



Kanton Zürich
Baudirektion
Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft

Lokale Energiequellen



Ausbau und Angebot

Der Wärmebedarf könnte im Kanton bis 2050 gänzlich aus erneuerbaren Energien gedeckt werden. Deutlich geringer ist der Deckungsgrad in der Stromversorgung.



Holzschredderanlage in der Gemeinde Regensdorf

Heute werden im Kanton Zürich jährlich rund 4800 GWh Wärme und Strom aus lokalen erneuerbaren Quellen und Abwärme gewonnen, bis 2050 wären ca. 15000 GWh möglich. Damit könnten im Jahr 2050 fast drei Viertel des Wärme- und Strombedarfs im Kanton abgedeckt werden, vorausgesetzt, die technisch-ökologischen Nutzungspotenziale der einzelnen Energieträger werden ausgeschöpft. Erneuerbare Energien und Abwärme sollen die bisher genutzten fossilen Brennstoffe soweit als möglich substituieren. Damit kann der CO₂-Ausstoss gesenkt und der Klimaerwärmung entgegengewirkt werden. Treibstoffe aus lokalen Quellen haben auch künftig nur eine marginale Bedeutung und werden daher in dieser Broschüre nicht näher behandelt.

Umweltwärme dominiert

Der Wärmebedarf lässt sich bis im Jahr 2050 vollständig mit lokalen Energien decken. Niederwertige Umweltwärme gewinnt weiter an Bedeutung und kann den Hauptanteil an die künftige Wärmeversorgung liefern. Dieses Wärmeangebot im Erdreich, in der Aussenluft und in Gewässern wird mithilfe von Strom effizient in Wärmepumpen aufbereitet. Weitere Beträge an die künftige Energieversorgung im Kanton stammen vor allem von der verstärkten Nutzung von Sonnenenergie, Biomasse und Abwärme aus Kehrichtverbrennungs- und Abwasserreinigungsanlagen. Ob die Nutzung tiefer Geothermie für die Strom- und/oder Wärmeproduktion zukünftig eine Rolle spielen wird, ist hingegen zum heutigen Zeitpunkt kaum abschätzbar.

Limitierte Stromerzeugung

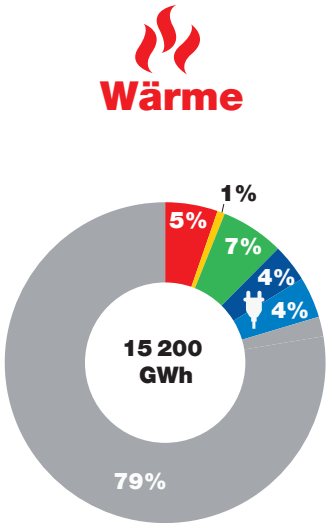
Anlagen im Kanton Zürich können bis 2050 nur rund einen Drittel des Strombedarfs auf Kantonsgebiet decken. Einen namhaften Zubau, zumindest in einer Jahresbilanzierung, könnte einzig die Nutzung der Sonnenenergie bringen. Das Potenzial von Wasserkraft, Kehricht und Holz ist bereits weitgehend ausgeschöpft, der künftige Beitrag der Windkraft wird wohl ebenfalls gering bleiben und eine Anlage zur Nutzung tiefer Geothermie gibt es noch keine. Der grosse Restbedarf muss demnach aus Erzeugungsanlagen in der Schweiz und in Europa zugeführt werden.

Ausbaupfad

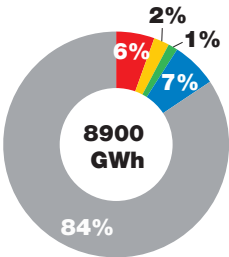
Die einzelnen Energiequellen werden sich künftig nicht alle gleich schnell entwickeln. Bei Windkraftanlagen und tiefer Geothermie ist mit längeren Planungs- und Bewilligungsphasen zu rechnen. Wohingegen Projekte zur Nutzung untiefer Geothermie oder Aussenluft, sprich Projekte mit geringeren Auswirkungen auf Mensch und Umwelt, relativ schnell umgesetzt werden können (siehe Pfad in Tabelle Seite 3). Das nutzbare energetische Potenzial aus Kehrichtverbrennungsanlagen und Holz wird wohl bereits vor 2050 ausgeschöpft sein.

Deckung des kantonalen Wärme- und Strombedarfs bei Ausschöpfung der lokalen Potenziale erneuerbarer Energie und Abwärme

2015



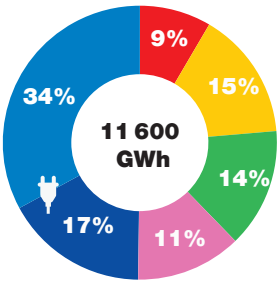
Strom



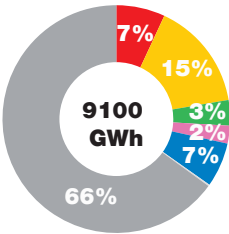
300 GWh

Damit niederwertige Wärme aus untiefer Geothermie, Luft, Wasser oder Abwasser genutzt werden kann, wird Hilfsenergie (in der Regel Strom) zum Antrieb von Wärmepumpen benötigt.

2050



1500 GWh



[GWh]	2015	Pfad	2050	2015	Pfad	2050
Energiebedarf	15 200		11 600	8 900		9 100
Kehricht	800		1000	500		600
Sonne	120		1800	200		1400
Holz	860		1400	70		200
Biogene Abfälle	110		200	50		80
Wind	-		-	0		20
Geothermie (tief)	0		1300	0		200
Geothermie (untief)	580		2000	-		-
Luft	450		2000	-		-
Grundwasser	70		500	-		-
Oberflächengewässer	50		1000	580		600
Abwasser	60		400	-		-
Lokale Energiequellen	3100		11 600	1400		3100
Wärmepumpenstrom	300		1500	-		-
Restbedarf (Überschuss)	11 800		0 (1500)	7500		6000

Energie- quellen

Im Kanton steht eine breite Palette an erneuerbaren Energiequellen und Abwärme zur Verfügung. Deren Nutzungsqualität ist abhängig von ihrem zeitlichen Angebotsprofil, ihrer Ergiebigkeit und Wertigkeit.



Wasserkraftwerk in der Limmat

Kehricht

Die Abwärmenutzung in Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA) erreicht die volle Ausschöpfung bereits in den kommenden 20 Jahren. In der Potenzialberechnung sind die Abfallmengen gemäss kantonaler Abfallplanung erfasst; sie sind die durch die Bevölkerungsentwicklung, das Konsummuster und die Produktionsprozesse beeinflusst. Berücksichtigt ist ebenfalls der bis 2050 steigende technisch realisierbare Nutzungsgrad bei der Wärme- und Stromgewinnung. Je nach Wärmebedarf in unmittelbarer Umgebung wird eine Anlage entweder wärme- oder stromgeführt betrieben. Der Eigenbedarf der Anlage ist im Potenzial der Elektrizitätserzeugung eingerechnet. www.maps.zh.ch → [kantonale Energieplanung](#)

Abwasser

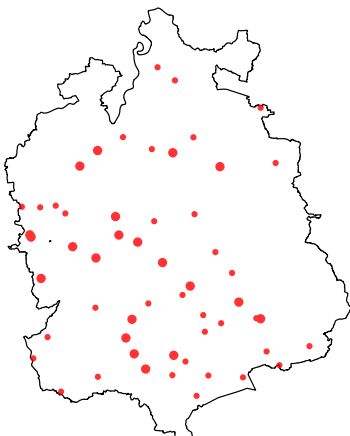
Der Ausbaupfad sieht eine kontinuierliche Zunahme der energetischen Nutzung von Abwärme aus Abwasserreinigungsanlagen (ARA) vor. Die Wärme im Abwasser wird mit Wärmepumpen aufbereitet und über Netze mit kalter und warmer Fernwärme verfügbar ge-

macht. Das theoretische Abwärmepotenzial aller ARA im Kanton Zürich ist bekannt; allerdings setzt die wirtschaftliche Nutzung relativ grosse Volumen bei der Wärmeabnahme und damit eine hohe Dichte beim Wärmebedarf voraus. www.maps.zh.ch → [kantonale Energieplanung](#)

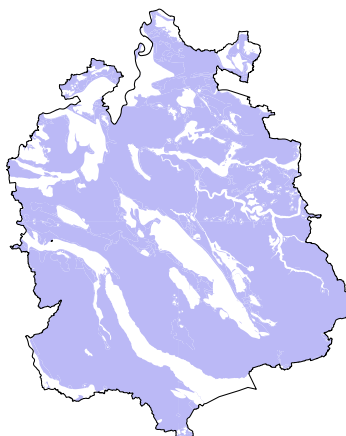
Untiefe Geothermie, Aussenluft, Wasser

Umweltwärme aus untiefen Erdschichten, der Aussenluft, aus Oberflächengewässern und Grundwasser wird aufgrund ihrer geringen Temperatur in der Regel mittels einer Wärmepumpe auf ein höheres Temperaturniveau gehoben. Der Strombedarf der Wärmepumpen ist im Vergleich zur nutzbaren Umweltwärme gering. Das Potenzial von Umweltwärme ist praktisch unbeschränkt, dem technisch-ökologischen und wirtschaftlichen Einsatz sind aber Grenzen gesetzt: Z.B. konzentriert sich die Wärmenachfrage in der Industrie auf ein hohes Temperaturniveau und Erdsonden sind in Grundwasserschutzzonen nicht erlaubt. www.maps.zh.ch → [Wärmenutzungsatlas](#)

Kehricht, Abwasser



Untiefe Geothermie



Wasser



Tiefe Geothermie

Die Entwicklung der Nutzung tiefer Geothermie ist schwer prognostizierbar. Das theoretisch immense Ertragspotenzial ist den hohen Kosten und den grossen Risiken einer Realisierung gegenüberzustellen. Es wird angenommen, dass im Kanton bis 2050 ca. fünf oder sechs kommerzielle Anlagen realisiert werden könnten. Die ersten Anlagen werden aufgrund der bisherigen Erfahrungen bzw. den Auswirkungen von Bohrungen (Lärm, Erschütterungen) in ländlichen Regionen entstehen, so dass lediglich Strom, nicht aber die anfallende Abwärme genutzt wird.

Holz

Holz kann energetisch oder stofflich genutzt werden. Das prognostizierte Potenzial wird noch vor 2050 weitgehend ausgeschöpft sein. Neben Waldholz, das den grössten Teil der heutigen Nutzung und des Potenzials ausmacht, kann Wärme und Strom auch aus Flur-, Rest- und Altholz erzeugt werden. Je nach wirtschaftlichen Rahmenbedingungen ändern sich die Stoffflüsse (Import/Export) stark. So könnte bspw. die Altholzverwertung gänzlich aus dem Kanton verschwinden oder bisher in der Industrie verwertetes Waldholz künftig für die Erzeugung von Wärme eingesetzt werden. Ebenso schwer einzuschätzen ist die Entwicklung im dynamischen Pelletmarkt. Aufgrund der nicht ausgeschöpften Produktionskapazitäten in der Schweiz und der quasi unbeschränkten Verfügbarkeit importierbaren Pellets ist selbst bei stark erhöhter Nachfrage nicht mit einer Verknappung zu rechnen.

Biogene Abfälle

Biomasse eignet sich grundsätzlich zur Gewinnung von Strom und Wärme und kann direkt in das Gasnetz eingespiesen werden. Zur Potenzialabschätzung sind Separatsammun-

gen (Gartenbau, Industrie, kommunale Sammeldienste) und Klärschlamm aus Abwasserreinigungsanlagen relevant. Die Volumen von Grünabfällen nehmen zu. Die energetische Nutzung von Klärschlamm erfolgt seit 2015 für den ganzen Kanton zentral in der ARA Werdhölzli. Vergärung hat gegenüber der Kompostierung Vorrang.

Sonne

Gut exponierte, nicht beschattete Dachflächen eignen sich für Photovoltaikanlagen zur Stromerzeugung und für Sonnenkollektoren zur Wärmeproduktion. Diese Nutzungsvarianten können deshalb in Konkurrenz stehen. Nicht berücksichtigt ist das Potenzial von Anlagen an Gebäudefassaden und auf freien Flächen. www.maps.zh.ch → Solarpotenzialkarte

Wasser

Die Nutzung von Wasserkraft lässt sich im Kanton Zürich nicht nennenswert ausbauen. Die strengen Restwasserbestimmungen begrenzen das technisch-ökologische Potenzial zur Elektrizitätsgewinnung. Das geringe Ausbaupotenzial für grosse Wasserkraftwerke basiert daher auf der technischen Erneuerung von bestehenden Anlagen. Der Beitrag der Kleinwasserkraftwerke bleibt gering. www.energie.zh.ch → Veröffentlichungen → Positivplanung Kleinwasserkraftwerke

Wind

Im Gegensatz zum Jura und zu den Alpen finden sich im Kanton Zürich wenige Standorte für eine wirtschaftliche Windkraftnutzung. Daher ist das technisch-ökologische Potenzial gering. Die Erzeugung der prognostizierten 20 GWh bedingt eine installierte Leistung von rund 10 MW, was etwa vier Grossanlagen aktueller Bauart entspricht. www.maps.zh.ch → Windpotenzial

Weitere, nicht zum Potenzial gerechnete Energiequellen

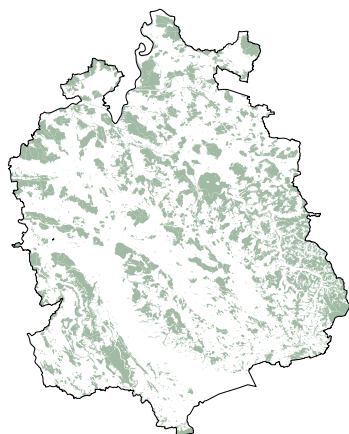
Die externe Nutzung von **Abwärme aus industriellen und gewerblichen** Prozessen bietet ein bedeutendes Potenzial, das aber nicht zuverlässig quantifiziert werden kann. Zudem sind Angebot und Nachfrage räumlich und zeitlich schwierig aufeinander abzustimmen. Das zu erwartende Angebot ist unbeständig, weil strukturelle Veränderungen in Wirtschaftsbranchen das Abwärmeevolumen einzelner Betriebe beeinflussen und dadurch deren langfristige Nutzung behindern können. Feste und gasförmige Brenn- und Treibstoffe sowie Elektrizität lassen sich wirtschaftlich transportieren, sprich aus anderen Regionen **importieren**. Für (Niedertemperatur-) Wärme aus erneuerbaren Quellen gilt dies – vor allem über grössere Distanzen – nicht.

Energiebedarf

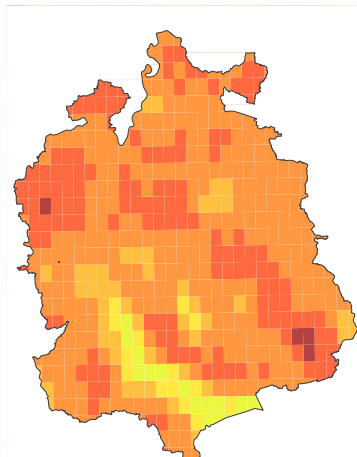
Der Energiebedarf für Wärme wird aufgrund innovativer bautechnischer Entwicklungen im Gebäudebereich weiter sinken. Der Strombedarf wird in etwa konstant bleiben. Die Angaben sind aus dem Szenario Fortschritt der Vision Energie 2050 hergeleitet.

www.energie.zh.ch → Veröffentlichungen → Vision Energie 2050

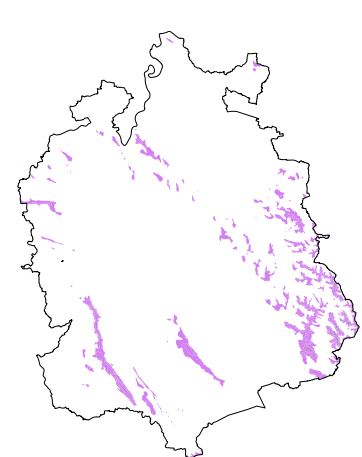
Holz (Wald)



Sonne



Wind



Unstetes Angebot

Die schwankende Stromproduktion der Photovoltaikanlagen wird sich mit wachsendem Volumen auf die Stabilität des Elektrizitätsnetzes auswirken. Die grossen saisonalen Unterschiede des solaren Stromertrages bedingen eine wirtschaftliche Speicherung, damit die Photovoltaik relevante Anteile in der Stromversorgung übernehmen kann.



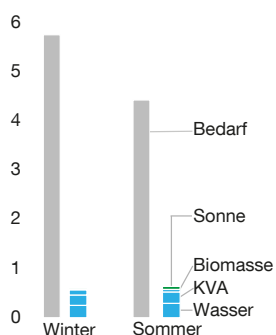
Photovoltaiktestanlage auf dem Dach der Elektrizitätswerke des Kantons Zürich in Dietikon

Heute werden rund 15 % des Strombedarfs im Kanton Zürich aus lokalen Quellen erzeugt. Die Versorgungsbeiträge stammen überwiegend aus grossen Wasserkraft- und Kehrlichtverbrennungsanlagen. Deren Produktion weist im Tages- und Jahresverlauf nur geringe Schwankungen auf und kann zentral geplant und gesteuert werden. Zudem sind diese Grossanlagen am Hochspannungsnetz angeschlossen, das die fluktuierende Stromproduktion dieser Anlagen problemlos aufnehmen kann.

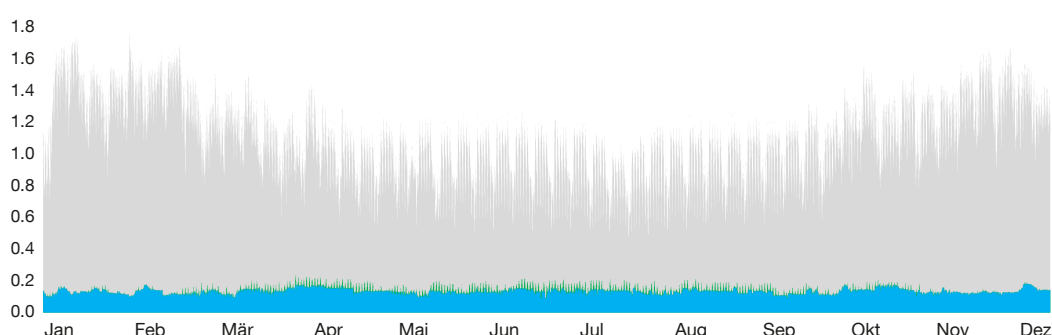
Photovoltaikausbau löst Veränderungen aus

Sind die Potenziale der photovoltaischen Stromerzeugung im Kanton Zürich bis 2050 voll ausgeschöpft, ändert sich dieses Bild. Dezentrale, vorwiegend auf Hausdächern installierte Photovoltaikanlagen erzeugen im Kanton dann mehr Strom als alle Wasserkraft- und Kehrlichtverbrennungsanlagen zusammen. Für die zukünftige Stromversorgung bringt das zwei Herausforderungen mit sich; eine aus Leistungs- und eine aus Energiesicht.

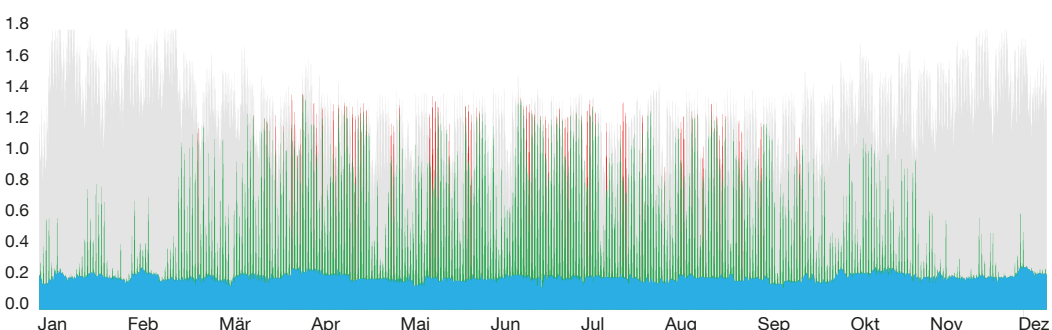
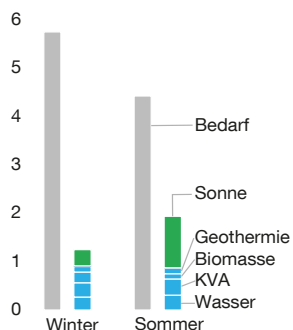
Energiesicht TWh



Leistungssicht GW



2015



2050

■ Strombedarf ■ Sonne ■ Andere Erzeugung ■ Überschuss

Leistungssicht: Der überwiegende Teil der Photovoltaikanlagen wird direkt an das Niederspannungsnetz angeschlossen. Dieses Netz und dessen Betrieb ist bisher ausschliesslich darauf ausgerichtet, über Hochspannungsnetze angelieferten Strom bedarfsgerecht an Bauten und Anlagen zu verteilen.

Energiesicht: Die Stromerzeugung mittels Photovoltaikanlagen konzentriert sich auf das Sommerhalbjahr. So verstärken sich die saisonalen Unterschiede in der kantonalen Stromversorgung zusätzlich. Denn der Strombedarf im Winterhalbjahr ist höher als im Sommerhalbjahr.

Unterschiede Stadt und Land

Die Standorte und die Leistung der Photovoltaikanlagen werden hauptsächlich durch die Siedlungsstruktur im Kanton Zürich bestimmt. Niederspannungsnetze in ländlichen Gebieten stellen hinsichtlich der Leistungsproblematik die grösste Herausforderung. Weil in ländlichen Gebieten pro Einwohner und Arbeitsplatz überdurchschnittlich viele Dachflächen für die Stromerzeugung nutzbar sind, wird es vor allem an sonnigen Tagen im Sommerhalbjahr hohe Erzeugungsspitzen geben. Für diese Spitzen sind die Niederspannungsnetze heute nicht überall ausgelegt.

Viel weniger kritisch ist die Situation in städtischen Gebieten. Die Verteilnetze sind hier bereits heute verhältnismässig robust und der Strombedarf so hoch, dass selbst bei intensiver Nutzung verfügbarer Dachflächen kaum problematische Erzeugungsspitzen entstehen. In sonnigen Sommerwochen wird in städtischen Gebieten die maximale Netzbelastung auch 2050 nicht höher liegen als 2015.

Saisoncharakteristik akzentuiert sich

Der starke Ausbau in der photovoltaischen Stromerzeugung hat bezüglich der solaren Erträge als Teil der Stromversorgung einen zweiten Effekt: Der schon heute saisonal geprägte Fremdstrombedarf des Kantons Zürich wird noch stärker akzentuiert (Fremdstrombedarf: Strombedarf abzüglich Stromerzeugung auf Kantonsgebiet). Sind die Ausbaupotenziale voll ausgeschöpft, benötigt der Kanton im Sommerhalbjahr in der Bilanz fast nur noch halb so viel Strom wie im Winterhalbjahr (heute sind es rund zwei Drittel). Obwohl der Kanton auch langfristig auf Strom ausserkantonalen Anlagen angewiesen sein wird, trägt er damit zu einer grossräumigen Herausfor-

derung bei, die sich der Schweiz und anderen Regionen in Europa stellt: Während im Sommer zeitweise mehr Strom erzeugt als benötigt wird, steht im Winterhalbjahr, wenn der Strombedarf hoch ist, relativ wenig Photovoltaikstrom zur Verfügung. Auch hier wird das zukünftige wirtschaftliche und regulatorische Umfeld in der Lösung dieser Problematik entscheidend sein.

Rolle von Stromspeichern in der zukünftigen Stromversorgung

Im Ausgleich zwischen Angebot und Nachfrage können Batterien im Haus oder im Quartier zur Entlastung der Verteilnetze beitragen, indem sie zur kurzzeitigen Stromspeicherung an sonnigen Tagen und zusätzlich zur Dämpfung von Photovoltaik-Leistungsspitzen eingesetzt werden. In ländlichen Gebieten wird allerdings selbst eine starke Verbreitung von Batteriespeichern nicht ausreichen, die hohen PV-Erzeugungsleistungen vollständig aufzufangen. Deshalb muss ein Teil der Leistungsschwankungen auf die Mittel- und Hochspannungsnetze übertragen werden. In dieser Vernetzung kommt Pumpspeichern in der Schweiz eine wichtige Rolle zu: Sie können kurzzeitig hohe Leistungen aufnehmen und diese innert Tages- respektive Wochenfrist wieder ins Elektrizitätsnetz einspeisen. Für die langfristige Speicherung grosser Mengen Überschussstrom sind andere Technologien erforderlich, bspw. mittels Umwandlung in Wasserstoff oder Methan.

Vier Lösungsansätze für die Integration ins Niederspannungsnetz

Wie künftig mit lokalen und regionalen Erzeugungsspitzen umgegangen wird, hängt vom wirtschaftlichen und regulatorischen Umfeld ab. Vier Lösungsansätze bieten sich an:

1. Der Strombedarf wird soweit möglich an die Stromerzeugung angepasst. Voraussetzung dafür ist eine entsprechende Informations-, Mess- und Steuerungstechnik in den Netzen und bei den Stromverbrauchern.
2. Die Verteil- und Übertragungsnetze werden so betrieben und ausgebaut, dass Stromüberschüsse in Gebiete mit Strombedarf transferiert werden können.
3. Ein Teil des erzeugten Stroms wird in Stromspeichern kurzzeitig zwischengespeichert (z.B. in Batteriespeichern in Haushalten oder in Quartierzentralen). Der gespeicherte Strom steht an Schlechtwettertagen zur Verfügung.
4. Eine Überlastung der lokalen Netze wird verhindert durch Abregelung der Produktionsleistung ausgewählter, wohl eher grösserer Photovoltaikanlagen.

Übersicht über die wichtigsten Stromspeichertypen

	Speicherdauer	im Haus, im Quartier	in der Grossregion
Monate			«Power-to-Gas» Wirkungsgrad: 30% bis 45%
Wochen			Pumpspeicher Wirkungsgrad: 70% bis 85%
Tage		Batterien Wirkungsgrad: 70% bis 95%	
Stunden			

Lokale Energiequellen

Mit der Broschüre «Lokale Energiequellen» wird die Nutzung erneuerbarer Energien und Abwärme im Kanton Zürich thematisiert. Diese basiert auf den beiden Broschüren «Das Angebot erneuerbarer Energien» aus dem Jahr 2006 sowie «Energieerzeugung im Kanton Zürich» aus dem Jahr 2012.

Bezugsquelle: AWEL, Abteilung Energie, 8090 Zürich
Tel. 043 259 42 66, www.energie.zh.ch
Bildnachweis: Eigene Bilder
Zürich, Dezember 2016