen Kosten (d.h. Kosten aufgrund der Umweltbelastung) und allfällige Kosten für die Kompensation von CO₂-Emissionen fossiler Feuerungen mittels CO₂-Zertifikaten fließen dabei nicht in die Betrachtung ein.

¹ Ausgenommen davon ist Skyguide, da dieses Unternehmen nur zwei Standorte betreibt. Hier wurde die Wirtschaftlichkeit berechnet.



Innerhalb dieser Potenzialbegriffe werden abhängig vom Energieträger und vom Akteur unterschiedliche Kriterien eingesetzt (z.B. ist die Grösse der technisch nutzbaren Dachflächen bei PV-Anlagen je nach Akteur individuell festgelegt). Einige Studien verwenden weitere Kriterien, welche soziale Aspekte (z.B. landschaftsästhetische Gründe bei Windanlagen) berücksichtigen. Teilweise werden die Potenziale nicht nach diesen Begrifflichkeiten, sondern in unterschiedlichen Nutzungskategorien angegeben. Um diesen unterschiedlichen Ansätzen Rechnung zu tragen, wird in der Konsolidierung mit den Begriffen technisches, wirtschaftliches und realistisches Potenzial gearbeitet. Die obigen Definitionen werden dabei folgendermassen erweitert (siehe auch Abbildung 3):

- *Technisches Potenzial (Wärme und Strom)*: Der Begriff des technischen Potenzials wird erweitert, so dass auch Potenziale, welche ökologische oder soziale Aspekte berücksichtigen hier ausgewiesen werden können.
- *Wirtschaftliches Potenzial (Wärme)*: Bei den Energieträgern im Bereich Wärme wird, wo verfügbar, das wirtschaftliche Potenzial ausgewiesen. Dieses enthält Potenziale, für welche eine Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt wurde, wie auch Potenziale, für welche mittels Kriterien die finanziell interessanten Anlagen herausgefiltert wurden.
- *Realistisches Potenzial (Strom)*: Beim Strom wurden in den individuellen Studien mehrheitlich Überlegungen dazu getroffen, welches Potenzial realistischer Weise umgesetzt werden könnte. Es ist beispielsweise nicht realistisch, dass jede kleinste Dachfläche mit Photovoltaikanlagen bebaut wird, auch wenn dies möglicherweise wirtschaftlich tragbar wäre. Die Wirtschaftlichkeit wurde über geeignete Kriterien teilweise auch berücksichtigt und fliesst in diesen Fällen ins realistische Potenzial ein.

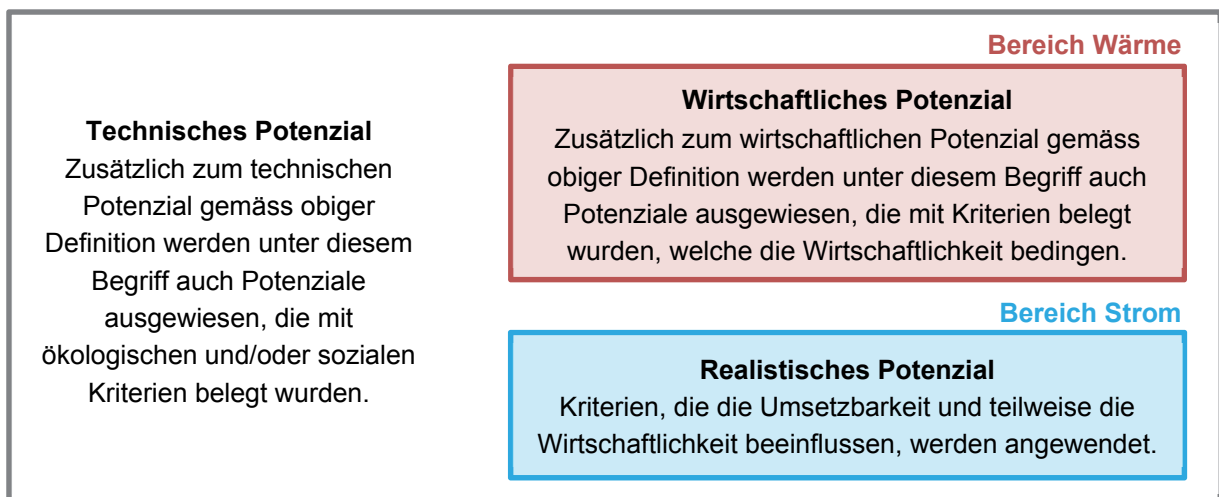


Abbildung 3: Verwendete Potenzialbegriffe und ihre Bedeutung

2.1.2. Varianten

Insbesondere bei detaillierten Machbarkeitsstudien werden in der Regel verschiedene Varianten berechnet. Im vorliegenden Bericht wird jeweils die wirtschaftlichste Variante aufgeführt.



2.1.3. Wahl von Energieträgern

In einigen Potenzialanalysen werden anschliessend an die Berechnung der einzelnen Potenziale gewisse Energieträger mit Priorität gewählt, wenn verschiedene Energieträger zur Verfügung stehen.² Hier werden diejenigen Potenziale ausgewiesen, welche in den individuellen Analysen bei den einzelnen Energieträgern angegeben werden (vor der Priorisierung). Deshalb ist es möglich, dass das Potenzial bei einem Akteur grösser ist als der effektive Verbrauch.

2.2. Entwicklung Energieverbrauch

Die berechneten Gesamtpotenziale für erneuerbare Wärme und erneuerbaren Strom werden in Relation zum effektiven Energieverbrauch gesetzt (siehe Kapitel 6). Dabei wird mit dem aktuellen Verbrauch gerechnet und es werden Überlegungen zur Verbrauchsentwicklung getroffen.

2.3. Kosten

Abuschätzungen zu den Investitionskosten werden für alle Akteure auf konsolidierter Ebene getroffen (siehe Kapitel 7). Als Berechnungsbasis wird im Strombereich das realistische Potenzial (in kW) verwendet und mittels spezifischen Investitionskosten (CHF/kW) werden die Gesamtkosten abgeschätzt.

Im Bereich Wärme wird für Solarthermie, Holz, Umweltwärme und Nah-/Fernwärme abgeschätzt, was die Umsetzung von 50 % des technischen Potenzials kosten würde. Dieses Vorgehen wird gewählt, da das wirtschaftliche Potenzial nur teilweise verfügbar ist. Für die Berechnung der Kosten wird zunächst aus den Energiemengen die benötigte Leistung abgeschätzt. Dazu wird für 2'000 Vollbetriebsstunden von der Energiemenge auf die Leistung (in kW) umgerechnet. Anschliessend werden, wie beim Strompotenzial, mittels spezifischen Investitionskosten (CHF/kW) die Gesamt-Investitionskosten abgeschätzt. Für Abwärmenutzung und WKK-Anlagen werden die in den individuellen Analysen angegebenen Kosten zusammengestellt. Spezifische Annahmen zu den einzelnen Energieträgern finden sich im Kapitel 7 des vorliegenden Berichts.

² Beispiel: Bei vielen Heizungen mit einem möglichen Fernwärmeanschluss könnte z.B. auch Umweltenergie eingesetzt werden. Anschliessend an die Erhebung der Potenziale für Fernwärme und Umweltenergie wird deshalb in einigen Studien festgelegt, ob in solchen Fällen Fernwärme oder Umweltenergie Vorrang hat. Das Potenzial wird in diesen Studien im Anschluss an die Berechnung der einzelnen Potenziale bei einem Energieträger reduziert.



3. Energieverbrauch und Produktion erneuerbare Energien der Akteure VBE

Die Ausgangslage für die Potenzialanalyse ist der aktuelle Strom- und Wärmeverbrauch der Akteure von VBE. Der Energieverbrauch und die bereits bestehende Produktion von erneuerbaren Energien werden im jährlichen Monitoring von VBE erfasst. Tabelle 3 zeigt die Verbräuche und die Produktion erneuerbarer Energien gemäss Monitoring 2015.

Der Strom stammt bei den Akteuren von Energie-Vorbild Bund bereits zu 88 % aus erneuerbaren Quellen, 10 % davon aus eigener Stromproduktion. Bei der Wärme ist der Anteil erneuerbarer Energien mit 40 % geringer (beim Wärmeverbrauch ist auch Umweltenergie eingerechnet, siehe dazu auch Fussnote c) unterhalb der Tabelle 3).

Der Bahnstrom ist nicht Bestandteil der Potenzialanalyse. Er wird bereits heute zu über 90 % aus erneuerbarer Energie erzeugt. Die SBB planen, den Anteil weiter zu erhöhen.

	BBL ^{a)}	ETH-Bereich	Post ^{b)}	SBB	Sky-guide	Swiss-com	VBS	Total
Energieverbrauch [GWh/a]								
- Wärme/Kälte (erneuerbar) ^{c)}	18.5	210.0	23.3	22.8	0.1	14.1	81.4	370.3
- Wärme (nicht erneuerbar)	65.5	47.4	58.3	178.9 ^{d)}	1.9	41.5	153.7	547.2
Wärme/Kälte total	84.0	257.4	81.6	201.7	2.0	55.6	235.1	917.4
- Strom (nicht erneuerbar)	1.1	82.2	0.0	83.2	0.3	0.0	0.0	166.8
- Strom (erneuerbar)	104.0	283.7	110.1	160.1	12.1	434.0	173.2	1'277.2
Strom total (ohne Bahnstrom)	105.1	365.9	110.1	243.3 ^{e)}	12.4	434.0	173.2	1'444.0
Erneuerbare Energieproduktion [GWh/a]								
Wärme/Kälte ^{f)}	10.8	190.3	13.1	9.9	0.0	14.9	22.5	261.5
Strom	0.7	2.5	8.7	123.0	0.0	1.0	3.5	139.4

Tabelle 3: Energieverbrauch und Produktion erneuerbarer Energien 2015 [GWh/a]

Legende:

- a) Verbräuche gemäss Potenzialanalyse, da der Perimeter weiter gelegt ist, als im VBE-Monitoring (aus vorhandenen ESTAT Daten und aber grösstenteils theoretischen Annahmen)
- b) Verbräuche gemäss Potenzialanalyse, da nur Gebäude im Alleineigentum untersucht werden (im Monitoring von VBE sind alle Gebäude eingeschlossen)
- c) Im Wärmeverbrauch ist auch Wärme und Kälte aus Umweltenergie eingerechnet. Im VBE-Jahresbericht 2015 wird Wärme/Kälte aus Umweltenergie bei den Energieverbrauchswerten nicht ausgewiesen (nur der Strom für die Nutzbarmachung der Umweltenergie). Deshalb ist der hier aufgeführte Wärmeverbrauch höher als im Jahresbericht.
- d) Exklusive Erdgasverbrauch für Weichenheizungen
- e) Exklusive Bahnstrom, welcher nicht Bestandteil der Potenzialanalyse ist
- f) Umfasst die gesamte thermische Energieproduktion aus Holz, andere Biomasse, Solarthermie, Umweltenergie und Abwärmeabgabe an Dritte



4. Wärmepotenziale nach Akteur

Im Folgenden sind die Potenziale zur Nutzung und Produktion von erneuerbarer Wärme und Abwärme gegliedert nach Energieträger und Akteur zusammengestellt.

4.1. Solarthermie

Bei Solarthermie zur Erzeugung von Brauchwarmwasser ist von zentraler Bedeutung, ob Abnehmer für Warmwasser mit ganzjährig relativ hohem Verbrauch vorhanden sind. Das Potenzial für Solarthermie wird deshalb nur bei grossen Warmwasserverbrauchern wie Mensen, Kasernen und Sportanlagen analysiert. Auf die Untersuchung von solarer Heizungsunterstützung wird verzichtet (Ausnahme ist die Potenzialanalyse der Post, bei welcher von 20 % Heizungsunterstützung ausgegangen wird).

Das ausgewiesene technische Potenzial berücksichtigt bei allen Akteuren diese Kriterien. Die Wirtschaftlichkeit wurde nur bei Skyguide und SBB geprüft. Bei den übrigen Akteuren ist deshalb das wirtschaftliche Potenzial nicht verfügbar.

Die folgende Tabelle 4 beschreibt das erhobene Solarthermie-Potenzial nach Akteur.

	Potenzialbeschreibung	Techn. [MWh/a]	Wirts. [MWh/a]
BBL	Das Potenzial wird erhoben, indem Bauten mit über das Jahr gesehen möglichst konstantem Warmwasserbedarf (Wohngebäude und Bauten mit angeschlossener Kantine/Restaurant) zusammengetragen werden. Ausgeschlossen werden Heizzentralen mit mehreren unterschiedlichen Bauten. Die Analyse ergibt 17 geeignete Objekte mit einem technischen Potenzial von 7.0 GWh/a.	7'000	n.a.
ETH-Bereich	Im ETH-Bereich wird das Potenzial für die Nutzung von Solarthermie nicht erhoben. Der Bedarf an Warmwasser ist, gemessen am Gesamtenergiebedarf, sehr gering und das Potenzial an Ab- und Umweltwärme, dank konzentrierten Standorten, sehr gross. Dies gilt aber nicht ganz für alle Standorte. Im Sinne einer Energiekaskade steht deshalb die optimale Nutzung der Dach- und Fassadenflächen für Solarstromproduktion im Vordergrund.	0	0
Post	Für die Erhebung des Potenzials werden Gebäude, welche folgende Kriterien erfüllen, selektiert: <ul style="list-style-type: none">– Spezifischer Wasserbedarf > 50 Liter/m²/a– Bestehende Ölheizung (die mit Solarthermie unterstützt werden kann) Zur Berechnung des Potenzials wird davon ausgegangen, dass der Warmwasserverbrauch dieser Gebäude zu 80 % mittels Solarthermie erzeugt werden kann. Ausserdem wird eine Heizungsunterstützung von 20 % eingerechnet. Es resultieren 14 Liegenschaften mit einem Potenzial für Solarthermie.	422	n.a.
SBB	Das Potenzial für Solarthermie wird bei SBB Bottom-up aus den Massnahmenlisten der bestehenden Zielvereinbarungen (KMU- und Energie-Modell) und den Nachhaltigkeitskonzepten zusammengetragen.	3'000	600



	Potenzialbeschreibung	Techn.	Wirts.
		[MWh/a]	[MWh/a]
Skyguide	Für die beiden Standorte von Skyguide wird geprüft, ob die Spitzenlast des Wärmebedarfs durch Solarthermie gedeckt werden kann. Die Analyse zeigt, dass dies am Standort Genf theoretisch möglich ist. Über den Warmwasserverbrauch an diesem Standort wird das Potenzial berechnet. Da Solarthermie gegenüber der aktuell eingesetzten Fernwärme nicht wirtschaftlich ist, wird das wirtschaftliche Potenzial mit 0 MWh/a angegeben.	200	0
Swisscom	Bei Swisscom bestehen keine Mensen oder Sportanlagen, welche Potenzial für die Nutzung von Solarthermie aufweisen.	0	0
VBS/ armasuisse	Der Warmwasserbedarf ist in den Bauten von VBS durch schwankende Belegung von Angehörigen der Armee sehr unregelmässig. Deshalb besteht bei VBS/ armasuisse kein Potenzial für Solarthermie.	0	0
		10'622	600 *

Tabelle 4: Beschreibung und Potenzial von Solarthermie

* Das Potenzial wird in der Summe ausgewiesen. Es muss aber berücksichtigt werden, dass nicht alle Akteure das Potenzial angeben.

Es ergibt sich ein totales technisches Potenzial für Solarthermie von 10.6 GWh/a, welches mehrheitlich beim BBL verfügbar ist. Die folgende Abbildung 4 zeigt die Potenziale pro Akteur.

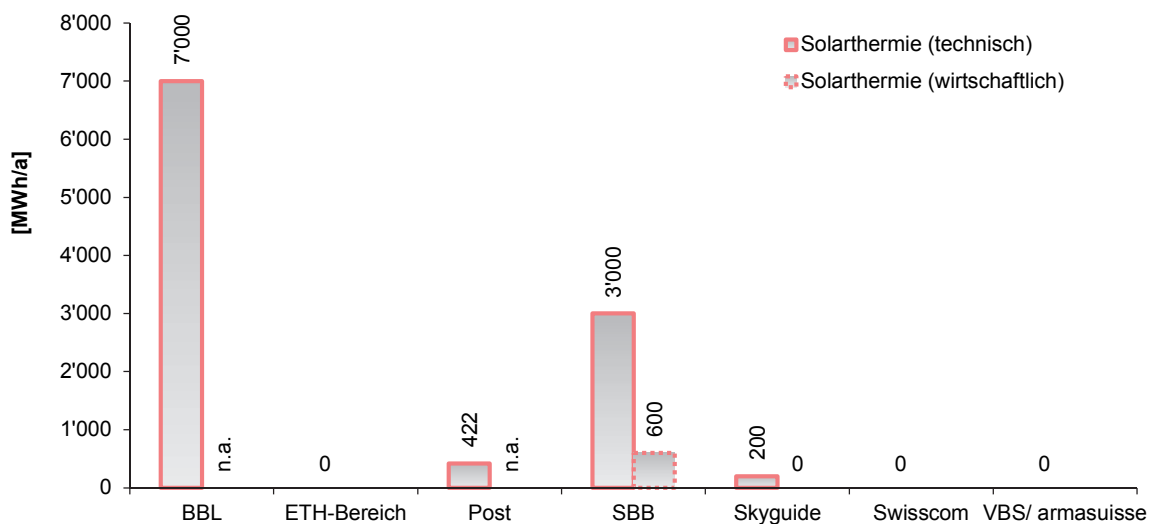


Abbildung 4: Potenzial Solarthermie pro Akteur [MWh/a]

4.2. Holz

Bei Holzfeuerungen für Gebäudeheizungen und Prozesswärme ist vor allem der Standort ein entscheidender Faktor. Der Standort ist einerseits in Bezug auf den Lieferweg/Platzbedarf und wegen lufthygienischen Anforderungen relevant. Damit Holzfeuerungen nachhaltig betrieben werden können, sollten die Lieferwege möglichst kurz und die Zufahrt ohne Gefährdung für Anwohner sein (insb. Schulwege). In Städten können wegen der hohen Siedlungsdichte die genannten Aspekte häufig nicht



zufriedenstellend berücksichtigt werden, weshalb periphere Standorte prioritär sind. Diese Grundsätze sind bei der Erhebung der Potenziale bei allen Akteuren eingeflossen.

Die folgende Tabelle 5 beschreibt das erhobene Potenzial für Holzfeuerungen nach Akteur.

Potenzialbeschreibung		Techn. [MWh/a]	Wirts. [MWh/a]
BBL	Das Potenzial für Holz wird über den Ersatz von bestehenden Gas-/Ölheizungen berechnet. Dabei werden die Heizzentralen in zwei Kategorien eingeteilt: Ausserstädtisch und innerstädtisch. In die Kategorie «ausserstädtisch», also Liegenschaften in peripherer Lage, fallen 88 Objekte. Beim technischen Potenzial wird das ausserstädtische Potenzial ausgewiesen, da Holz innerstädtisch nicht besonders geeignet ist.	23'000	n.a.
ETH-Bereich	Im ETH-Bereich wird das Potenzial für Holz nicht erhoben. Dies weil der ETH-Bereich keine Waldgrundstücke mit relevantem Holz-Potenzial besitzt und die verfügbaren Ressourcen auf die Nutzbarmachung von Umweltenergie und Abwärme konzentriert werden sollen.	n.a.	n.a.
Post	Das Potenzial für Holz wird über den Ersatz von bestehenden Gas-/Ölheizungen berechnet. Über den Wärmeverbrauch dieser Heizungen wird mit einem Faktor das Potenzial für Holzfeuerungen abgeschätzt. Der Faktor (0.5 %) ist aus verschiedenen durchgeführten Variantenstudien der Fachstelle Energie und Umwelt der Post Immobilien AG abgeleitet.	1'718	n.a.
SBB	Das Potenzial für Holzfeuerung wird bei SBB in einem ersten Schritt Bottom-up aus den Massnahmenlisten der bestehenden Zielvereinbarungen (KMU- und Energie-Modell) und Nachhaltigkeitskonzepte zusammengetragen. Anschliessend wird ausgehend von diesen Potenzialen und dem in Zielvereinbarungen und Nachhaltigkeitskonzepten abgedeckten Energieverbrauch auf das gesamte Potenzial in SBB-Immobilien hochgerechnet.	25'000	21'300
Skyguide	Der Ersatz der bestehenden Heizungen an den zwei Standorten von Skyguide wird analysiert. Die Analyse zeigt, dass die beiden Standorte aufgrund der städtischen Lage, respektive der grossen Lastschwankungen, kein Potenzial für Holzfeuerungen aufweisen.	0	0
Swisscom	Das Potenzial zur Nutzung erneuerbarer Wärme wird für die 5 strategischen Betriebsgebäude von Swisscom Bottom-up untersucht. Die Analyse ergibt, dass für diese Gebäude kein Potenzial zur weiteren Nutzung von erneuerbarer Wärme besteht. Dies weil entweder gar keine Wärme benötigt wird oder die Wärme bereits über Wärmerückgewinnung bereitgestellt wird. Weiter wird das Potenzial für erneuerbare Wärme für die 754 Telekom-Zentralen und 10 Office Gebäude Top-Down über den Ersatz von bestehenden Gas-/ Ölheizungen berechnet. Dabei muss bei Swisscom berücksichtigt werden, dass aufgrund der Reduktion und der Verdichtung von Standorten in den nächsten Jahren rund 60 % weniger Wärme benötigt wird. Deshalb wird das Potenzial mit dem entsprechenden Faktor reduziert. Aus Erfahrung von Swisscom können bei rund 10 % der Anlagen Holzfeuerungen und bei 80 % der Anlagen Wärmepumpen eingesetzt werden. Dies ergibt für Holz ein technisches Potenzial von 1.8 GWh/a.	1'800	n.a.



Potenzialbeschreibung		Techn. [MWh/a]	Wirts. [MWh/a]
VBS/ armasuisse	Das Potenzial für Holz wird über den Ersatz von bestehenden Gas-/Ölheizungen berechnet. Fossil betriebene Heizungen werden im Sanierungsfall konsequent durch erneuerbare Wärmeerzeugungs-Systeme ersetzt. Ausgenommen sind Anlagen mit speziellen Aufgaben (z.B. Verteidigungsanlagen), die nach wie vor fossil beheizt werden (es wird eine Reduktion des Potenzials von 7 % angenommen). Mit einer Lebensdauer der Heizungen von 35 Jahren fällt im betrachteten Zeitraum bis 2035 rund die Hälfte des aktuellen fossilen Verbrauchs als Ersatzpotenzial an. Aus Erfahrung können bei rund 30 % der Anlagen (Einzelanlagen) Wärmepumpen und bei den übrigen 70 % (Verbundanlagen) Holzfeuerungen eingesetzt werden. Dies ergibt für Holz ein technisches Potenzial von 79.8 GWh/a.	79'808	n.a.
		131'326	n.a. *

Tabelle 5: Beschreibung und Potenzial von Holz

*Das Potenzial wird in der Summe nicht ausgewiesen, da die Mehrheit der Akteure das Potenzial nicht angibt.

Im Gesamten ist bei den Akteuren von VBE ein technisches Potenzial von 131.3 GWh/a verfügbar, wobei dieses fast ausschliesslich bei den Akteuren BBL, SBB und VBS ausgewiesen wird. Die folgende Abbildung 5 zeigt die Potenziale pro Akteur.

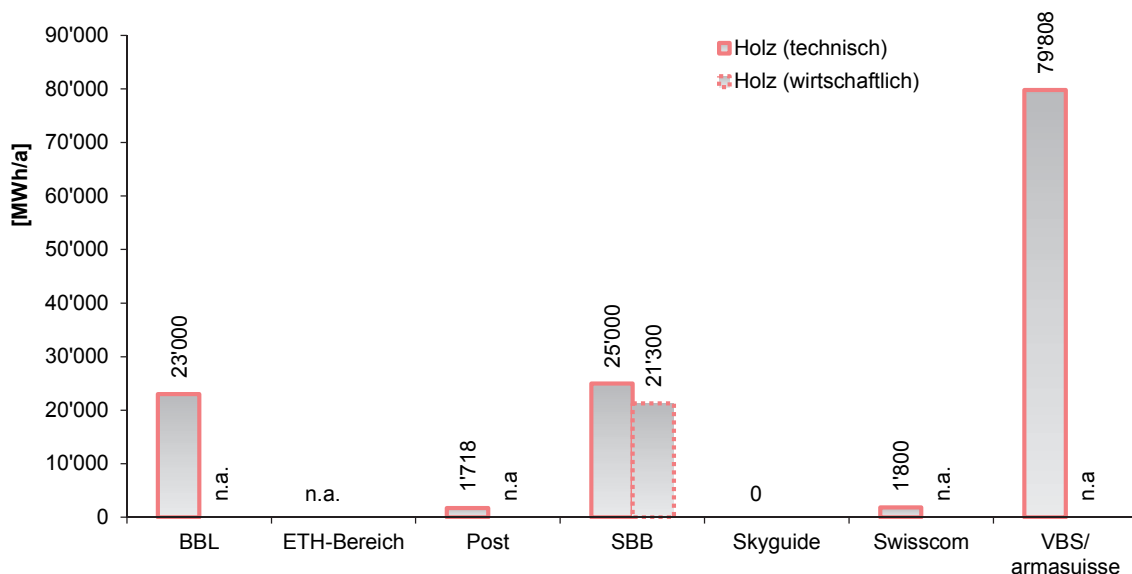


Abbildung 5: Potenzial Holz pro Akteur [MWh/a]

4.3. Biogasbezug ab Netz

Jede Gasheizung kann theoretisch über den Kauf von Biogas beim Lieferanten mit Biogas betrieben werden. Physisch wird zwar das Erdgas-Biogas-Gemisch bezogen, welches der Lieferant im Netz bereitstellt. Der Lieferant kann aber Biogas-Zertifikate beschaffen³ und somit den Biogas-Anteil im ganzen Netz und/oder auf deren Wunsch bei einzelnen Bezüglern bis auf 100 % erhöhen. Da diese

³ Die Clearingstelle des VSG Verband der Schweiz. Gasindustrie überwacht die Beschaffung der Biogas-Zertifikate durch die Lieferanten.



Lösung für jede Erdgasfeuerung per sofort möglich ist, entspricht das technische Potenzial für Biogas ab Netz dem aktuellen Erdgasverbrauch (253.9 GWh)⁴.

Im Vergleich zu einer mit Erdgas betriebenen Feuerung ist Biogas ab Netz nicht wirtschaftlich. Dies weil die Investitionskosten für die Feuerungsanlage für die beiden Energieträger identisch sind und gleichzeitig für den Bezug von Biogas höhere Energiekosten anfallen. Entsprechend ist das wirtschaftliche Potenzial für Biogasbezug ab Netz gleich Null. Aus ökologischer Sicht ist es aber sehr sinnvoll, für Heizungen, die aus bestimmten Gründen nicht auf andere erneuerbare Energieträger umgestellt werden können, Biogas beim Lieferanten zu bestellen. Dies entspricht auch der von den Akteuren im Aktionsbereich Gebäude beschlossenen Massnahme G03 «Keine neuen, fossil betriebenen Heizungen». Wenn andere erneuerbare Energieträger nicht eingesetzt werden können, soll Biogas bezogen werden.

4.4. Umweltenergie (Wärmepumpen)

Umweltenergie umfasst die Nutzung von Wärme, respektive Kälte aus Luft, Erdreich und Grund-/Oberflächenwasser. Für Heizzwecke wird Umweltenergie mittels Wärmepumpe auf das benötigte Temperaturniveau gehoben. Für Kühlzwecke kann Umweltenergie auch direkt genutzt werden (Free Cooling). Die Potenzialanalysen der Akteure konzentrieren sich auf die Nutzung von Umweltwärme zu Heiz-Zwecken. Der ETH-Bereich betrachtet ausserdem die Nutzung von Umweltenergie für die Kühlung.

Luft kann als Wärmequelle uneingeschränkt genutzt werden. Aufgrund der tiefen Aussenluft-Temperaturen während der Heizperiode können Wärmepumpen mit Luft jedoch weniger effizient betrieben werden, als Wärmepumpen mit Erdwärme oder Wasser als Wärmequelle. Die Potenzialanalysen der Akteure setzen ihren Schwerpunkt deshalb auf Wärmepumpen mit Erdwärme und Wasser. Bei kleinen Anlagen oder wenn die anderen Wärmequellen nicht zur Verfügung stehen, sind jedoch Luft/Wasser-Wärmepumpen sinnvoll und werden bei den Top-Down-Analysen von Post, SBB, Swisscom und VBS/armasuisse berücksichtigt.

Die folgende Tabelle 6 beschreibt das erhobene Potenzial für Umweltenergie nach Akteur. Die Tabelle weist die nutzbare thermische Energiemenge aus (Q_{th}), d.h. beinhaltet auch den Anteil Strom, welcher für die Nutzbarmachung der Wärme/Kälte aufgewendet werden muss. Der Anteil des Stroms hängt dabei wesentlich von der Energiequelle (siehe auch Hinweis zur Wärmequelle Luft im vorherigen Abschnitt) und der Nutzung (Wärme oder Kälte) ab.

⁴ Verbrauch gemäss Energiedaten-Erhebung im Rahmen von Energie-Vorbild Bund, Bezugsjahr 2015, respektive gemäss Potenzialanalyse bei BBL und Post. Bei SBB wurde der Verbrauch für Weichenheizungen abgezogen, welcher im Erdgasverbrauch enthalten ist (12.1 GWh/a). Bei Swisscom wurde die Reduktion der Standorte um 58 % berücksichtigt.



Potenzialbeschreibung		Techn. [MWh/a]	Wirts. [MWh/a]
BBL	<p>Das Potenzial für Umweltwärme wird über den Ersatz von bestehenden Gas-/Ölheizungen berechnet. Heizzentralen, welche die folgenden Kriterien erfüllen, werden ins Potenzial eingerechnet:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Wärmeverteilung mit tiefen Vorlauftemperaturen (< 45°C) b) Erdsonden sind erlaubt c) Flächen für Bohrungen sind vorhanden <p>Die Objekte werden anschliessend in 3 Kategorien eingeteilt. In die erste Kategorie fallen Objekte, bei denen alle obigen Kriterien erfüllt sind. Hier wird das Potenzial der ersten Kategorie unter dem wirtschaftlichen Potenzial ausgewiesen. Unter dem technischen Potenzial wird zusätzlich das Potenzial derjenigen Liegenschaften aufgeführt, die das Kriterium a) nicht erfüllen, da dieses die Wirtschaftlichkeit nachteilig beeinflusst. Die Analyse zeigt, dass 34 Heizzentralen alle obigen Kriterien und 20 Heizzentralen die Kriterien b) und c) erfüllen.</p>	28'500	14'000
ETH-Bereich	<p>Im ETH-Bereich werden praktische alle Formen zur Nutzung von Umweltenergie bereits angewendet. In der Analyse wird Bottom-up überprüft, in welchem Umfang die bestehenden Systeme ausgebaut werden könnten und neue Projekte möglich wären (für Wärme und Kälte). Es wird nicht zwischen technischem und wirtschaftlichem Potenzial unterschieden, sondern es werden realisierbare Projekte ausgewiesen. Dazu gehört unter anderem der Ausbau des Anergienetzes und der Seewassernutzung an der ETHZ sowie Wärmepumpen an der WSL und an der EMPA/EAWAG. Bei der EPFL kann mittels Seewassernutzung vollständig auf erneuerbare Wärmeerzeugung umgestellt werden. Das Potenzial des ETH-Bereichs wird hier als technisches, wie auch wirtschaftliches Potenzial ausgewiesen, da für den grössten Teil des Potenzials (Anergienetz) wirtschaftlich interessante Gesteungskosten resultieren.</p>	64'504	64'504
Post	<p>Das technische Potenzial für Umweltwärme wird über den Ersatz von bestehenden Gas-/Ölheizungen berechnet. Basierend auf Erfahrungswerten wird davon ausgegangen, dass kleine Feuerungen (< 50 kW) zu 95 % ersetzt werden können. Je grösser die Feuerung, desto schwieriger ist der Ersatz aufgrund des benötigten Platzes. Dem wird mit einer Abnahme des Ersatzpotenzials Rechnung getragen (z.B. bei Anlagen > 100 kW können nur noch 20 % der Feuerungen ersetzt werden). Aus der Abschätzung resultiert ein Potenzial von 21.9 GWh/a.</p>	21'854	n.a.
SBB	<p>Das Potenzial für die Nutzung von Umweltenergie in Immobilien wird bei SBB in einem ersten Schritt Bottom-up aus den Massnahmenlisten der bestehenden Zielvereinbarungen (KMU- und Energie-Modell) und Nachhaltigkeitskonzepte zusammengetragen. Anschliessend wird ausgehend von diesen Potenzialen und dem in Zielvereinbarungen und Nachhaltigkeitskonzepten abgedeckten Energieverbrauch auf das gesamte Potenzial im Gebäudepark der SBB hochgerechnet.</p>	<p style="text-align: center;"><u>Gebäude</u></p> 15'600	10'300



Potenzialbeschreibung		Techn. [MWh/a]	Wirts. [MWh/a]
	SBB untersucht weiter in einer Studie die Nutzung von Tunnelwärme, welche in Form von Drainage-Wasser, Felswärme und Tunnelluft anfällt. Untersucht werden Tunnels, die länger als 500 Meter sind und deren Abwärme-Nutzung innerhalb des Zeitraumes 2015-2020 umgesetzt werden könnten. Das Potenzial wird nur für Portale nahe bei potenziellen Wärmebezügern betrachtet (Siedlungen, Industriegebiete, Verwaltungskomplexe). Die Analyse ergibt, dass die Abwärme folgender Tunnels potenziell genutzt werden könnte: Ceneri-Basistunnel, Simplontunnel und CEVA/Tunnel de Pinchat. Unter dem wirtschaftlichen Potenzial wird hier nur CEVA/Tunnel de Pinchat ausgewiesen, da hierfür die Wärmegestehungspreise bereits bekannt sind. Für die anderen zwei Tunnels kann kein wirtschaftliches Potenzial angegeben werden.	<u>Tunnel</u> 3'600	2'400
Skyguide	Der Ersatz der bestehenden Heizungen an den zwei Standorten von Skyguide wird analysiert. Die Analyse zeigt, dass am Standort Dübendorf die Spitzenlast mit einer Wärmepumpe nicht gedeckt werden könnte. Am Standort Genf ist eine Wärmepumpe zwar technisch machbar (siehe technisches Potenzial), aber aufgrund hoher Vorlauftemperaturen nicht wirtschaftlich.	1'650	0
Swisscom	Das Potenzial zur Nutzung erneuerbarer Wärme wird für die 5 strategischen Betriebsgebäude von Swisscom Bottom-up untersucht. Die Analyse ergibt, dass für diese Gebäude kein Potenzial zur weiteren Nutzung von erneuerbarer Wärme besteht. Dies weil entweder gar keine Wärme benötigt wird oder die Wärme bereits über Wärmerückgewinnung bereitgestellt wird. Weiter wird das Potenzial für erneuerbare Wärme für die 754 Telekom-Zentralen und 10 Office Gebäude Top-Down über den Ersatz von bestehenden Gas-/Ölheizungen berechnet. Dabei muss bei Swisscom berücksichtigt werden, dass aufgrund der Reduktion und die Verdichtung von Standorten in den nächsten Jahren rund 60 % weniger Wärme benötigt wird. Deshalb wird das Potenzial mit dem entsprechenden Faktor reduziert. Aus Erfahrung von Swisscom können bei rund 10 % der Anlagen Holzfeuerungen und bei 80 % der Anlagen Wärmepumpen eingesetzt werden. Dies ergibt für Umweltenergie ein technisches Potenzial von 14.7 GWh/a.	14'700	n.a.
VBS/ armasuisse	Das Potenzial für Umweltenergie wird über den Ersatz von bestehenden Gas-/Ölheizungen berechnet. Fossil betriebene Heizungen werden im Sanierungsfall konsequent durch erneuerbare Wärmeerzeugungs-Systeme ersetzt, ausgenommen sind Anlagen mit speziellen Aufgaben (z.B. Verteidigungsanlagen), die nach wie vor fossil beheizt werden. Mit einer Lebensdauer der Heizungen von 35 Jahren fällt im betrachteten Zeitraum bis 2035 rund die Hälfte des aktuellen fossilen Verbrauchs als Ersatzpotenzial an. Aus Erfahrung können bei rund 30 % der Anlagen (Einzelanlagen) Wärmepumpen und bei den übrigen 70 % (Verbundanlagen) Holzfeuerungen eingesetzt werden. Dies ergibt für Umweltenergie ein technisches Potenzial von 2.3 GWh/a.	2'269	n.a.
		152'677	91'204 *

Tabelle 6: Beschreibung und Potenzial von Umweltenergie

* Das Potenzial wird in der Summe ausgewiesen. Es muss aber berücksichtigt werden, dass nicht alle Akteure das Potenzial angeben.



Für alle Akteure von VBE ergibt sich ein technisches Potenzial von 152.7 GWh/a. Das grösste Potenzial ist beim ETH-Bereich mit einem Anteil von 42 % verfügbar. Die folgende Abbildung 6 zeigt die Potenziale pro Akteur.

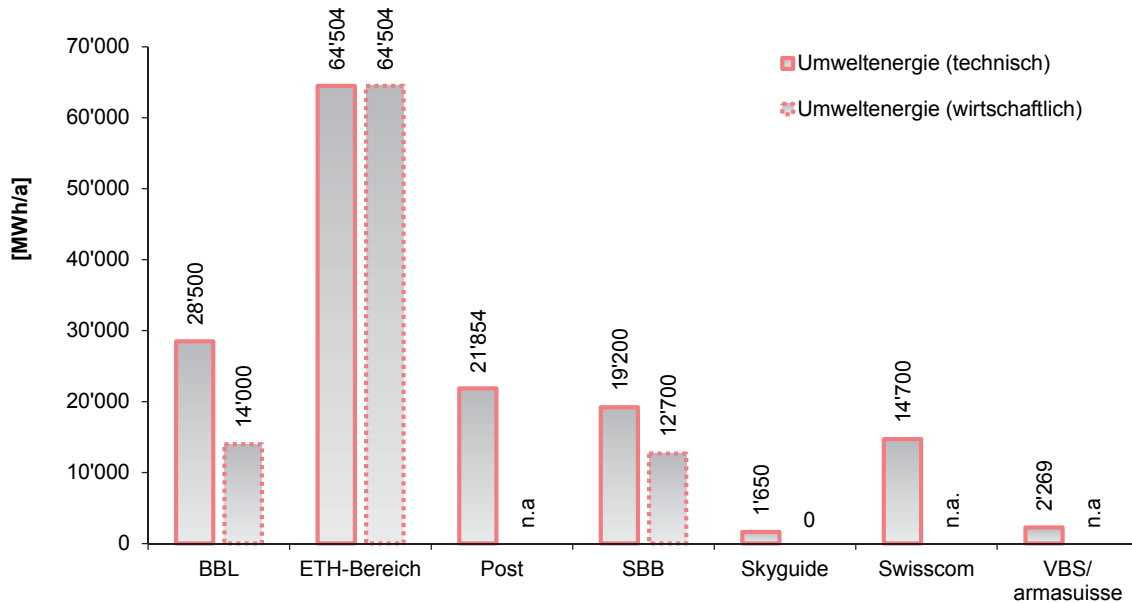


Abbildung 6: Potenzial Umweltenergie pro Akteur [MWh/a]

4.5. Nah-/Fernwärmeanschlüsse

Nah- und Fernwärmeanschlüsse umfassen den Anschluss von Standorten an bestehende Verbunde. Bei Fernwärme muss darauf geachtet werden, dass die erneuerbaren Energieträger einen möglichst grossen Anteil im Energiemix ausmachen. Dies ist bei der Umsetzung unbedingt zu beachten, kann aber im Rahmen der Potenzialanalyse nicht geprüft werden.

Zur Klärung des Potenzials wird jeder Standort einzeln (Bottom-up) betrachtet, da das Potenzial davon abhängt, ob am jeweiligen Standort ein Nah-/Fernwärmenetz besteht. Die folgende Tabelle 7 beschreibt das erhobene Potenzial für Nah-/Fernwärmeanschlüsse nach Akteur.

Potenzialbeschreibung		Techn. [MWh/a]	Wirts. [MWh/a]
BBL	Das Potenzial für den Anschluss an Fernwärmenetze wird analysiert, indem bei den Standorten mit fossiler Wärmeerzeugung die Nähe zu Fernwärmenetzen untersucht wird. Es resultieren 13 Heizzentralen, die aufgrund ihrer Nähe zu bestehenden Fernwärmenetzen potenziell für einen Anschluss geeignet wären.	10'700	n.a.
ETH-Bereich	Im ETH-Bereich wird das Potenzial für Fernwärme-Anschlüsse untersucht, indem das Potenzial bestehender Machbarkeitsstudien zusammengetragen wird. Das Potenzial beläuft sich auf 320 MWh im PSI. Die Nutzung der Fernwärme ist jedoch nicht wirtschaftlich, da sich die Kosten (in CHF/kWh) gegenüber heute etwa verdoppeln würden.	320	0



Potenzialbeschreibung		Techn. [MWh/a]	Wirts. [MWh/a]
Post	Die Post weist das Potenzial für Fernwärme-Anschlüsse aus, indem die in Planung oder Abklärung befindlichen Projekte aufgeführt werden. Es resultieren 6 Liegenschaften, die potenziell für den Anschluss an ein Fernwärmenetz geeignet wären.	757	n.a.
SBB	Das Potenzial für Fernwärme-Anschlüsse wird bei SBB Bottom-up aus den Massnahmenlisten der bestehenden Zielvereinbarungen (KMU- und Energie-Modell) und den Nachhaltigkeitskonzepten zusammengetragen.	15'100	5'700
Skyguide	Bei Skyguide besteht kein weiteres Potenzial für den Anschluss an Fernwärmenetze. Dies weil es am Standort Dübendorf kein Fernwärmenetz gibt und der Standort Genf bereits Fernwärme bezieht.	0	0
Swisscom	Mögliche Fernwärme-Anschlüsse bei den strategischen Betriebsgebäuden wurden bereits umgesetzt. Bei den übrigen Gebäuden wird im Falle von Sanierungsprojekten ein möglicher Fernwärme-Anschluss geprüft und prioritär behandelt. Dieses Potenzial kann aber nicht in MWh beziffert werden.	n.a.	n.a.
VBS/ armasuisse	VBS/armasuisse weist das Potenzial für Fernwärme-Anschlüsse aus, indem die in Planung befindlichen Projekte aufgeführt werden. Es resultieren 6 Standorte, die potenziell für den Anschluss an ein Fernwärmenetz geeignet wären.	15'600	n.a.
		42'477	n.a. *

Tabelle 7: Beschreibung und Potenzial von Anschlüssen an Nah- und Fernwärmenetze

* Das Potenzial wird in der Summe nicht ausgewiesen, da die Mehrheit der Akteure das Potenzial nicht angibt.

Es ergibt sich ein technisches Gesamtpotenzial von 42.5 GWh/a, welches zu 97 % bei den Akteuren BBL, SBB und VBS verfügbar ist (siehe Abbildung 7).

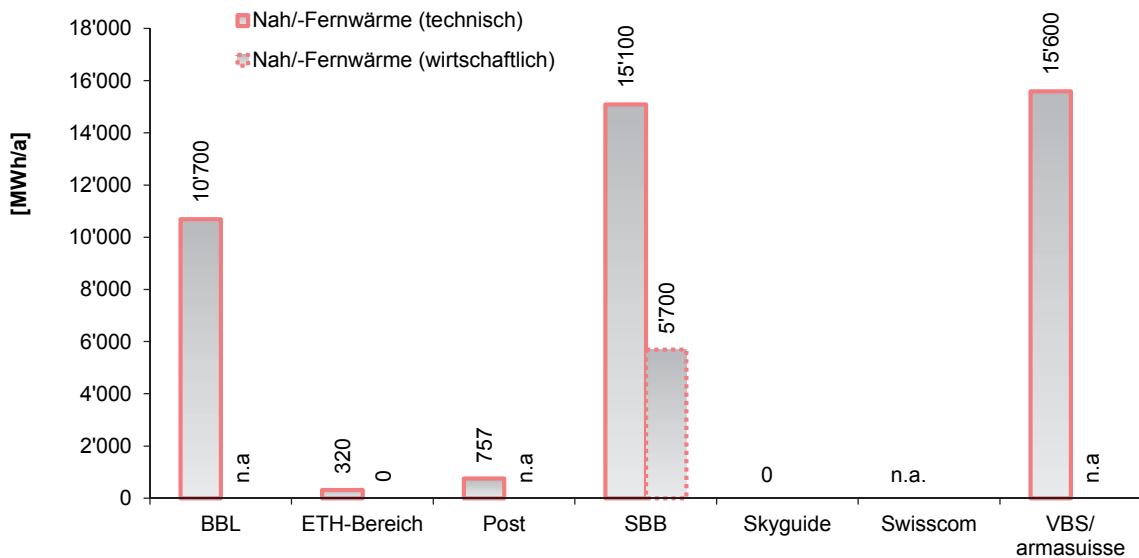


Abbildung 7: Potenzial Nah-/Fernwärme-Anschlüsse pro Akteur [MWh/a]



4.6. Abwärmenutzung

Das Potenzial für Abwärmenutzung ist sehr gross, gleichzeitig ist aber die Thematik sehr komplex. Um eine Aussage über die Nutzung von Abwärme treffen zu können, müssen nicht nur Wärmequellen vorhanden sein, sondern entsprechende Verbraucher bestehen (wenn möglich zeitgleich). Dies bedarf vertiefter Abklärungen, welche im Rahmen der Potenzialanalyse nur beschränkt möglich sind. Die folgenden Potenziale ergeben sich deshalb mehrheitlich aus bekannten Projektideen und auf eine Hochrechnung wird verzichtet.

Die folgende Tabelle 8 beschreibt das erhobene Potenzial für Abwärmenutzung nach Akteur.

Potenzialbeschreibung		Techn. [MWh/a]	Wirts. [MWh/a]
BBL	Innerhalb des Gebäudeportfolios des BBL gibt es kein unerschlossenes noch nutzbares Abwärmepotenzial. Wo möglich, wurde in der Vergangenheit überschüssige Abwärme im Zuge eines Umbaus oder einer Gebäudesanierung nutzbar gemacht.	0	0
ETH-Bereich	Noch ungenutzte Abwärme-Potenziale zum Ausbau der bereits bestehenden Systeme werden analysiert. Es resultieren Potenziale an den Standorten ETHZ, EPFL, PSI und EMPA. Es wird nicht zwischen technischem und wirtschaftlichem Potenzial unterschieden, sondern es werden realisierbare Projekte ausgewiesen. Da für den grössten Teil des Potenzials (Abwärmenutzung an der ETH Hönggerberg) keine Gestehungskosten verfügbar sind, wird das Potenzial nur unter dem technischen Potenzial ausgewiesen.	31'688	n.a.
Post	Das Potenzial für Abwärmenutzung wird analysiert, indem die Massnahmenlisten der Grossverbraucher, welche über eine Zielvereinbarung mit dem Bund/Kanton verfügen, auf entsprechende Massnahmen untersucht werden. Es resultieren 6 mögliche Projekte zur Nutzung von Abwärme, die alle wirtschaftlich sind.	741	741
SBB	Das Potenzial für Abwärmenutzung wird bei SBB Bottom-up aus den Massnahmenlisten der bestehenden Zielvereinbarungen (KMU- und Energie-Modell) und den Nachhaltigkeitskonzepten zusammengetragen.	1'900	600
Skyguide	An den zwei Standorten wird eine detaillierte technische Analyse über Verfügbarkeit von Wärmequellen und -senken durchgeführt. Am Standort Genf resultiert ein wirtschaftliches Potenzial zur Nutzung von Abwärme mittels Wärmepumpe.	1'250	1'250
Swisscom	Bei Swisscom besteht kein weiteres Potenzial zur Abwärmenutzung. Dies weil die mögliche Abwärmenutzung in den strategischen Betriebsgebäuden bereits umgesetzt ist und in den Telekomzentralen kein Potenzial besteht.	0	0
VBS/ armasuisse	Relevante Abwärmequellen sind im VBS vor allem die sich im Bau befindlichen Rechenzentren. An allen Standorten ist eine Abwärmenutzung vorgesehen. Detailliertere Angaben können aufgrund des Geheimschutzverfahrens keine gemacht werden.	n.a.	n.a.
		35'579	2'591 *

Tabelle 8: Beschreibung und Potenzial für Abwärmenutzung

* Das Potenzial wird in der Summe ausgewiesen. Es muss aber berücksichtigt werden, dass nicht alle Akteure das Potenzial angeben.



Das grösste technische Potenzial für die Nutzung von Abwärme weist der ETH-Bereich auf (siehe Abbildung 8). Bei diesem Akteur sind 89 % des Gesamtpotenzials von 35.6 GWh/a verfügbar.

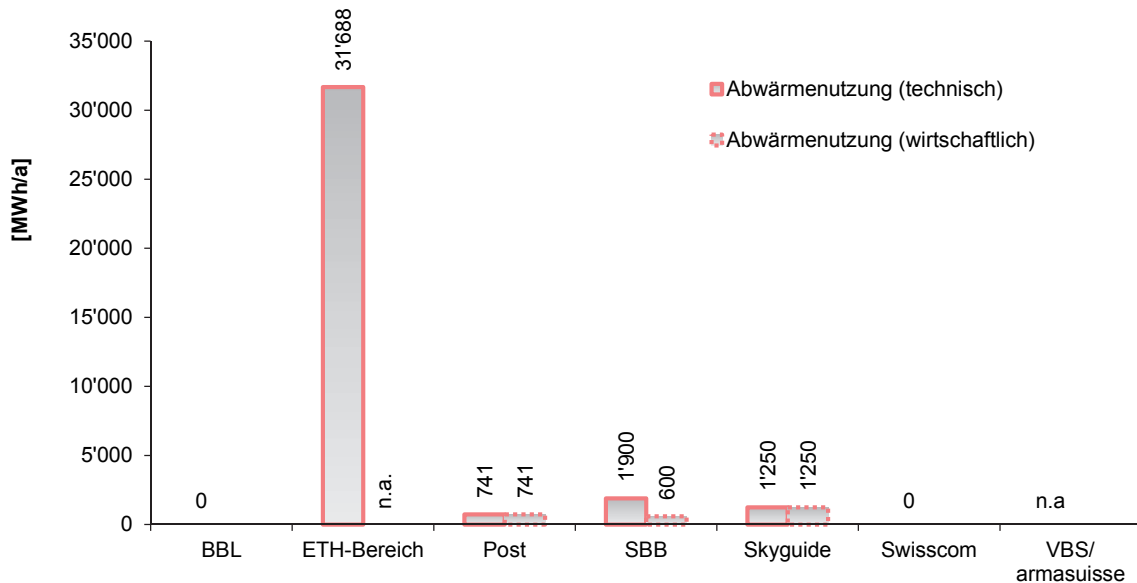


Abbildung 8: Potenzial Abwärmenutzung pro Akteur [MWh/a]

4.7. Wärme und Strom aus Biomasse mittels Wärme-Kraft-Kopplung

Wichtige Voraussetzung für die Verstromung von Biomasse ist die Verfügbarkeit von geeignetem organischem Material in ausreichender Menge und möglichst zentral anfallend. Organisches Material umfasst beispielsweise Gülle, Mist, Ernterückstände, Abfälle aus der Lebensmittelindustrie und der Gastronomie und Abwasser (Klärschlamm). Damit eine Wärmekraftkopplungs-Anlage (WKK) effizient betrieben werden kann, ist die Verwendung der Wärme zwingend und auch Vorschrift.

Die folgende Tabelle 9 beschreibt das erhobene Potenzial für Wärme und Strom aus Biomasse mittels Wärme-Kraft-Kopplung nach Akteur.

Potenzialbeschreibung		Techn. [MWh/a]	Wirts. [MWh/a]
BBL	Das Potenzial für Strom aus Biomasse wird ermittelt, indem alle Betriebe des Bundes, bei denen Biomasse von mindestens 100 Grossvieheinheiten anfällt, zusammengestellt werden. Es resultiert ein geeigneter Standort mit Hofdünger von 230 Grossvieheinheiten (Agroscope Liebefeld-Posieux). An diesem Standort wurde bereits eine Biogasanlage mit einer Stromproduktion von 11.2 GWh/a projektiert. Da aber in der Region viele andere Anlagen in Betrieb genommen wurden, wurde das Projekt gestoppt (Konkurrenz um das Substrat wäre zu gross). Weitere kleinere Standorte mit einem Gesamtpotenzial von 0.5 GWh/a sind vorhanden, aber aufgrund der hohen Stromgestehungskosten (40-70 Rp./kWh) wirtschaftlich nicht interessant.	<u>Wärme</u>	
		23'400	0
ETH-Bereich	Im ETH-Bereich fallen Bioabfälle nur punktuell an. Diese werden auf den üblichen Wegen entsorgt, beziehungsweise weiter genutzt. Deshalb besteht kein Potenzial für WKK.	<u>Strom</u>	
		0	0



Potenzialbeschreibung		Techn. [MWh/a]	Wirts. [MWh/a]
Post	Die Post verfügt über kein Potenzial, Biogas selber zu erzeugen.	0	0
SBB	<p>Bei den SBB bestehen zwei grosse Biomasse-Quellen, welche für den Betrieb von WKK-Anlagen interessant sein könnten: Alte Bahnschwellen und Grüngut vom Geleise-Unterhalt. Diese Potenziale wurden mit je einer Machbarkeitsstudie untersucht.</p> <p><u>Bahnschwellen</u>: Die technische Umsetzung eines Holzheizkraftwerkes für zur Nutzung der jährlich anfallenden 15'000-18'000 Tonnen alten Bahnschwellen wird mit zwei möglichen Anlagen-Varianten geprüft und deren Wirtschaftlichkeit wird verglichen. Die Untersuchung zeigt, dass die Variante mit einem Dampfturbinenprozess mit geringen technischen Risiken verbunden und wirtschaftlich interessant ist. Die Wärmegestehungskosten werden auf 18-20 Rp./kWh geschätzt, die Investitionskosten auf 45 Mio. CHF für die WKK-Anlage plus 30-45 Mio. CHF für das Fernwärmenetz. Mit der Anlage könnten jährlich rund 9 GWh Strom und 35-45 GWh Wärme abgegeben werden. Der Bau und der Betrieb einer WKK-Anlage mit Verkauf der Wärme an Externe gehören nicht zum Kerngeschäft der SBB (die produzierte Wärme ist aufgrund der Örtlichkeit nicht zur Deckung des eigenen Wärmebedarfs geeignet). Deshalb kann die SBB keine finanziellen Mittel in den genannten Grössenordnungen in eine solche Anlage investieren und betrachtet das ausgewiesene Potenzial nicht als wirtschaftlich.</p> <p><u>Grüngut</u>: Die Nutzung des Grüngutes, welches beim Unterhalt der Geleise anfällt, wird untersucht. Für die Nutzung der jährlich anfallenden 17'000 Tonnen Feuchtmasse an Grüngut werden mehrere Varianten zur energetischen Nutzung geprüft (Einspeisung ins Biogasnetz, eigenes BHKW und Verkauf an landwirtschaftliche Betriebe zur Co-Vergärung). Aus der Studie resultiert, dass der Abtransport und die Verwertung mit erheblichen Mehrkosten gegenüber der herkömmlichen Entsorgung verbunden sind. Die Biogasproduktion kann weniger als die Hälfte dieser Kosten decken und ist deshalb nicht wirtschaftlich.</p>	<p style="text-align: center;"><u>Wärme</u></p> <p>40'000 40'000</p> <p style="text-align: center;"><u>Strom</u></p> <p>9'000 9'000</p> <p style="text-align: center;"><u>Wärme</u></p> <p>1'890 0</p> <p style="text-align: center;"><u>Strom</u></p> <p>1'436 0</p>	
Sky-guide	Bei Skyguide besteht kein Potenzial für WKK-Anlagen, da an keinem der zwei Standorte Biomasse anfällt, die verwertet werden könnte.	0	0
Swiss-com	Bei Swisscom besteht kein Potenzial für WKK-Anlagen, da keine grossen Mengen von Biomasse zentral anfallen.	0	0
VBS/armas.	Das Verhältnis von Grüngutanfall und Wärmebedarf ist bei VBS/armasuisse an keinem Standort so, dass eine eigene Verwertung sinnvoll wäre. Wo geeignet, wird bereits mit privaten Partnern zusammengearbeitet wie z.B. in Bure (Abgabe von Abfällen - Bezug von Wärme).	0	0

Wärme: 65'290 40'000

Strom: 22'136 9'000

Tabelle 9: Beschreibung und Potenzial für Wärme und Strom aus Biomasse pro Akteur



Für Wärme- und Stromproduktion aus Biomasse besteht nur bei den Akteuren BBL und SBB ein technisches Potenzial. Es beträgt total 65.3 GWh Wärme und 22.1 GWh Strom pro Jahr. Wirtschaftlich interessant ist nur die Verwertung der alten Bahnschwellen bei SBB mit einer jährlichen Stromproduktion von 9.0 GWh und einer Wärmeerzeugung von 40.0 GWh (siehe Abbildung 9).

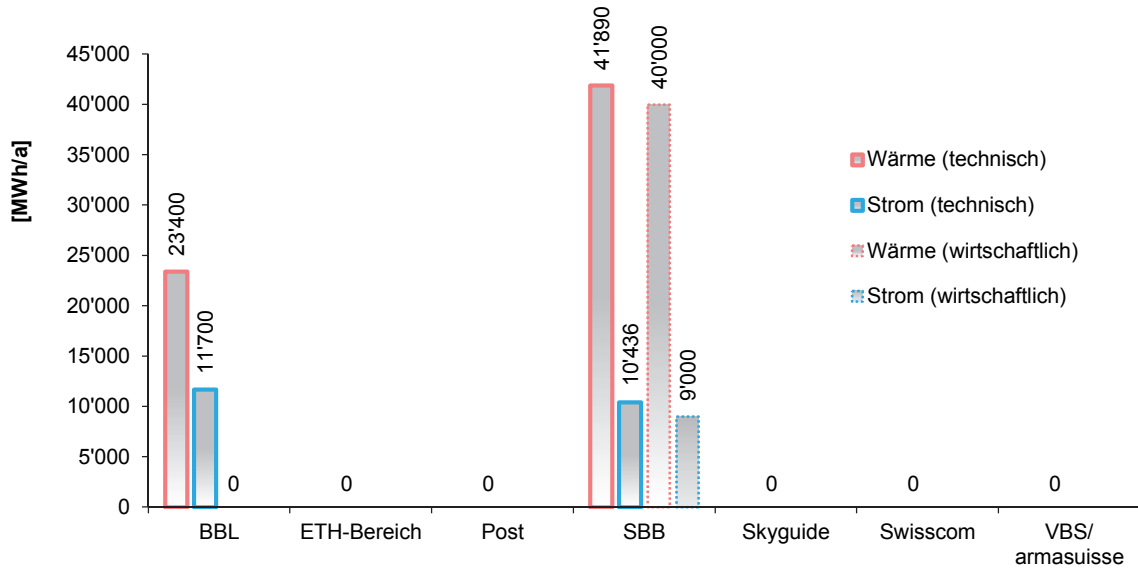


Abbildung 9: Potenzial Wärme und Strom aus Biomasse mittels Wärme-Kraft-Kopplung pro Akteur [MWh/a]



5. Strompotenziale nach Akteur

Im Folgenden sind die Potenziale zur Produktion von erneuerbarem Strom gegliedert nach Art der Erzeugungsanlage und Akteur zusammengestellt. Die Potenzialanalyse beschränkt die Betrachtung auf die Produktion von erneuerbarem Strom. Der Einkauf von Ökostrom-Zertifikaten wird nicht berücksichtigt, da über diese Lösung theoretisch per sofort der gesamte Strom erneuerbar bezogen werden könnte.

5.1. Photovoltaik (PV)

Bei der Produktion von Strom mittels PV-Anlagen wird die Betrachtung auf das Potenzial auf Dachflächen fokussiert. Einige Akteure haben aber auch die Produktion auf Fassaden untersucht. Bei Photovoltaik wird nicht das wirtschaftliche sondern das realistische Potenzial ausgewiesen. Dies, weil bei den meisten Akteuren keine Wirtschaftlichkeitsberechnung für die PV-Anlagen erfolgte, sondern die realistisch umsetzbaren Projekte ausgewiesen werden. Die individuellen Kriterien zur Berechnung des realistischen Potenzials und die daraus resultierenden Werte sind in der folgenden Tabelle 10 zusammengestellt.

	Potenzialbeschreibung	Techn. [MWh/a]	Real. [MWh/a]
BBL	Mittels GIS werden alle Dachflächen im Untersuchungsperimeter untersucht. Es wird definiert, dass die Dachausrichtung einen Ertrag von mind. 80 % des Maximalertrags erlauben muss. Für das technische Potenzial resultieren: <ul style="list-style-type: none">– 4 Objekte mit Anlagen > 100 kW– 32 Objekte mit Anlagen > 30 kW– 79 Objekte mit Anlagen < 30 kW oder Ertrag 80-90 % Im realistische Potenzial werden die grossen Anlagen eingerechnet (> 30 kW), sowie 50 % der kleinen Anlagen.	4'900	4'000
ETH-Bereich	Das technische Potenzial wird ausgewiesen, indem geeignete, ungenutzte Dachflächen und Fassaden mit mind. 50 m ² zusammengetragen werden. Daraus wird das realisierbare Potenzial abgeleitet, welches sofort und ohne anderweitige Nachteile ausführbare PV-Anlagen beinhaltet (beispielsweise schliesst das realisierbare Potenzial in der ETHZ Parzellen aus, welche im Baurecht abgegeben wurden).	7'703	2'990
Post	Die Machbarkeit von PV-Anlagen auf 14 Briefzentren wird detailliert in einzelnen Machbarkeitsstudien untersucht. Der potenzielle Ertrag wird für jeden Standort einzeln ausgewertet. Das technische Potenzial entspricht hier dem realistischen Potenzial.	5'130	5'130



Potenzialbeschreibung		Techn. [MWh/a]	Real. [MWh/a]
SBB	Das Potenzial für PV wird für Gebäude, Perrondächer und die Dächer von Bahnhöfen abgeschätzt. Mittels Satellitenbildern werden die nutzbaren Dachflächen ermittelt. Für PV-Anlagen auf Gebäuden wird zur Berechnung des technischen Potenzials von einer minimalen Anlagengrösse von 30 kWp, respektive 20 kWp bei Perrondächern ausgegangen. Die Bahnhof-Standorte werden in einer Einzelanalyse untersucht. Vom technischen Potenzial wird mit einem Faktor (je nach Gebäudetyp 30-50 %) das realistische Potenzial abgeleitet. Es resultiert ein realistisches Potenzial von 22 GWh/a auf folgenden Bauten: <ul style="list-style-type: none"> – 78 Industriebauten (Werkstätten, Güterschuppen, etc.) – 210 Perrondächer – 7 Bahnhöfe 	44'340	22'000
Skyguide	Das PV-Potenzial von Dachflächen und Fassaden wird mittels Simulationsprogramm berechnet. Es resultiert für beide Standorte ein wirtschaftliches Potenzial für Strom mittels PV-Anlagen.	805	805
Swisscom	Das Potenzial für PV-Anlagen wird Top-Down erhoben. Dabei wird von der aktuellen Anzahl Standorte, aufgrund der anstehenden Reduktion und Verdichtung der Gebäude, eine Abnahme der Gebäudefläche von rund 60 % eingerechnet. Pro Anlage wird aus Erfahrung mit einer mittleren Leistung von 30 kWp gerechnet. Daraus ergibt sich ein technisches Potenzial von 9.7 GWh/a. Aus Erfahrung von Swisscom sind davon rund zwei Drittel der Anlagen wegen fehlendem Bedarf, ungeeigneter Lage, Beschattung, technischen Hürden oder Dachnutzung für Rückkühler nicht umsetzbar. Daraus ergibt sich ein realistisches Potenzial von 3.3 GWh/a.	9'700	3'300
VBS/ armasuisse	Das Potenzial wird Top Down mittels Strahlungskarte für die gesamte Gebäudefläche von 3'030'000 m ² berechnet. Für die Berechnung der nutzbaren Fläche werden die mögliche Ausnutzung, Denkmalschutz etc. berücksichtigt. Dies ergibt ein technisches Potenzial von 338 GWh/a. Gleichzeitig wird bei den 65 grössten Arealen eine Detailanalyse des PV-Potenzials durchgeführt und auf alle Gebäude hochgerechnet. Aus den beiden Analysen wird ein nachhaltiges Potenzial von 90 GWh/a abgeleitet, welches hier unter dem realistischen Potenzial ausgewiesen wird. Aufgrund der immensen zur Verfügung stehenden Dachflächen (über 3 Mio. m ²) ist das Potenzial im Vergleich mit den anderen Akteuren sehr gross.	338'000	90'000
		410'578	128'225

Tabelle 10: Beschreibung und Potenzial für Strom mittels Photovoltaik

Das technische Potenzial für PV-Anlagen beträgt 410.6 GWh/a. Davon können rund 30 % oder 128.2 GWh/a realistischerweise umgesetzt werden. Das grösste realistische Potenzial liegt mit 90.0 GWh/a beim VBS (siehe Abbildung 10).

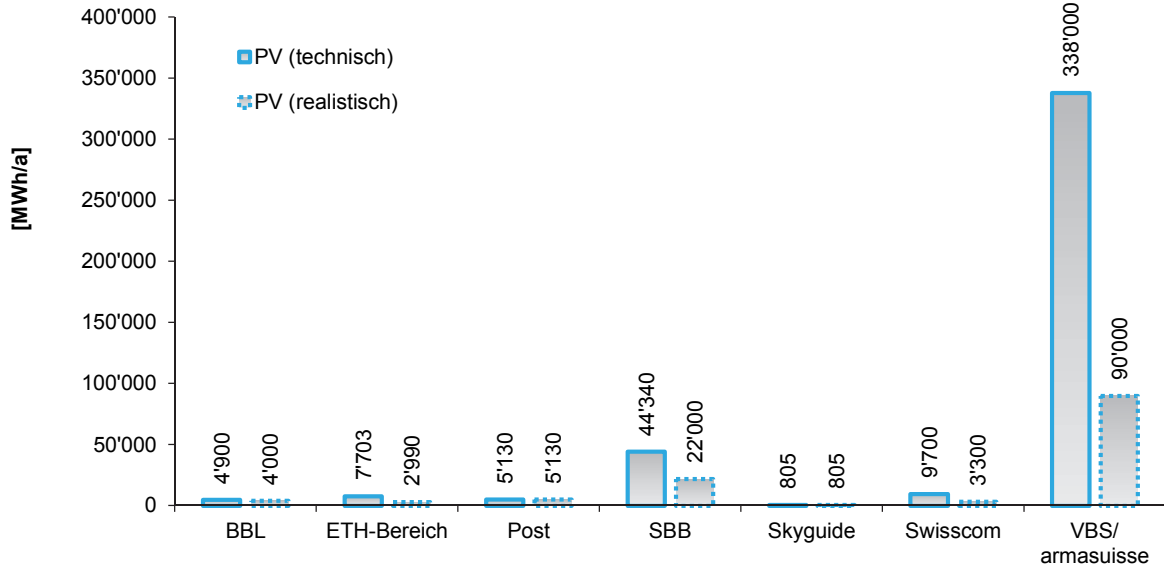


Abbildung 10: Potenzial Photovoltaik pro Akteur [MWh/a]

5.2. Wasserkraft

Im Rahmen der Potenzialanalyse von VBE wird nur Kleinwasserkraft betrachtet⁵. Ausserdem beschränkt sich die Erhebung auf die Akteure SBB, VBS/armasuisse und BBL. Bei den übrigen Akteuren wird kein Potenzial für die Stromerzeugung aus Wasserkraft vermutet.

Bei der Wasserkraft werden das technische und das realistische Potenzial ausgewiesen. Das realistisch erschliessbare Potenzial wird in den individuellen Analysen aus dem technischen Potenzial mittels Faktoren wie «Zugänglichkeit» und «Besitzverhältnisse» abgeleitet. Es ist offen, ob sich die Kleinwasserkraft-Projekte aus betrieblicher und ökonomischer Sicht für die Akteure lohnen würden. Diese Abklärungen würden den Rahmen der Potenzialanalyse sprengen.

Die folgende Tabelle 11 beschreibt das erhobene Potenzial für Strom aus Wasserkraft nach Akteur.

Potenzialbeschreibung		Techn. [MWh/a]	Real. [MWh/a]
BBL	Das Potenzial wird über die Geoinformationsplattform und weitere Dokumente analysiert. Ausserdem werden die Objektverantwortlichen zu potenziell interessanten Anlagen befragt. Es ergibt sich ein geeigneter Standort (Sportschule Magglingen), an welchem möglicherweise das Abwasser turbinieren werden könnte. Aufgrund fehlender Daten kann keine Aussage über das Potenzial gemacht werden.	n.a.	n.a.

⁵ Das Potenzial für Grosswasserkraft wurde bereits national vom BFE erhoben.



Potenzialbeschreibung		Techn. [MWh/a]	Real. [MWh/a]
SBB	Das Kleinwasserkraftpotenzial in den Einzugsgebieten der bestehenden SBB Konzessionen und auf Grundstücken im Besitz der SBB wird analysiert. Die Analyse erfolgt Top-Down mittels GIS und Modellen und Bottom up mittels Analyse bestehender Dokumente und Gesprächen mit Experten. Die Analyse ergibt ein technisches Potenzial von 259 GWh/a, wobei mehr als 80 % davon auf Grundstücken besteht, welche zwar der SBB gehören, das Unternehmen aber keine Wasserrechte besitzt. Aufgrund der vielen Einflussfaktoren ist es sehr schwierig abzuschätzen, wie gross das realistisch nutzbare Potenzial ist. In der Studie wird von 24 GWh/a ausgegangen (konkrete Projekte ohne grosse Umsetzungshemmnisse und Potenzial in den Einzugsgebieten der bestehenden Konzessionen mit erster Umsetzungs-Priorität). Über die Wirtschaftlichkeit werden keine Aussagen gemacht.	259'000	24'000
VBS/ armasuisse	Das Potenzial wird mittels Analyse der Wasserabfluss-Mengen berechnet. Es werden jene Gewässerabschnitte genauer analysiert, die ein Potenzial von mehr als 100 kW aufweisen. Daraus werden diejenigen Gewässerabschnitte gewählt, welche nicht bereits konzessioniert sind und nicht in einem Naturschutzgebiet liegen. Daraus ergeben sich 9 Flussläufe, welche für die Nutzung interessant sein könnten (technisches Potenzial von 83.6 GWh/a). Unter Berücksichtigung, dass der Gewässerabschnitt durch eine Strasse erschlossen sein sollte und eine Stromleitung verfügbar sein muss, ergeben sich zwei für die Nutzung geeignete Flussläufe.	83'578	25'395
		342'578	49'395

Tabelle 11: Beschreibung und Potenzial für Wasserkraft

In der folgenden Abbildung 11 ist das realistische Potenzial zur Erzeugung von Strom aus Kleinwasserkraft ausgewiesen (total 49.4 GWh/a). Ob dieses Potenzial jedoch wirklich genutzt werden kann, müsste durch vertiefte Analysen und Vorstudien bestätigt werden.

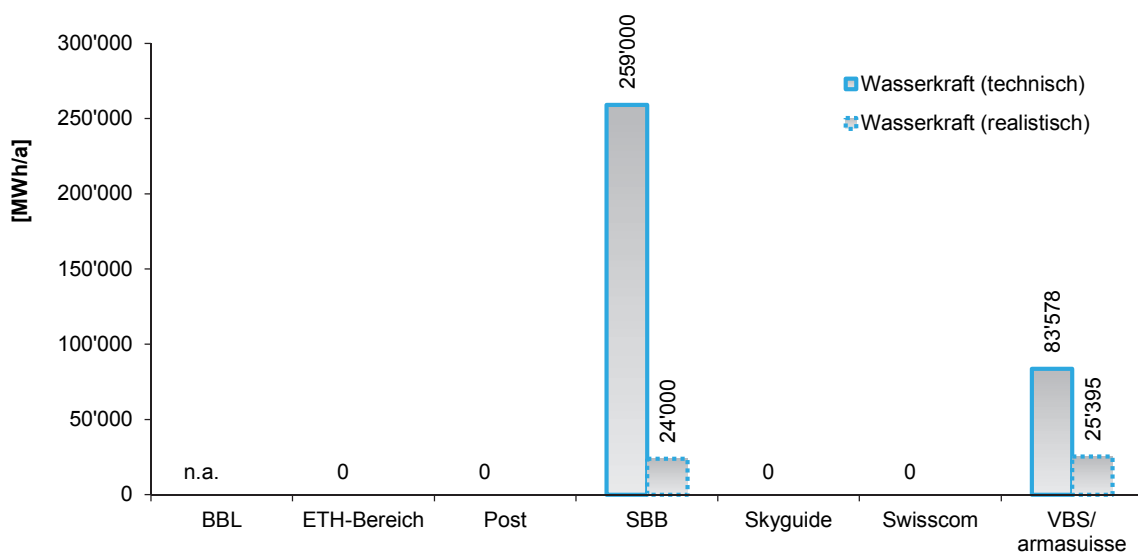


Abbildung 11: Potenzial Wasserkraft pro Akteur [MWh/a]



5.3. Windenergie

Im Rahmen der Potenzialanalyse werden nur Grossanlagen (> 50 kW) bei den Akteuren SBB, VBS/armasuisse und BBL untersucht. Bei den übrigen Akteuren ist kein Potenzial zur Nutzung von Windenergie zu erwarten, respektive die Nutzung ist nicht möglich⁶.

Das ausgewiesene realistische Potenzial enthält Standorte, die in den Untersuchungen aufgrund der Windgeschwindigkeiten und Lage für Windanlagen zur weiteren Verfolgung empfohlen werden. Für die Abschätzung der Wirtschaftlichkeit müssten für die Standorte Machbarkeitsstudien mit Windmessungen durchgeführt werden.

Die folgende Tabelle 12 beschreibt das erhobene Potenzial für Strom aus Windenergie nach Akteur.

Potenzialbeschreibung		Techn. [MWh/a]	Real. [MWh/a]
BBL	Das Potenzial wird mittels GIS-Analyse erhoben. Als Kriterium zur Eignung für Windkraftanlagen auf BBL-Grundstücken wird eine Mindestgeschwindigkeit von 4.5 m/s auf 70 m Höhe definiert. Nur zwei Standorte der untersuchten BBL-Objekte weisen solche Windgeschwindigkeiten auf. Für einen Standort (Le Peu Claude: eine Liegenschaft zwischen Les Bois und Le Noirmont im Kanton Jura) wird ein Potenzial von 12 MW Leistung mit 18 GWh Jahresproduktion ausgewiesen. Für den anderen Standort ist keine Ertragsprognose im Bericht verfügbar.	n.a.	18'000
SBB	Die für Windenergie nutzbaren Flächen werden mittels GIS-Analyse erhoben. Danach werden die Flächen bezüglich Eignung für Windanlagen bewertet. Die am besten bewerteten Flächen werden anschliessend einzeln analysiert und der potenzielle Energieertrag wird berechnet. Es ergeben sich acht für Windenergie prioritäre Flächen. In der Detailanalyse zeigt sich, dass vier davon zur weiteren Verfolgung empfohlen werden, da sie wirtschaftlich interessant sein könnten. Die Investitionskosten für diese vier Standorte werden auf rund 11 Mio. CHF geschätzt.	n.a.	9'021
VBS/ armasuisse	Das technische Potenzial wird basierend auf der Windkarte Schweiz für alle Areale von armasuisse Immobilien ermittelt (300.0 GWh/a). Anschliessend wird die Akzeptanz und Bewilligungsfähigkeit berücksichtigt, um dann mittels Detailanalyse die einzelnen Standorte auszuwerten. Aus der Analyse ergeben sich drei für Windenergie empfohlene Standorte (18.8 GWh/a).	300'000	18'763
		n.a.*	45'784

Tabelle 12: Beschreibung und Potenzial von Windenergie

* Das Potenzial wird in der Summe nicht ausgewiesen, da dieses nur bei VBS/armasuisse verfügbar ist.

Aus den 8 empfohlenen Standorten für Windenergie bei den Akteuren BBL, SBB und VBS/armasuisse ergibt sich ein realistisches Gesamtpotenzial von 45.8 GWh/a. Die folgende Abbildung 12 zeigt das Potenzial für die Nutzung von Windenergie pro Akteur.

⁶ Bei Swisscom verbietet eine Bakom-Regelung den Bau von Windkraftanlagen innerhalb eines Radius von 700 m um den Sender. Damit sind Windkraftanlagen auf eigenen Grundstücken nicht realisierbar.

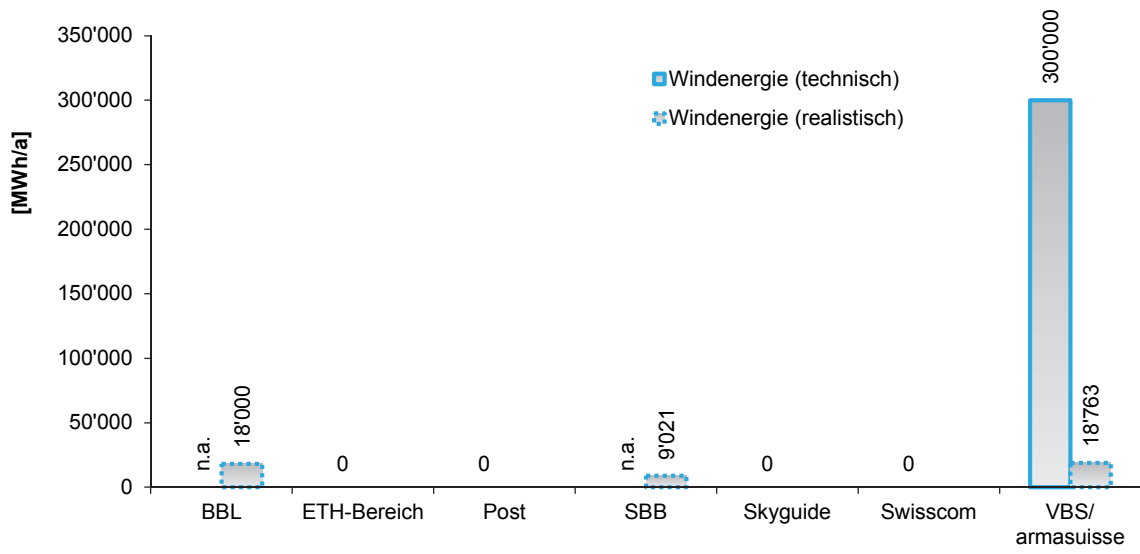


Abbildung 12: Potenzial Windenergie pro Akteur [MWh/a]



6. Energiepotenziale aller Akteure

6.1. Wärme

Aus den Potenzialanalysen der Akteure von VBE ergibt sich ein technisches Gesamtpotenzial für erneuerbar erzeugte Wärme (und Kälte im ETH-Bereich) von 438.0 GWh/a. Der Bezug von Biogas ab Netz ist dabei nicht berücksichtigt, da sich dieses Potenzial mit den anderen Energieträgern überschneidet und theoretisch jede Gasheizung per sofort auf Biogas umgestellt werden könnte. Davon werden 134.4 GWh/a als wirtschaftlich ausgewiesen. Hierzu muss aber erwähnt werden, dass das wirtschaftliche Potenzial nur teilweise wirklich erhoben werden konnte. Deshalb werden die wirtschaftlichen Potenziale für die nachfolgenden Überlegungen nicht weiterverwendet.

Die Analysen ergeben, dass die grössten technischen Potenziale bei SBB, VBS/arnasuisse, BBL und im ETH-Bereich bestehen (siehe nachfolgende Abbildung 13).

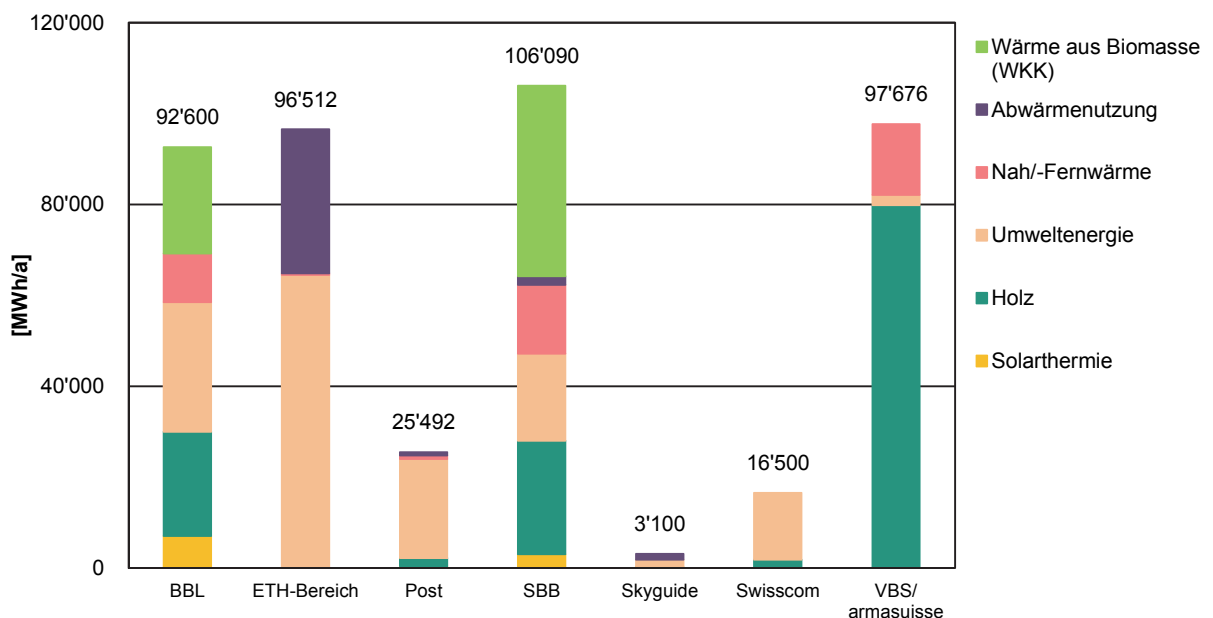


Abbildung 13: Technische Wärme/Kälte-Potenziale nach Akteur

Die Aufteilung auf die Energieträger ist in Abbildung 14 aufgezeigt. Die grössten Potenziale liegen in der Nutzung von Umweltenergie und Holz, gefolgt von Biomassennutzung mittels Wärme-Kraft-Kopplung und Fernwärme.

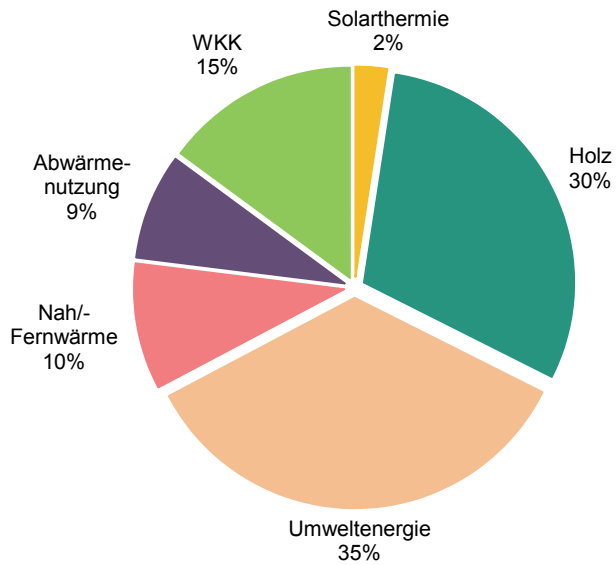


Abbildung 14: Anteile der technischen Wärmepotenziale nach Energieträger

Es stellt sich nun die Frage, ob mit diesen Potenzialen der Wärmeverbrauch der Akteure gedeckt werden kann. Dazu werden die technischen Potenziale ins Verhältnis mit dem aktuellen Wärmeverbrauch (siehe Kapitel 3, Tabelle 3) gesetzt und in der Abbildung 15 unten dargestellt. Da sich die Methoden zur Erhebung der technischen Wärmepotenziale zwischen den Akteuren wesentlich unterscheiden (bezüglich Detailgrad der Analysen, Annahmen der technischen Umsetzbarkeit, Zeithorizont etc.) ist diese Darstellung nur als Hilfe zum Verständnis der Grössenordnungen der Potenziale zu verstehen.

Über alle Akteure kann mit den erhobenen technischen Potenzialen der Anteil der erneuerbaren Wärme von aktuell 40 % auf 76 % gesteigert werden.

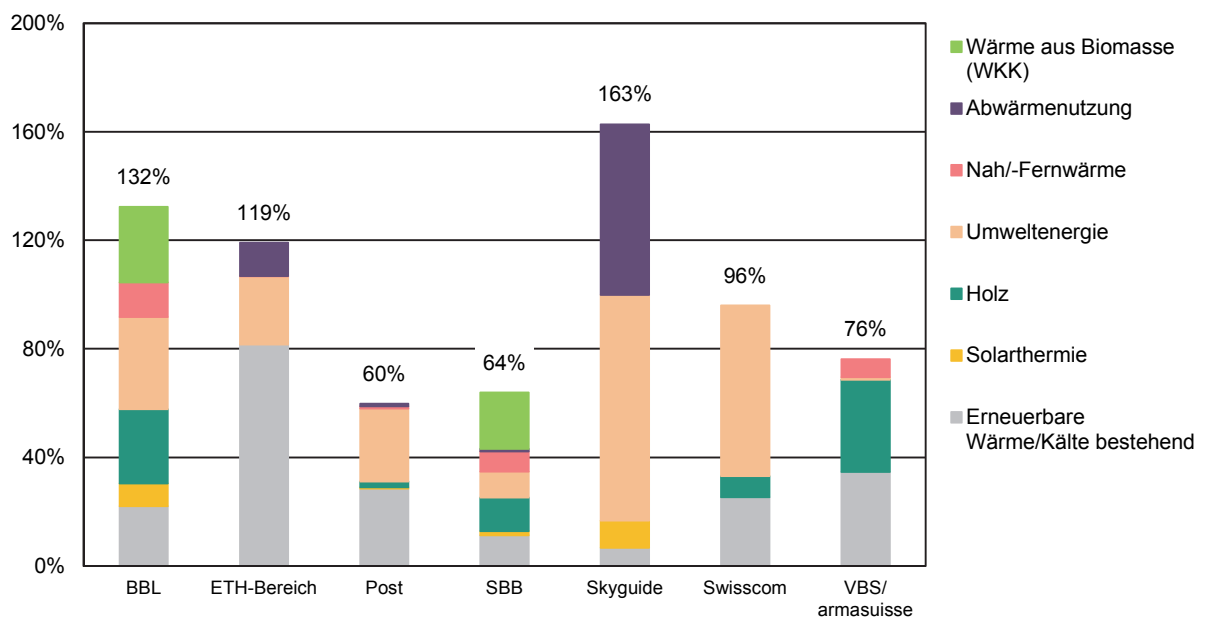


Abbildung 15: Anteil der technischen Wärme/Kälte-Potenziale am aktuellen Wärme/Kälte-Verbrauch



Hinweise zur Abbildung:

- Würde bei der SBB und der Post auch noch Biogasbezug ab Netz berücksichtigt, könnten auch diese Akteure ihre Wärme zu 100 %, respektive 81 % erneuerbar erzeugen.
- Bei VBS/armasuisse wurde in der Potenzialanalyse der Zeithorizont auf 2035 festgelegt. Bis 2050 könnte auch bei VBS/armasuisse mit ihrer festgelegten Ersatzstrategie beinahe vollständig auf erneuerbare Wärme umgestellt werden.
- Da die in den individuellen Potenzialanalysen ausgewiesenen technischen Potenziale nicht priorisiert werden (siehe Kapitel 2.1.3) ist es möglich, dass das Potenzial grösser ist, als der effektive Wärmebedarf (bei Skyguide, BBL und ETH-Bereich).
- Es ist zu berücksichtigen, dass einige ausgewiesene Potenziale nicht zur Deckung des eigenen Bedarfs geeignet sind. Dies gilt insbesondere für BBL und SBB (Wärme aus WKK-Anlagen und Nutzung von Tunnelwärme bei SBB) und für den ETH-Bereich (hier liegen die Wärmequellen und der Wärmebedarf teilweise an unterschiedlichen Orten und können deshalb nicht verbunden werden).
- Der Wärmeverbrauch soll bei den Akteuren in Zukunft durch Effizienzgewinne reduziert werden (siehe insbesondere Massnahme G01 «Energieeffiziente Neu- und Umbauten» gemäss Jahresbericht Energie-Vorbild Bund). In der Studie von BBL wird geschätzt, dass aufgrund von Gebäudesanierungen der thermische Endenergieverbrauch bis 2035 um mindestens 24 % gesenkt werden kann, in der Studie von VBS wird von einer wesentlich geringeren Absenkung von 7 % bis im Jahr 2050 ausgegangen. Wird die Reduktion des Wärmebedarfs berücksichtigt, erhöht sich der Anteil, welcher erneuerbar erzeugt werden kann.
- Bei Swisscom ist der Anteil auf den reduzierten Energieverbrauch gerechnet (wegen Reduktion der Standorte). Swisscom schätzt, dass dieser um 58 % gegenüber den Angaben in Tabelle 3 abnimmt.

6.2. Strom

Für erneuerbaren Strom ergeben die Potenzialanalysen eine realistisch umsetzbare Produktion von total 232.4 GWh/a. Mehr als 50 % des Potenzials liegt bei VBS/armasuisse, gefolgt von SBB und BBL.

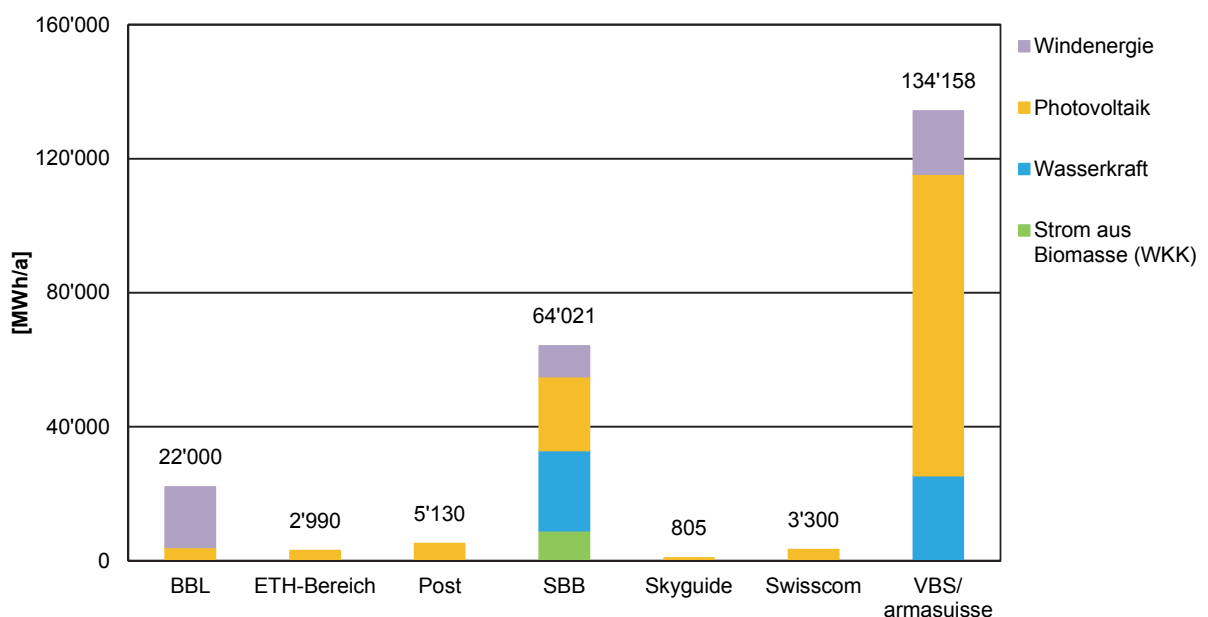


Abbildung 16: Realistische Strompotenziale nach Akteur



Über die Hälfte des realistischen Potenzials liegt in der Stromproduktion mittels Photovoltaik-Anlagen. Strom aus Windenergie und Wasserkraft machen 20 %, respektive 21 % aus. Ein kleiner Teil könnte mittels Wärme-Kraft-Kopplung aus Biomasse produziert werden.

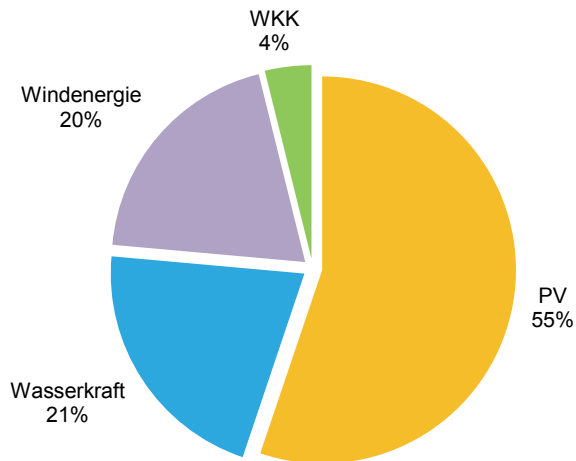


Abbildung 17: Anteile der Potenziale Strom (realistisches Potenzial) nach Energieträger

Da der Strom bereits grösstenteils aus erneuerbaren Quellen stammt (siehe Kapitel 3), ist hier hauptsächlich von Interesse, zu welchem Anteil die Akteure ihren Strom selbst produzieren könnten. Zu diesem Zweck werden die Potenziale ins Verhältnis zum aktuellen Stromverbrauch gesetzt. Mit dem realistischen Potenzial kann die erneuerbare Strom-Eigenproduktion von aktuell 10 % auf 26 % gesteigert werden (siehe Abbildung 18). Dabei gibt es mit einer Spannweite von 1 % bis 79 % grosse Unterschiede zwischen den Akteuren.

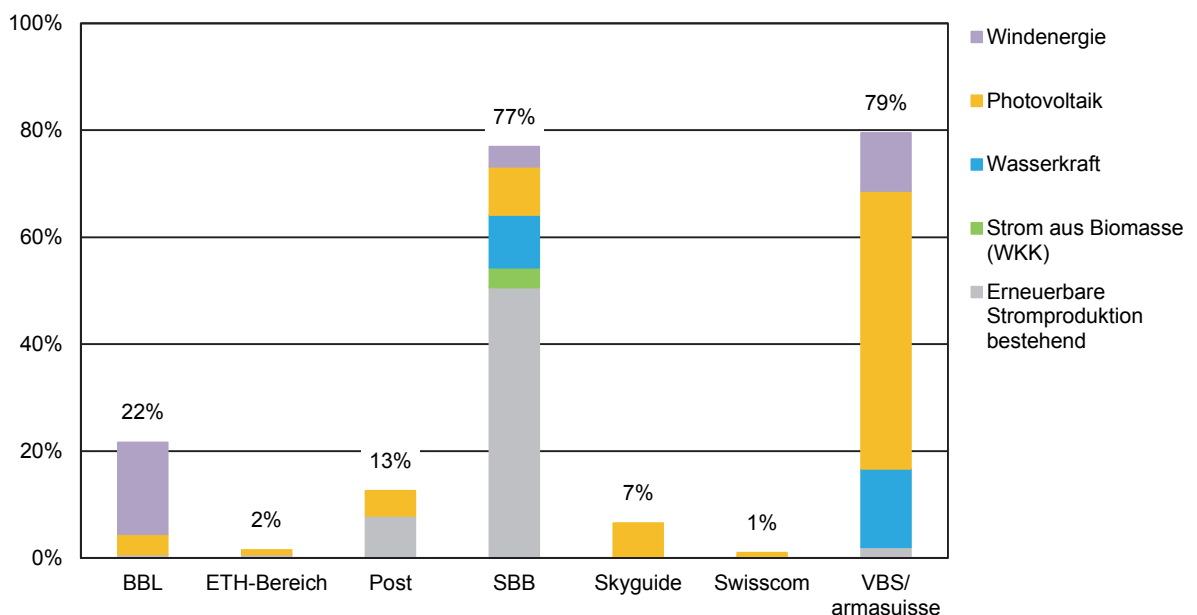


Abbildung 18: Anteil der potenziellen Stromproduktion (realistische Potenziale) am aktuellen Verbrauch



7. Investitionskosten

7.1. Investitionskosten zur Ausschöpfung der Wärmepotenziale

Im Folgenden werden Überlegungen zu den Investitionskosten zur Umsetzung des Wärmepotenzials getroffen. Da die wirtschaftlichen Potenziale nur sehr lückenhaft erhoben wurden, werden für Solarthermie, Holz, Umweltenergie und Nah-/Fernwärme die Investitionen von den technischen Potenzialen abgeleitet. Es wird abgeschätzt, was die Umsetzung des technischen Potenzials zu 50 % kosten würde. Für Abwärmenutzung und Wärme aus Biomasse (WKK-Anlagen) werden die in den individuellen Analysen angegebenen Kosten übernommen, da die Nutzung dieser Energiequellen zu komplex/individuell ist, als dass das obige Vorgehen Resultate mit Aussagekraft erzielen würde.

Die Investitionsbetrachtungen beschränken sich auf die Heizungsanlage. Im Rahmen von Sanierungen fallen in der Regel im Zyklus des Heizungersatzes weitere Sanierungskosten an den Gebäuden an. Diese Investitionskosten sind zusätzlich einzuplanen.

7.1.1. Solarthermie

In der Potenzialanalyse von BBL wird mit spezifischen Investitionskosten von 1'000-2'500 CHF/m² gerechnet. Für Grossanlagen schätzt Weisskopf Partner GmbH die Kosten eher im unteren Bereich dieser Preisspanne ein und es wird deshalb mit 1'000 CHF/m² gerechnet. Mit einer mittleren jährlichen Wärmeerzeugung von 500 kWh/m² (nur Brauchwarmwasser) und einem technischen Potenzial von 11 GWh/a ergeben sich 11 Mio. CHF zur Umsetzung dieses Potenzials zu 50 %.

7.1.2. Holz

Die spezifischen Investitionskosten werden für Holzfeuerungen aus bestehenden Variantenstudien von Weisskopf Partner GmbH (2014-2015) abgeleitet. Sie belaufen sich für Anlagen zwischen 250 kW und 300 kW auf durchschnittlich 2'100 CHF/kW. Für die Umsetzung des technischen Holzpotenzials von 131 GWh/a (66 MW⁷) zu 50 % werden damit die Investitionskosten auf 69 Mio. CHF geschätzt.

7.1.3. Umweltenergie

Bei der Umweltenergie können die Investitionskosten nur sehr rudimentär geschätzt werden, da weder die Leistungsbereiche noch die Aufteilung auf die Energiequellen (Erdreich/Wasser) bekannt sind. Für die Umsetzung des Potenzials an der EPFL (ETH-Bereich) von 4.3 GWh/a sind die Investitionskosten mit 25 Mio. CHF⁸ bekannt und werden entsprechend eingerechnet (da dieses Projekt ziemlich sicher umgesetzt wird, werden diese Kosten zu 100 % eingerechnet). Für das Projekt zur Nutzung von Seewasser an der ETHZ, welches das grösste Potenzial im ETH-Bereich beinhaltet, werden Kosten in der Grössenordnung von 100 Mio. CHF erwartet. Da dieses Projekt entweder ganz oder gar nicht umgesetzt wird, werden auch diese Kosten zu 100 % eingerechnet. Es ist zu beachten, dass es sich dabei um eine grobe Grössenordnung handelt und die Kosten nur einen Teilbereich abdecken (beispielsweise sind die Investitionskosten für die Wärmepumpen an der EAWAG/EMPA nicht enthalten).

Für das Potenzial der übrigen Akteure wird eine Abschätzung der Kosten getroffen: Gemäss vier Variantenstudien aus dem Jahr 2015 von Post Immobilien lagen die Kosten bei 2'400 CHF/kW für Anlagen zwischen 40 kW und 500 kW und mit verschiedenen Wärmequellen (Erdwärme, Grundwasser

⁷ Schätzung der potenziellen installierten Leistung: Leistung [kW] = Potenzial [kWh/a] / Vollbetriebsstunden [h/a]. Siehe auch Kapitel 2.3.

⁸ Die Gesamtkosten für die Erneuerung der Heizzentrale von 54 Mio. CHF wurden entsprechend der Leistung auf Umweltenergie und Abwärmenutzung aufgeteilt.



und Luft). Damit können die benötigten finanziellen Mittel zur Umsetzung des Potenzials der Akteure ohne ETH-Bereich von 88.2 GWh/a (44 MW) zu 50 % auf 53 Mio. CHF geschätzt werden.

7.1.4. Nah-/Fernwärmeanschlüsse

Zur Abschätzung der Investitionskosten wird für Fernwärmeanschlüsse mit 700 CHF/kW gerechnet (Mittelwert für Anschlüsse zwischen 50 kW und 100 kW gemäss Angaben der Interessengemeinschaft Fernwärme IGF (2015)). Damit ergeben sich Investitionskosten für die Umsetzung des technischen Fernwärme-Potenzials (42 GWh/a, 21 MW) zu 50 % von 7 Mio. CHF.

7.1.5. Abwärmenutzung

Die möglichen Abwärmenutzungen sind zu unterschiedlich, als dass mit spezifischen Investitionskosten gerechnet werden kann. Bei Post, SBB und Skyguide werden im Folgenden die Kosten zur Umsetzung des wirtschaftlichen Potenzials ausgewiesen. Im ETH-Bereich sind nur Investitionskosten für die Abwärmenutzung an der EPFL verfügbar (siehe Tabelle 13). Die erhobenen Investitionen belaufen sich auf 31 Mio. CHF.

Investitionskosten [Mio. CHF]	
BBL	0
ETH-Bereich	29,5
Post	0.2
SBB	0.6
Skyguide	0.6
Swisscom	0
VBS/ armasuisse	n.a.
Total	30.9

Tabelle 13: Erhobene Investitionskosten für Abwärmenutzung

7.1.6. Wärme und Strom aus Biomasse (WKK)

Bei den WKK-Anlagen wird mit dem wirtschaftlichen Potenzial gerechnet, da für diesen Energieträger sehr detaillierte Angaben zur Wirtschaftlichkeit und den Kosten bestehen. Die Investitionskosten für das einzige wirtschaftliche Potenzial (WKK mit alten Bahnschwellen) belaufen sich auf 75 bis 90 Mio. CHF. Werden die Investitionskosten proportional zur Energiemenge auf Strom und Wärme aufgeteilt, ergeben sich Investitionskosten für den Wärmeteil von 61 bis 73 Mio. CHF, die restlichen 14 bis 17 Mio. CHF werden dem Strom zugewiesen. Es ist aber darauf hinzuweisen, dass die WKK-Anlage aus Sicht der SBB kein wirtschaftliches Potenzial beinhaltet, da der Bau und der Betrieb einer WKK-Anlage mit Verkauf der Wärme an Externe nicht zum Kerngeschäft der SBB gehören.



7.2. Investitionskosten zur Ausschöpfung der realistischen Strompotenziale

In den nachfolgenden Kapiteln werden die Kosten zur Umsetzung der realistischen Strompotenziale abgeschätzt.

7.2.1. Photovoltaik

In den Potenzialanalysen der Akteure wird von sehr unterschiedlichen spezifischen Kosten (CHF/kWp) ausgegangen. Dies liegt unter anderem daran, dass einige Studien bereits vor mehreren Jahren erstellt wurden und sich die Preise stark verändert haben. Für die Konsolidierung werden die Investitionskosten deshalb mit einheitlichen Preisen von der realistisch installierbaren Leistung abgeschätzt. Gemäss BFE (2016) betragen die Investitionskosten für kleine PV-Anlagen (30 kWp) 1'815 CHF/kWp und für Grossanlagen (> 1'000 kWp) 1'350 CHF/kWp. Da die Verteilung der Anlagengrössen nicht bekannt ist, wird hier für die grobe Abschätzung der Investitionskosten mit dem Mittelwert gerechnet. Daraus resultieren für die Ausschöpfung des realistischen Potenzials (128 MWp) Gesamtinvestitionen von 202 Mio. CHF.

7.2.2. Wasserkraft

Die in Kapitel 7.2.2 ausgewiesenen realistischen Potenziale umfassen mögliche Kleinwasserkraftwerke mit einer Gesamtleistung von 12.9 MW, im Durchschnitt 1'800 kW pro Anlage. Gemäss BFE (2016) betragen die Investitionskosten für Kleinwasserkraft-Anlagen mit Leistungen zwischen 1'000 kW und 3'000 kW im Mittel 6'600 CHF/kW. Damit können die Investitionskosten sehr grob auf 85 Mio. CHF abgeschätzt werden.

7.2.3. Windenergie

Für die Umsetzung der wirtschaftlich interessanten Standorte bei SBB wird von rund 11 Mio. CHF Investitionskosten ausgegangen. Für die Potenziale bei BBL und VBS sind in den individuellen Studien keine Kosten angegeben und es wird eine grobe Abschätzung vorgenommen. Gemäss BFE (2016) betragen die Investitionskosten für Windkraft-Anlagen mit Leistungen über 2 MW 2'606 CHF/kW. Mit einer Gesamtleistung von 22.3 MW ergibt dies ein Investitionsvolumen von 58 Mio. CHF. Für das gesamte realistische Potenzial bei SBB, BBL und VBS resultieren daraus grob geschätzte Investitionskosten von 69 Mio. CHF.



7.3. Zusammenfassung und Interpretation der Investitionskosten

7.3.1. Wärme

Die Investitionskosten zur Ausschöpfung von 50 % des technischen Wärmepotenzials von Solarthermie, Holz, Umweltenergie (ohne ETH-Bereich) und Nah-/Fernwärme werden auf 140 Mio. CHF geschätzt. Die Aufteilung der Kosten auf die verschiedenen Energieträger ist in der Tabelle 14 unten ersichtlich.

	Technisches Potenzial [GWh/a]	Investitionskosten bei Umsetzungsgrad von 50 % [Mio. CHF]	Zusätzliche Investitionskosten gegenüber fossilem Ersatz bei Umsetzungsgrad von 50 % [Mio. CHF]
Solarthermie	11	11	8
Holz	131	69	30
Umweltenergie (ohne ETH-Bereich)	88	53	27
Nah-/Fernwärme	42	7	-6
Total	272	140	59

Tabelle 14: Grobe Abschätzung der Investitionskosten zur Ausschöpfung von 50 % des technischen Wärmepotenzials. Bei Nah-/Fernwärme sind die spezifischen Investitionskosten geringer als bei fossilen Energieträgern. Deshalb resultiert bei den Mehrkosten ein negativer Wert.

Bei den Wärmepotenzialen ist zu berücksichtigen, dass ein grosser Teil der bestehenden Feuerungen in den nächsten 20 bis 30 Jahren altershalber ersetzt werden müssen. Deshalb ist eigentlich von Bedeutung, wie hoch die zusätzlichen Investitionskosten gegenüber dem Ersatz mit fossilen Feuerungen sind. Gemäss BFE (2005) und bestehenden Variantenvergleichen von Weisskopf Partner GmbH kann für fossile Heizungen mit spezifischen Investitionskosten von rund 1'200 CHF/kW gerechnet werden. Dies würde bedeuten, dass gegenüber einem fossilen Ersatz 59 Mio. CHF zusätzliche Investitionskosten entstehen. Weitere Investitionen für Sanierungsmassnahmen an den Gebäuden, die üblicherweise im gleichen Zyklus wie der Heizungsersatz anfallen, sind in dieser Betrachtung nicht berücksichtigt.

Für die übrigen Energieträger (Umweltenergie im ETH-Bereich, Abwärmenutzung und WKK) werden die Investitionskosten auf mindestens 217 bis 229 Mio. CHF geschätzt, wobei für die Nutzung von Umweltenergie und Abwärme im ETH-Bereich nur für einen Teil Kostenschätzungen vorliegen (siehe Tabelle 15). Diese Kosten können nicht mit einem fossilen Ersatz verglichen werden, sondern sind zu einem grossen Teil als Zusatzinvestitionen zu betrachten.



	Potenzial [GWh/a]	Erhobene Investitions- kosten [Mio. CHF]		Bemerkung zur Kostenberechnung
Umweltenergie im ETH-Bereich	65 (wirts.)	> 125		Grobe Schätzung für einen Teilbereich des Potenzials im ETH-Bereich
Abwärmenutzung	36 (techn.)	31		Verfügbare Investitionskosten für technische Potenziale bei EPFL, Post, SBB und Skyguide
Wärme aus Biomasse (WKK)	40 (wirts.)	61	- 73	Preisspanne für Umsetzung des wirtschaftlichen Potenzials (WKK mit alten Bahnschwellen)
Total	141	217	- 229	

Tabelle 15: Erhobene Investitionskosten für Umweltenergie im ETH-Bereich, Abwärme und Wärme aus Biomasse

Bei der Investitionsbetrachtung wird nicht berücksichtigt, dass der anschliessende Betrieb mit erneuerbaren Energieträgern langfristig günstiger ist, als derjenige mit Gas oder Öl. Dadurch entstehen über die Lebensdauer der Heizungen ähnliche Kosten für erneuerbare und fossile Energieträger.

Weiter muss in Betracht gezogen werden, dass von den Akteuren von VBE die Massnahme G03 «Keine neuen, fossil betriebenen Heizungen» definiert wurde. Wird diese Massnahme konsequent umgesetzt, werden im Heizungersatz und -neubau nur noch für Ausnahmefälle (Kleinstheizungen und spezielle Standorte, Notstromaggregate, Notheizungen, Spitzenlastabdeckung oder im Rahmen von Forschungsprojekten) fossile Energieträger eingesetzt. Ausserdem ist gemäss Beschreibung der Massnahme G03 in einem solchen Fall der Betrieb mit erneuerbaren Substituten von fossilen Brennstoffen (z.B. Biogas) zu prüfen. Wenn also diese Massnahme konsequent umgesetzt wird, werden die Akteure im Rahmen der anstehenden Sanierungen ihre Wärme innerhalb der nächsten 30 Jahre vollständig erneuerbar erzeugen, respektive auf Biogas umstellen.

7.3.2. Strom

Die Investitionskosten zur Ausschöpfung des gesamten realistischen Strompotenzials werden auf rund 371 Mio. CHF geschätzt. Die Aufteilung der Kosten auf die verschiedenen Energieträger ist in der folgenden Tabelle ersichtlich.

	Realistisches Potenzial [GWh/a]	Investitionskosten [Mio. CHF]	Spez. Investitionskosten [CHF/kW] ⁹
PV	128	202	1'583
Wasserkraft	49	85	6'600
Windenergie	46	69	2'339
Strom aus Biomasse (WKK)	9	15*	8'191*
Total	232	371	

Tabelle 16: Grobe Abschätzung der Investitionskosten zur Ausschöpfung des realistischen Strompotenzials

* Die mittleren Investitionskosten (inklusive Verteilnetz für Wärme) sind proportional zur Energiemenge auf Strom und Wärme aufgeteilt.

⁹ Achtung: Aufgrund der unterschiedlichen Betriebsstunden und Lebensdauer von Anlagen kann von den spezifischen Investitionskosten (in CHF/kW) und dem Potenzial (in GWh/a) nicht direkt auf die Investitionskosten (in CHF) rückgeschlossen werden. Die detaillierten Berechnungsgrundlagen der Investitionskosten finden sich in Kapitel 7.2



Beim Strom handelt es sich um tatsächliche Mehrinvestitionen. Dies weil die Akteure, ausgenommen der SBB, bisher ihren Strom mehrheitlich auf dem Strommarkt eingekauft und nur in kleinem Ausmass selbst produziert (d.h. in Anlagen investiert) haben. Über die Lebensdauer der Anlagen werden aber Kosten eingespart, da der selbst produzierte Strom nicht eingekauft werden muss.



8. Umsetzung und Hemmnisse

Bei allen Akteuren besteht das grösste Hindernis bei der Umsetzung der erneuerbaren Energiepotenziale in der Bereitstellung der benötigten Investitionsmittel. Dies gilt auch für Lösungen, die über die Lebensdauer der Anlagen gesehen wirtschaftlich sind, denn die Erstinvestition ist meist höher als bei konventionellen Varianten.

Bei grossen Anlagen, welche meist auch Energie für externe Abnehmer produzieren, ist ein weiteres finanzielles Hemmnis, dass Geldmittel ausserhalb des Kerngeschäftes der Akteure gebunden werden.

Weiter gibt es Standorte, die zwar sehr gut für die Stromproduktion geeignet wären, an welchen die Akteure aber keinen eigenen Strombedarf aufweisen. In gewissen Fällen können solche Standorte zur Erstellung von Stromproduktionsanlagen an Dritte vergeben werden, in anderen Fällen ist dies jedoch nicht möglich (z.B. aus Sicherheitsgründen). Da die Akteure BBL, ETH-Bereich und VBS/armasuisse keinen gesetzlichen Auftrag zur Produktion von Energie haben, um diese (gewinnbringend) zu verkaufen, können die Potenziale an solchen Standorten nicht genutzt werden¹⁰.

Um das Hemmnis der hohen Anfangsinvestitionen im Bereich Wärme zu umgehen, besteht die Möglichkeit, Anlagen im Contracting zu realisieren. Beim Contracting übernimmt ein Dienstleister den Bau und Betrieb einer Anlage und verkauft die Wärme/Kälte an Bezüger. Sicherheitsüberlegungen, Aufwand in der Zusammenarbeit mit Dritten und weitere betriebliche Gründe können die Möglichkeiten für die Umsetzung solcher Modelle jedoch einschränken.

Im Strombereich stellt sich die Frage, inwieweit die Akteure den Strom selbst erzeugen sollen. Anstatt in eigene Stromproduktionsanlagen zu investieren, könnte weiterhin auf erneuerbaren Strombezug gesetzt werden (die Akteure beziehen bereits zu 78 % erneuerbaren Strom vom Netz). Gleiches gilt auch für den Wärmebereich, wo zumindest teilweise (wo verfügbar) über den Bezug von Biogas ab Netz erneuerbare Energie eingekauft werden könnte. Um den ökologischen Mehrwert zu belegen, sollten in diesem Fall zertifizierte Produkte wie naturemade star bezogen werden (siehe auch Massnahme G10 Beschaffung Ökostrom und Strom aus erneuerbaren Energien von Energie-Vorbild Bund). Es ist dabei aber zu beachten, dass langfristig die Kosten einer solchen Lösung höher liegen können als bei eigener erneuerbarer Energieproduktion.

¹⁰ Überschüssiger Strom oder Abwärme aus Anlagen, die für die Aufgabenerfüllung notwendig sind (z.B. Strom aus Photovoltaikanlagen, der an den Wochenenden anfällt oder Abwärme, die nicht selber genutzt werden kann) kann jedoch weiterverkauft werden.



9. Nächste Schritte

Aus den erkannten Potenzialen und Umsetzungshemmnissen leiten die Akteure von Energie-Vorbild Bund folgende nächste Schritte zur Ausschöpfung des erneuerbaren Energie-Potenzials ab:

1. Die Akteure ersetzen fossile Feuerungen, die erneuert werden müssen, durch Wärme-erzeugungssysteme mit erneuerbaren Energiequellen. Auch neue Anlagen werden mit erneuerbaren Energieträgern gebaut. Davon ausgenommen sind Sonderfälle gemäss Massnahmenkatalog VBE (z.B. Notstromaggregate). Mit dieser Strategie werden die Akteure innerhalb eines Zeitraums von rund 30 Jahren ihre Wärme grösstenteils erneuerbar erzeugen.
2. Bis Ende 2017 erstellen die Akteure individuelle Aktionspläne für den Umgang mit den identifizierten Potenzialen für die Nutzung von erneuerbaren Energien und der Abwärme. Die Wirtschaftlichkeit soll dabei berücksichtigt werden. Diese Aktionspläne werden auf existierende Energie- und Nachhaltigkeitsstrategien sowie auf die zur Verfügung stehenden Investitionsmittel abgestimmt.



Literatur

BFE (2005): Erneuerbar in die Zukunft heizen. 10 Fragen – 10 Antworten zum Umstieg von Öl auf erneuerbare Heizenergie, Fachartikel Gebäude-Kampagne «bau-schlau.ch»,
<http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen>

BFE (2016): Überprüfung der Gestehungskosten und der Vergütungssätze von KEV-Anlagen, Bern, Mai 2016, www.admin.ch/ch/d/gg/pc/documents/2777/Bericht_Tarif_2017_d.pdf

IFG (2015): Vergleich Wärmeerzeugungssysteme, Interessensgemeinschaft Fernwärme, Kirchberg/Will, www.ig-fernwaerme.ch/files/documents/vergleich_waermeerzeugungssysteme.pdf



Anhang: Übersicht aller Potenziale in MWh/a

Strompotenziale [MWh/a]	BBL	ETH-Bereich	Post	SBB	Skyguide	Swisscom	VBS/ armas.	Total
PV (technisch)	4'900	7'703	5'130	44'340	805	9'700	338'000	410'578
PV (realistisch)	4'000	2'990	5'130	22'000	805	3'300	90'000	128'225
Wasserkraft (technisch)	n.a.			259'000			83'578	342'578
Wasserkraft (realistisch)	n.a.	nicht untersucht		24'000	nicht untersucht		25'395	49'395
Windenergie (technisch)	n.a.			n.a.			300'000	n.a.
Windenergie (realistisch)	18'000			9'021			18'763	45'784
Strom aus Biomasse (WKK) (technisch)	11'700	0	0	10'436	0	0	0	22'136
Strom aus Biomasse (WKK) (wirtschaftlich)	0	0	0	9'000	0	0	0	9'000

Wärmepotenziale [MWh/a]	BBL	ETH-Bereich	Post	SBB	Skyguide	Swisscom	VBS/ armas.	Total
Solarthermie (technisch)	7'000	0	422	3'000	200	0	0	10'622
Solarthermie (wirtschaftlich)	n.a.	0	n.a.	600	0	0	0	600
Holz (technisch)	23'000	n.a.	1'718	25'000	0	1'800	79'808	131'326
Holz (wirtschaftlich)	n.a.	n.a.	n.a.	21'300	0	n.a.	n.a.	n.a.
Substitution Erdgas zu Biogas (technisch)	32'200	50'450	17'662	79'105	0	2'570	71'910	253'897
Umweltenergie (technisch)	28'500	64'504	21'854	19'200	1'650	14'700	2'269	152'677
Umweltenergie (wirtschaftlich)	14'000	64'504	n.a.	12'700	0	n.a.	n.a.	91'204
Nah-/Fernwärme (technisch)	10'700	320	757	15'100	0	n.a.	15'600	42'477
Nah-/Fernwärme (wirtschaftlich)	n.a.	0	n.a.	5'700	0	n.a.	n.a.	n.a.
Abwärmenutzung (technisch)	0	31'688	741	1'900	1'250	0	n.a.	35'579
Abwärmenutzung (wirtschaftlich)	0	n.a.	741	600	1'250	0	n.a.	2'591
Wärme aus Biomasse (WKK) (technisch)	23'400	0	0	41'890	0	0	0	65'290
Wärme aus Biomasse (WKK) (wirtschaftlich)	0	0	0	40'000	0	0	0	40'000