



Das Angebot erneuerbarer Energien

Potenzial erneuerbarer Energieträger im Kanton Zürich

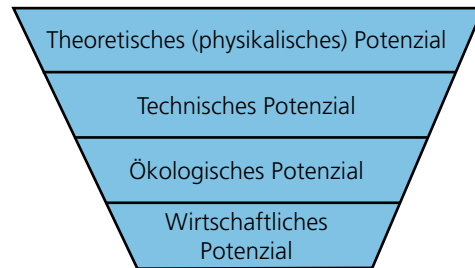


**Baudirektion
Kanton Zürich**

AWEL Amt für
Abfall, Wasser, Energie und Luft

Zum Begriff Potenzial

Zur Quantifizierung von Potenzialen erneuerbarer Energien ist die Definition der Bedingungen zu deren Ausschöpfung unerlässlich. Mit wachsender Zahl der Bedingungen reduzieren sich naturgemäss die Potenziale. Das theoretische Potenzial basiert auf den physikalischen Möglichkeiten zur Nutzung von Ressourcen. Für die meisten erneuerbaren Energien ist dieses physikalische Potenzial immens. Zur effektiven Nutzbarkeit dieser Energieangebote sagen diese Potenziale allerdings nichts. Diese Angaben liefert das technische Potenzial. Es quantifiziert die nutzbaren Energiemengen aufgrund der verfügbaren Technologien. Für die Nutzung erneuerbarer Energien sind zudem – je nach Energieträger – ökologische Bedingungen relevant. Typisch dafür ist das Angebot an Wasserkraft, das sich zur Sicherstellung von Restwasser und aus Gründen des Landschaftsschutzes nur beschränkt nutzen lässt. Die Nutzung von Windenergie und von Biomasse unterliegt vergleichbaren Bedingungen. Die Potenziale der Erd- und Umweltwärme sind in zwei Varianten – Basis und – Plus – dargestellt. Die beiden Varianten unterscheiden sich vor allem in der Wirt-



tschaftlichkeit der Massnahmen bei der Ausschöpfung der Potenziale. Diese wirtschaftlichen Kriterien sind wiederum abhängig von der angewandten Technologie respektive deren Entwicklungsstand. Abschätzungen müssen diese Dynamik berücksichtigen. Technische, ökologische und wirtschaftliche Potenziale beziehen sich deshalb auf einen definierten Stand der Technik.

Angebot und Nachfrage sind mitunter räumlich differenziert, was eine Nutzung von erneuerbaren Energien erschweren oder gar verunmöglichen kann. Dieser Effekt bleibt in den Angaben zu den Potenzialen unberücksichtigt, ist aber wegen des geringen Ausmasses nicht relevant.

Editorische Notiz

■ Quelle: Dieses Informationsblatt basiert auf Erhebungen zur «Bestimmung der Potenziale von erneuerbaren Energien, nicht amortisierbaren Mehrkosten und Massnahmen für den Kanton Zürich», März 2006.

■ Herausgeber: Amt für Abfall, Wasser Energie und Luft, AWEL, Baudirektion Kanton Zürich
Juni 2006
Bezug: www.energie.zh.ch

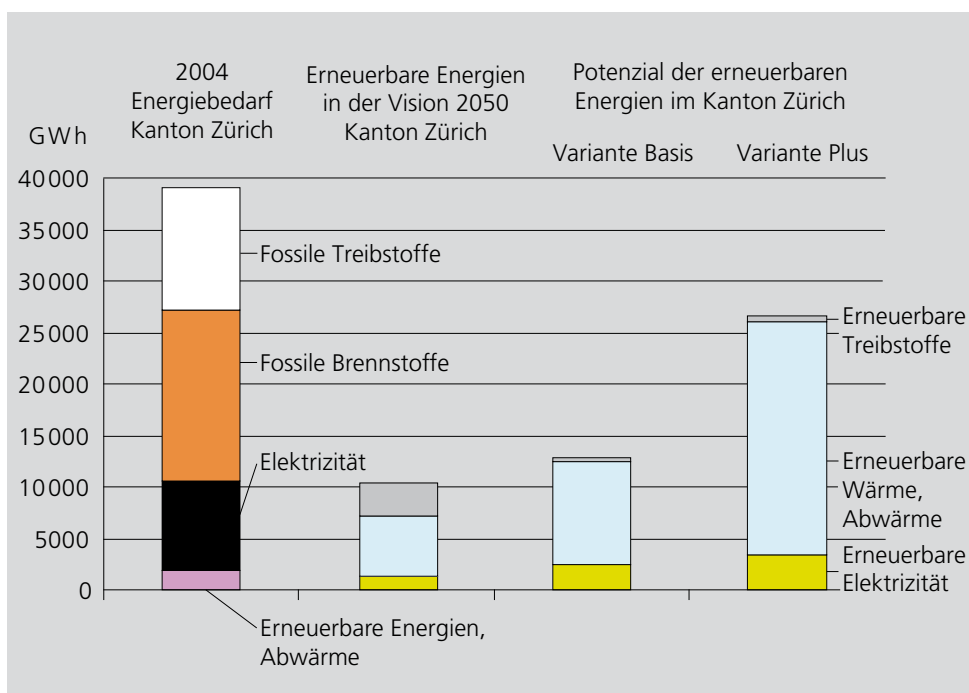
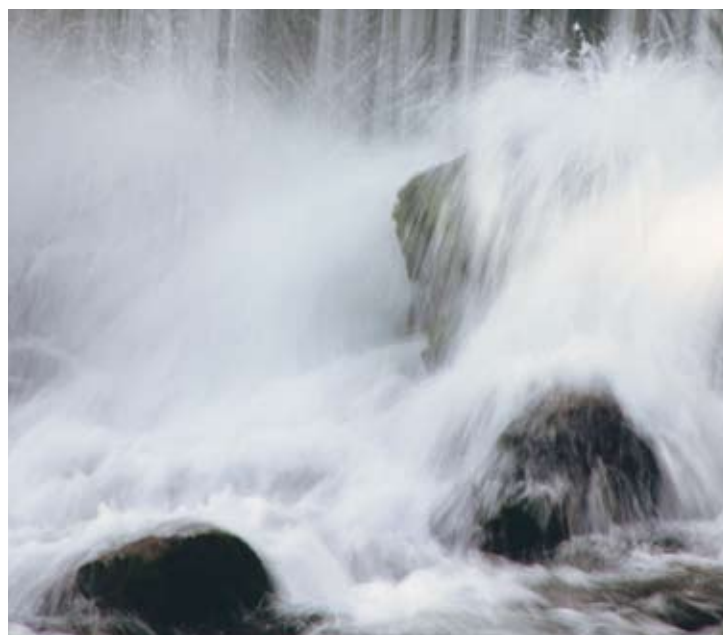
Erneuerbare bringen ein Drittel

Das Wichtigste in Kürze

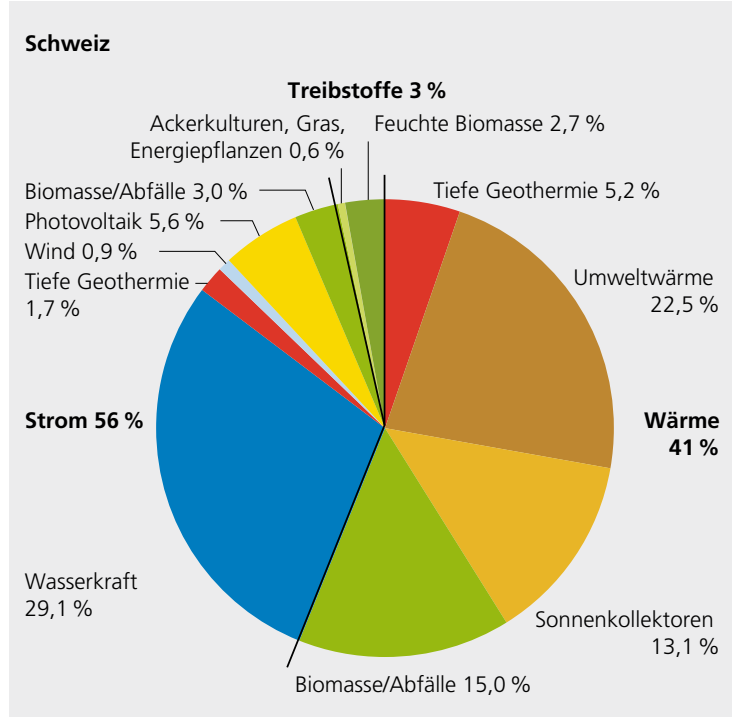
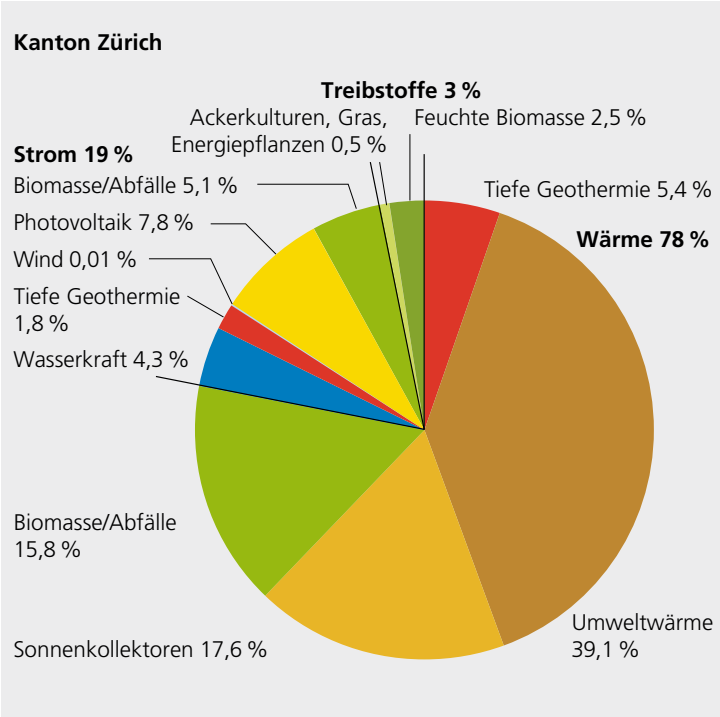
Mit erneuerbaren Energien können im Kanton Zürich rund 30 Prozent des heutigen Energiebedarfes gedeckt werden. Mit Berücksichtigung einer verstärkten Nutzung von tiefer Geothermie und von Umweltwärme lassen sich sogar 70 Prozent des aktuellen Bedarfes decken (Variante Plus). Dies zeigt die detaillierte Berechnung des Potenzials erneuerbarer Energien für den Kanton Zürich. Die grössten Beiträge zur Bedarfsdeckung resultieren aus der Verwertung von Umweltwärme mittels Wärmepumpen sowie aus photovoltaischer und thermischer Nutzung von Solarstrahlung. Im Potenzial von insgesamt 12,8 Mia. kWh erneuerbarer Energien entfallen grössere Anteile auf trockene und feuchte Biomasse, die mittels Verbrennung, Vergärung oder Vergasung zur Erzeugung von Strom, Wärme und Treibstoffen genutzt werden kann. Erheblich sind auch die nicht biogenen Abfälle in Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA). Gering sind dagegen die Beiträge aus Windkraft sowie aus einer zusätzlichen Nutzung von Wasserkraft.

Die Potenzialstudie zeigt, dass der in der Vision 2050 für den Kanton Zürich implizierte Bedarf an Wärme mit erneuerbaren Energien aus dem Kanton Zürich gedeckt werden kann. Eine Unterdeckung ergibt sich allerdings beim Strom und bei den Treibstoffen. (Die Vision 2050 basiert auf der Zielsetzung, den CO₂-Ausstoss auf eine Tonne pro Person und Jahr zu begrenzen.)

Die Kraft des Wassers – im Kanton Zürich ist das ökologische Potenzial schon weitgehend genutzt.



Potenzial der erneuerbaren Energien im Kanton Zürich im Vergleich zum heutigen Energiebedarf (2004) und zur Vision 2050.



Erhebliche Unterschiede im Mix der Energieträger zwischen dem Kanton Zürich und der Schweiz: Die Anteile der Energieträger am gesamten Potenzial der erneuerbaren Energien im Kanton Zürich (links) und in der Schweiz (rechts), jeweils Variante Basis.

In unseren Wäldern steckt noch viel Potenzial zur Gewinnung von Wärme und Strom.



| Potenzial der erneuerbaren Energien im Kanton Zürich: Übersicht | | | |
|---|-----------------|--------------------------|--|
| 1 GWh entspricht 1 Mio. kWh | Heutige Nutzung | Potenzial Variante Basis | Anmerkungen |
| Wärme | | | |
| Tiefe Geothermie | 0 | 700 GWh | Gemäss Vision 2050 Variante Plus: 3500 GWh |
| Umweltwärme (auch Wärme aus ARA, Geothermie) | 340 GWh | 5000 GWh | Über WP genutzte Energie Variante Plus: 15000 GWh |
| Sonnenkollektoren | 41 GWh | 2250 GWh | 50 % der gut geeigneten Dachflächen |
| Trockene Biomasse (Verbrennung, Vergasung) | 711 GWh | 1460 GWh | Inklusive biogener Anteil aus KVA |
| Feuchte Biomasse (Vergärung + Biogas ARA) | 52 GWh | 230 GWh | Vergärung in Biogas- und Kläranlagen |
| Nicht biogene Abfallfraktion in KVA | 305 GWh | 330 GWh | Biogener Anteil in «Biomasse» enthalten |
| Summe Wärme | 1400 GWh | 10000 GWh | Variante Plus: 22800 GWh |
| Elektrizität | | | |
| Wasserkraft | 520 GWh | 550 GWh | Gross- und Kleinwasserkraftwerke |
| Tiefe Geothermie | 0 | 230 GWh | Nutzung nach Vision 2050 Variante Plus: 1150 GWh |
| Windkraft | 0,05 GWh | 2 GWh | Potenzial im Kanton Zürich sehr klein |
| Photovoltaik | 4 GWh | 1000 GWh | 50 % der gut geeigneten Dachflächen |
| Trockene Biomasse (Verbrennung, Vergasung) | 162 GWh | 281 GWh | Inklusive biogener Anteil aus KVA |
| Feuchte Biomasse (Vergärung + Biogas ARA) | 21 GWh | 140 GWh | Vergärung in Biogas- oder Kläranlagen |
| Nicht biogene Abfallfraktion in KVA | 115 GWh | 230 GWh | Biogener Anteil in «Biomasse» enthalten |
| Summe Elektrizität | 800 GWh | 2400 GWh | Variante Plus: 3300 GWh |
| Treibstoffe | | | |
| Ackerkulturen, Gras, Energiepflanzen | 0 | 60 GWh | Nutzung für Treibstoffe: 40 % der feuchten Biomasse, Rest Strom- und Wärmeerzeugung |
| Feuchte Biomasse | 2 GWh | 330 GWh | |
| Summe Treibstoffe | 2 GWh | 390 GWh | |
| Gesamtsumme | 2200 GWh | 12800 GWh | Variante Plus: 26500 GWh |

Tabelle und Grafik:
Die Potenziale der erneuerbaren Energieträger im Kanton Zürich (Variante Basis).

Die **Variante Plus** quantifiziert das Potenzial aufgrund einer verstärkten Nutzung von tiefer Geothermie und von Umweltwärme:

- Tiefe Geothermie: Nutzung von Strom und Wärme gemäss Vision 2050 des Kantons Zürich. Variante Plus: um den Faktor 5 verstärkte Nutzung.
- Umweltwärme: Nutzung deckt 30 % des Bedarfes für Raumwärme und Wassererwärmung über Wärmepumpen. Variante Plus: Nutzung deckt 90 % dieses Bedarfes über Wärmepumpen.

| | | |
|---|-------------------|------|
| Wärme 9970 GWh 78 % | tiefe Geothermie | 700 |
| | Umweltwärme | 5000 |
| | Sonnenkollektoren | 2250 |
| Elektrizität 2430 GWh 19 % | Wasserkraft | 550 |
| | tiefe Geothermie | 230 |
| | Photovoltaik | 1000 |
| Treibstoff 3 % | Biomasse/Abfälle | 650 |
| | Biomasse/Abfälle | 400 |

Angaben zur Berechnung des Potenzials

Umweltwärme

Umweltwärme umfasst gemäss dieser Potenzialstudie das mittels Wärmepumpen wirtschaftlich nutzbare Energieangebot, also Potenziale in untiefen Erdschichten (Erdsonden), Gewässern und in der Aussenluft.

Das technisch-ökologische Potenzial zur Nutzung von Umweltwärme – vergleichbar jenem von tiefer Geothermie – ist praktisch unbeschränkt. Gleichwohl lässt sich der gesamte Wärmebedarf des Kantons Zürich nicht mit Umweltwärme decken. Aufgrund der notwendigen hohen Temperaturen, beispielsweise für Prozesswärme, sind insbesondere Anwendungen in der Industrie sowie Gebäude in Grundwasserschutz-zonen für eine Versorgung mit Umweltwärme wenig geeignet. Rund 30 % des Energiebedarfes für Raumheizung und Wassererwärmung könnten durch Ausschöpfung dieser Potenziale gedeckt werden. Die Variante Plus geht von einer Deckung dieses Bedarfes von total 16,4 Mia. kWh zu 90 % aus, was sehr optimistisch ist.

Die für den Antrieb der Wärmepumpen notwendige Elektrizität stammt aus freien Kapazitäten, die sich durch die Stilllegung von Widerstandsheizungen ergeben. Weitere Strombeiträge könnten durch kleine Wärmekraftkopplungsanlagen erbracht werden.

Tiefe Geothermie

Das technische Potenzial zur Ausschöpfung dieses Energieangebotes ist praktisch unbeschränkt. Mit Erdwärme aus tiefen Schichten könnte der gesamte aktuelle Bedarf des Kantons Zürich mehrfach gedeckt werden. Relevant sind dagegen wirtschaftliche und ökologische Kriterien zur Bestimmung des Potenzials. Bei einer Nutzung ist mit Auswirkungen im Erdreich zu rechnen, raumplanerische Aspekte sind ebenso zu berücksichtigen. Ausschlaggebend für die Potenzialbestimmung sind indessen die Kosten zur Nutzung dieser Energien.

Interessant für Anwendungen in der Schweiz ist das sogenannte Hot-Dry-

Rock-Verfahren, bei dem Wasser mit hohem Druck in tiefe Gesteinsschichten gepresst und an die Erdoberfläche zurückgeführt wird. Vom gesamten Energieertrag entfallen 10 % bis 15 % auf Elektrizität, der Rest fällt als Wärme an. In Basel soll bis 2009 ein geothermisches Kraftwerk mit einer Leistung 3 MW (elektrisch) und 20 MW (thermisch) entstehen.

Im Kanton Zürich ist das Potenzial bedeutend, jedoch im Vergleich zum schweizerischen Mittel unterdurchschnittlich. Daraus ergibt sich vom Potenzial für die Schweiz ein Anteil von rund 10 % für den Kanton Zürich.

Das ausgewiesene Potenzial entspricht den Annahmen der Vision 2050 für den Kanton Zürich. Die Variante Plus geht von einem 5-mal grösseren Potenzial aus. Die Ausschöpfung dieses Potenzials Plus bedingt allerdings ein ungleich grösseres finanzielles und energiepolitisches Engagement.

Biomasse

Die meisten Formen von Biomasse eignen sich für die Erzeugung von Strom, Wärme und Treibstoff. Zur Quantifizierung der Potenziale sind also einerseits das gesamte nutzbare Angebot an Biomasse, andererseits aufgrund eines Schlüssels die Anteile für die Endenergieträger Elektrizität, Wärme und Treibstoff zu bestimmen. Naturgemäss ist der Grad der Umwandlung je nach Energieträger sehr unterschiedlich.

Die Sorten Waldholz, Restholz, Altholz sowie feste Abfälle werden je zur Hälfte der Strom- und der Wärmeerzeugung zugewiesen. Bei den Sorten der feuchten Biomasse entfallen je 40 % auf die Produktion von Strom und Treibstoff sowie 20 % auf die Wärmeerzeugung.

Photovoltaik und Sonnenkollektoren

Gut exponierte und unbeschattete Dachflächen sind zur Installation von photovoltaischen und solarthermischen Anlagen gleichermaßen geeignet. Diese

Anwendungen stehen also in Konkurrenz. In der Studie werden die Dachflächen je zur Hälfte den Sonnenkollektoren und den Solarzellen zugeschlagen.

Nicht biogene Abfälle

Diese Energien werden in Kehrlichtverbrennungsanlagen bereits heute zu einem guten Teil genutzt. Entsprechend bescheiden fällt das Potenzial aus; bei der Elektrizitätserzeugung geht es immerhin um eine Verdoppelung.

Wasserkraft

Bei der Nutzung von Wasserkraft ist im Kanton Zürich kein nennenswerter Ausbau möglich. Nicht zuletzt aufgrund von strengen Restwasserbestimmungen, die die technisch-ökologischen Potenziale zusätzlich einschränken. Kleinanlagen sind, bezogen auf die gesamte Elektrizitätsproduktion, marginal.

Windkraft

Im Kanton Zürich sind – im Gegensatz zum Jura und zu den Alpen – für die Nutzung von Windkraft keine prioritären Standorte ausgewiesen. Entsprechend gering ist das technisch-ökologische Potenzial. Zur Erzeugung der veranschlagten 2 Mio. kWh ist eine installierte Leistung von rund 1000 kW nötig.

Abwärme und Import von Energie

Die externe Nutzung von Abwärme aus industriellen und gewerblichen Prozessen weist zwar ein bedeutendes, wenn auch nicht beständiges Potenzial aus. Denn mögliche Strukturänderungen in Betrieben verunmöglichen eine langfristig gesicherte Nutzung. Zudem hängt das Potenzial von der Übereinstimmung zwischen Angebot und Nachfrage ab. Diese Potenziale sind in den Zahlen nicht berücksichtigt.

Der Import erneuerbarer Energien ist an sich naheliegend. In Frage kommen hierbei feste und gasförmige Brennstoffe, also Holz und Bio- respektive Klärgas, sowie Treibstoffe und Elektrizität, beispielsweise Strom aus der Windkraftnut-

zung in der Nordsee. Aus dem EU-Raum sind derartige Importe allerdings unwahrscheinlich, weil diese Staaten eigene Vorgaben zur verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien umsetzen müssen. Zudem müsste mit Engpässen bei der Übertragung des Stromes gerechnet werden.

Der Transport von Wärme aus erneuerbaren Quellen über grosse Distanzen fällt dagegen aus Gründen der Wirtschaftlichkeit ausser Betracht. Denkbar ist ein Import von chemisch gespeicherter Solarwärme, beispielsweise in Form von Zinkoxid. Bei diesen Technologien sind indessen noch viele Fragen offen, sodass keine verlässlichen Potenzialangaben gemacht werden können.

Der Import von Treibstoffen aus Biomasse ist dagegen ein mittelfristiges Szenario. Exportiert werden diese Energien aus Ländern mit einem grossen Angebot an Biomasse zu tiefen Kosten, beispielsweise aus Brasilien. Zum Einsatz kommt dabei dieselbe Infrastruktur wie für den Import von Erdölprodukten. Die Produktion von Biotreibstoffen eröffnet neue Märkte; nachhaltig ist diese Entwicklung aber nicht per se.

**12 800 Mio. Kilowattstunden – ein
Drittel des heutigen Verbrauches
– beträgt das technisch-ökolo-
gische Potenzial der erneuer-
baren Energien im Kanton Zürich.
Grosse Beiträge zur künftigen
Energieversorgung könnten
Wärmepumpen und Solaranlagen,
trockene und feuchte Biomasse
sowie Erdwärme liefern. Die rund
13 Terawattstunden an erneuer-
baren Energien könnten gut die
Hälfte des in der Vision 2050 für
den Kanton Zürich prognostizier-
ten Bedarfes decken.**