



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

Vision Energie 2050

Überprüfung 2014



Editorische Notiz

Die vorliegende «Vision Energie 2050» (Überprüfung 2014) dient als Grundlage für die kantonale Energieplanung. Die Werte in dieser Broschüre beziehen sich jedoch auf die ganze Schweiz. Im Ausland verursachte CO₂-Emissionen aufgrund von Güterimporten sind nicht enthalten, ebenso werden hierzulande verursachte CO₂-Emissionen zur Produktion von Exportgütern nicht abgezogen. Ein Spezialfall bildet der Flugverkehr, dessen CO₂-Emissionen nach dem Prinzip des Inlandabsatzes von Flugtreibstoffen bemessen werden.

Wichtige Berechnungsgrundlagen

- Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2013 (BFE 2014)
- Ex-Post-Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000 bis 2013 nach Verwendungszwecken (BFE 2014)
- Die Energieperspektiven für die Schweiz 2050, Energienachfrage und Elektrizitätsangebot in der Schweiz 2000 bis 2050 (BFE 2012)
- Verwendete Emissionsfaktoren: Heizöl 265 g CO₂/kWh, Erdgas 202 g CO₂/kWh, Fernwärme (2012) 134 g CO₂/kWh, Benzin 266 g CO₂/kWh, Diesel 264 g CO₂/kWh, Kerosin 262 g CO₂/kWh, Kohle 340 g CO₂/kWh, Strom (2012) 7 g CO₂/kWh.

Bildnachweise

Benjamin Müller, webeye.ch (Titelbild), Mark Röthlisberger (S. 7), SBB (S. 9), Lamassar, Free Images (S. 10), Swisscom (S. 11)

Kontakt

Abteilung Energie, energie@bd.zh.ch, Telefon 043 259 42 66
Dezember 2014 (2. Auflage April 2015)

Inhalt

Gesamtübersicht	
Auftrag erfüllbar	4
Gebäude	
Erkennbare Fortschritte	6
Verkehr	
Entscheidender Emittent	8
Produktion in Industrie und Gewerbe	
Sinkende Energieintensität	10
Elektrische Anwendungen	
Zunehmende Gerätezahl	11

Auftrag erfüllbar

Vor rund 20 Jahren wurde erstmals eine «Vision Energie 2050» durch den Kanton Zürich erstellt. Als sinnvolle Systemgrenze wurden gesamtschweizerische Zahlen verwendet. Die Arbeiten zeigten, dass der CO₂-Ausstoss pro Kopf ohne Einbusse beim Lebensstandard mit den besten bereits bekannten Techniken im Rahmen zweckmässiger Erneuerungszyklen bis Mitte des 21. Jahrhunderts stark gesenkt werden kann. Im Jahr 2004 wurden die Berechnungen unter Berücksichtigung der technischen und mengenmässigen Entwicklungen aktualisiert und präzisiert. Bei wiederum konsequenter Ausschöpfung der Effizienzpotenziale und der verfügbaren erneuerbaren Energien sowie unter Beibehaltung des Lebensstandards (Szenario «Fortschritt») wurde für das Jahr 2050 ein CO₂-Ausstoss von 2,2 Tonnen pro Kopf und Jahr errechnet (seit 2010 als Ziel im kantonalen Energiegesetz, vgl. Kasten). Zusätzliche CO₂-Reduktionen könnten demnach nur über grosse Innovationen oder durch (angeordneten) Verzicht erreicht werden (Szenario «Verzicht»).

Fragestellung

Mit der gesetzlichen Verankerung eines langfristigen CO₂-Ziels hat die Vision Energie 2050 eine höhere Bedeutung erhalten. Es ist regelmässig zu prüfen, inwiefern die vergangene beziehungsweise absehbare künftige Entwicklung des Umgangs mit Energie dem Szenario «Fortschritt» entspricht. Die aktuelle Überprüfung setzt sich mit folgenden Fragen auseinander:

- Können die wichtigen Aussagen der letzten Aufdatierung von 2004 bestätigt werden (und erscheinen damit die kantonalen gesetzlichen Anforderungen weiterhin ohne negative ökonomische Folgen als technisch erreichbar)?
- In welchen der betrachteten Anwendungsbereiche bestehen aus heutiger Sicht die besten beziehungsweise schlechtesten Voraussetzungen für die gewünschte Senkung des CO₂-Ausstosses?
- Gibt es bereits absehbare neue technische oder mengenmässige Entwicklungen, die den eingeschlagenen Weg begünstigen oder gefährden könnten?
- Gibt es bedeutende Ungewissheiten?
- Inwiefern unterscheidet sich der Kanton Zürich von der gesamtschweizerischen Bilanz?

Ergebnisse

In den letzten Jahren wurden bezüglich Energieeffizienz und Einsatz erneuerbarer Energien weitere nennenswerte Verbesserungen erzielt. Insbesondere Neubauten und neue Personewagen wurden nochmals (und rascher als noch vor 10 Jahren angenommen) CO₂-ärmer, was massgeblich zur Reduktion des gesamten Pro-Kopf-Ausstosses beigetragen hat. Das kantonale CO₂-Ziel erscheint mit den eingeschlagenen Wegen und absehbaren Entwicklungen als erreichbar – ohne Eingriffe in die Lebens- oder Geschäftsführung der Bevölkerung beziehungsweise Wirtschaft.

Bei Gebäuden bestehen hinsichtlich (spezifischer) Verbrauchsenkung und vor allem Ersatz fossiler Energieträger weiterhin viele Möglichkeiten, die in den nächsten Jahrzehnten mit einer allgemein etwas erhöhten Erneuerungstätigkeit ausgeschöpft werden können. Der CO₂-Ausstoss pro Person für Raumwärme und Warmwasser wird längerfristig voraussichtlich auf rund eine halbe Tonne CO₂ pro Jahr fallen.

Hingegen wird der Verkehr (inklusive Luftverkehr) künftig am meisten zum CO₂-Ausstoss beitragen (deutlich über eine Tonne CO₂ pro Person und Jahr), sofern die Verkehrsleistungen wie erwartet weiter zunehmen. Allerdings ist diese Einschätzung stark von den Annahmen bezüglich künftiger Antriebsarten abhängig. Neue Treibstoffe oder reine Elektrofahrzeuge werden sich jedoch kaum allzu schnell ausbreiten, auch weil sich mit

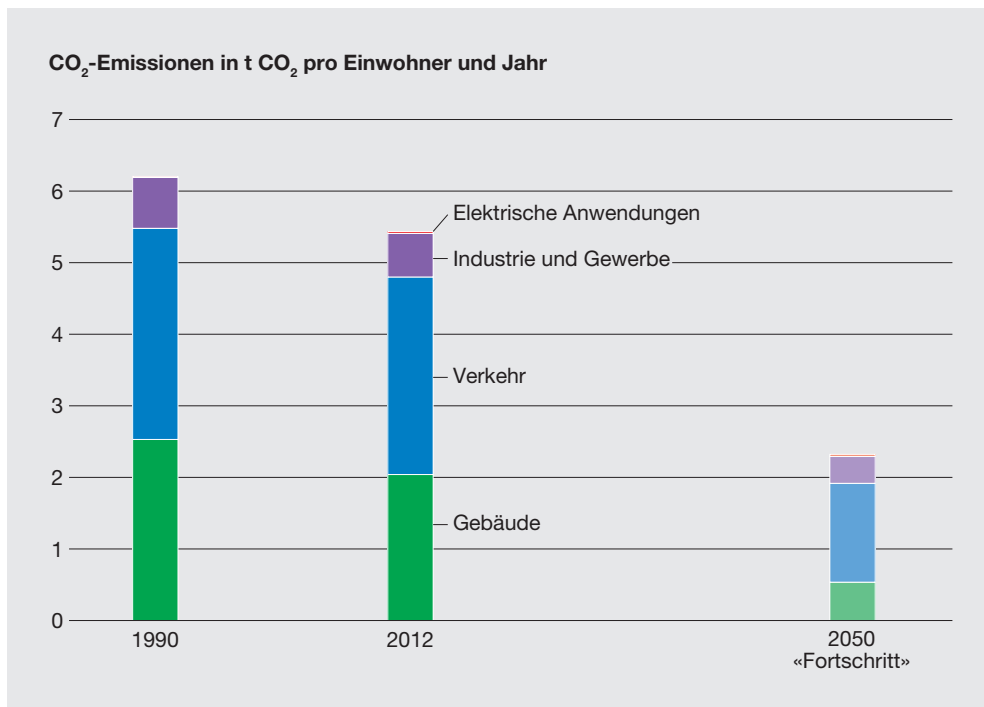
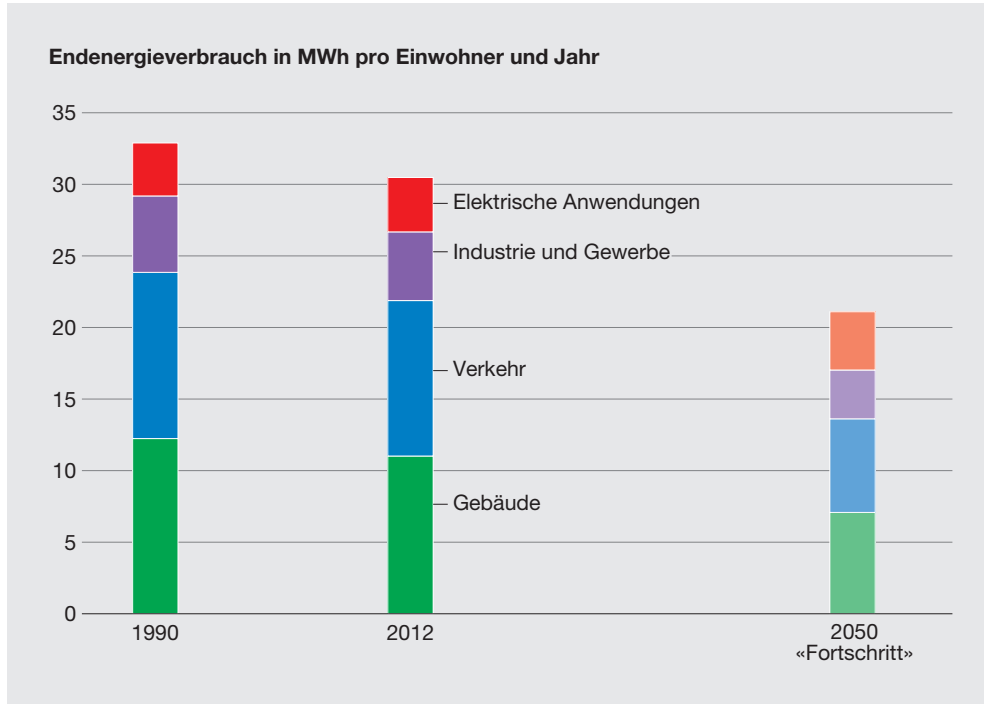
modernsten Benzin- oder Dieselfahrzeugen die kurz- bis mittelfristigen nationalen und internationalen CO₂-Ziele erreichen lassen.

Die künftigen energetischen Bedürfnisse von Industrie und Gewerbe sind ungewiss. Der Strukturwandel der Schweizer Wirtschaft – in den vergangenen Jahren verbunden mit einer geringeren Energieintensität – steht in Zusammenhang mit der internationalen wirtschaftlichen Entwicklung. Insgesamt können zusätzliche energetische Verbesserungen angenommen werden, womit der produktions- und prozessbedingte CO₂-Ausstoss pro Einwohnerin und Einwohner weiter sinken und bis 2050 vermutlich unter einer halben Tonne CO₂ pro Jahr betragen wird.

Einen gegenüber 2004 neuen Unsicherheitsfaktor in Bezug auf das angestrebte CO₂-Ziel bildet der Stromproduktionsmix der Schweiz. Infolge der angestrebten Minderung des CO₂-Ausstosses werden die Stromanwendungen eher zunehmen. Bei einem gegenüber heute deutlich höheren Anteil an inländisch fossil erzeugtem Strom (Gaskraftwerke) würde die Zielerreichung in Frage gestellt.

Vorteil Kanton Zürich

Gemäss kantonalem Energiegesetz (§1d) soll bis im Jahr 2050 der CO₂-Ausstoss aus fossilen Brenn- und Treibstoffen pro Kopf und Jahr höchstens noch 2,2 Tonnen betragen. Die kantonale Energieplanung setzt in erster Linie auf den technischen Fortschritt, der mit Beratungs- und Bildungsangeboten, finanziellen Anreizen, Planungen sowie Vorschriften unterstützt wird. Für direkte mengenmässige Einschränkungen in einzelnen Energieanwendungsbereichen ist die kantonale Energieplanung kein hinreichendes Steuerungsinstrument. Entsprechende Eingriffe benötigten in jedem Fall eine gesamtpolitische Interessensabwägung. Dank seiner höheren Überbauungsdichte dürfte für den Kanton Zürich im Vergleich zur Schweiz ein tieferer CO₂-Ausstoss pro Kopf erreichbar sein. Städtische Gebiete haben im Durchschnitt kleinere Wohnungsgrössen sowie kürzere Wegstrecken als weniger dicht besiedelte Räume. Zudem können sie mit effizienten liniengebundenen Verkehrsmitteln erschlossen werden. Hingegen wirken sich bei der Betrachtung des CO₂-Ausstosses pro Einwohner die im Kanton Zürich überdurchschnittlich vorhandenen Arbeitsplätze nachteilig aus. Allerdings sind im Kanton kaum mehr energieintensive Branchen vertreten und in wirtschaftlich stärkeren Regionen wird mehr in die Gebäudeerneuerung investiert.



Bereich	Energieverwendungszwecke
Gebäude	Endenergiebedarf für Raumwärme und Warmwasser
Verkehr	Endenergiebedarf für den Strassen-, Schienen- und Luftverkehr sowie für den übrigen Verkehr (Werksverkehr, Baumaschinen, Schiffe etc.)
Industrie und Gewerbe	Endenergiebedarf für Produktionsprozesse in Industrie und Gewerbe (Prozesswärme und Prozesskraft)
Elektrische Anwendungen	Endenergiebedarf für elektrische Anwendungen ausserhalb der drei oben aufgeführten Bereiche: elektrische Haustechnik (ohne Wärmepumpen), Beleuchtung, Haushalts- und Bürogeräte, elektrische Geräte im Dienstleistungsbereich (Waschen, Kühlen, Gefrieren etc.), Informations- und Kommunikationsgeräte (I & K) etc.

Endenergiebedarf und CO₂-Emissionen werden in dieser Broschüre in die vier Bereiche Gebäude, Verkehr, Produktion in Industrie und Gewerbe sowie elektrische Anwendungen unterteilt.

Erkennbare Fortschritte

Raumwärme

1990 bis 2012 sind die beheizten Gebäudeflächen in der Schweiz pro Einwohner um rund 10 % angestiegen, vor allem bedingt durch die steigenden Wohnflächen pro Einwohner (1990 bis 2012: +14 %) und weniger durch andere Nutzflächen (Nicht-Wohnflächen; 1990 bis 2012: +3 % pro Einwohner). Trotz dieses Wachstums sind der Endenergiebedarf zur Erzeugung von Raumwärme pro Einwohner um 10 % und die damit verbundenen CO₂-Emissionen pro Einwohner um 20 % gesunken.

Besser wärmegeämmte Gebäude

Ein Grund für diese positive Entwicklung liegt darin, dass sich die durchschnittliche energetische Qualität der Gebäudehüllen in der Schweiz zwischen 1990 und 2012 stark verbessert hat: Im Durchschnitt über den gesamten Schweizer Gebäudepark liegt der Raumwärmebedarf pro m² Energiebezugsfläche schätzungsweise 20 % tiefer als im Jahr 1990 (entspricht einer Verbesserung von etwas weniger als 1 % pro Jahr). Zwei Treiber waren dabei besonders wichtig: Einerseits haben die im Vergleich zum Gebäudebestand deutlich besser wärmegeämmten Neubauten zu dieser Entwicklung beigetragen. Andererseits wurde ein Teil des Gebäudebestands seit 1990 wärmegeämmt. Weil die gesetzlichen Anforderungen an die Wärmedämmqualität bei Neubauten und Sanierungen zwischen 1990 und 2012 periodisch erhöht wurden, hat sich dieser Effekt über die Zeit verstärkt.

Effizientere Beheizung

1990 wurde die Raumwärme für rund 70 % der gesamtschweizerischen Gebäudeflächen mit vergleichsweise ineffizienten Ölheizungen erzeugt. Bis 2012 ist dieser Anteil auf etwas über 50 % gesunken, wobei heute in vielen Gebäuden wesentlich effizientere Ölheizungen als im Jahr 1990 installiert sind. Gleichzeitig haben sich die erdgasbeheizten Gebäudeflächen von 1990 bis 2012 um mehr als einen Faktor 2,5 erhöht – auch, weil Erdgas in vielen Objekten Heizöl substituiert. Insgesamt liegt der Anteil nicht-fossil beheizter Flächen 2012 (rund 25 %) aber trotzdem höher als noch 1990 (weniger als 20 %).

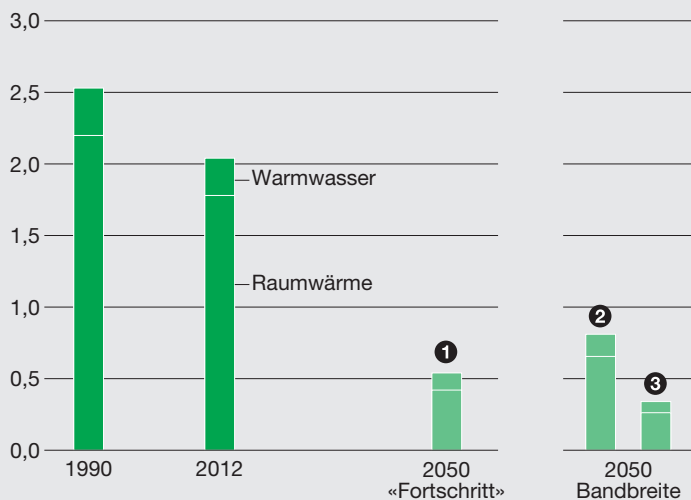
Dieser – bezogen auf den Gesamtgebäudebestand – langsam erscheinenden Entwicklung steht eine dynamische Marktentwicklung bei den Heizsystemen gegenüber, die in den 2000er-Jahren eingesetzt hat und am Beispiel von Wohnneubauten eindrücklich illustriert werden kann: Der Marktanteil von Ölheizungen ist zwischen 2002 (30 %) und 2012 (unter 3 %) stark gesunken, während jener der Wärmepumpen auf über 50 % angestiegen ist.

Ausblick auf das Jahr 2050

Mit Blick auf das Jahr 2050 wird erwartet, dass die Energiebezugsfläche pro Einwohner weiter ansteigen wird. Trotzdem dürften Endenergiebedarf und CO₂-Emissionen bei der Raumwärmeerzeugung weiter zurückgehen. Eine weitere Erhöhung der gesetzlichen Anforderungen an die Wärmedämmung bei Neubauten ist bereits heute absehbar. Ausserdem kann davon ausgegangen werden, dass die Klimaerwärmung bis 2050 einen (vergleichsweise geringen) zusätzlichen Beitrag an die Absenkung des Raumwärmebedarfs leisten wird. Und wenn sich das wirtschaftliche Umfeld (vor allem die hohe Volatilität der Öl- und Gaspreise) respektive die politischen Rahmenbedingungen (z. B. CO₂-Abgabe auf Brennstoffen) gemäss dem Trend seit Anfang der 2000er-Jahre weiterentwickelt, ist auch ein moderater Anstieg der Rate energetischer Sanierungen zu erwarten. Die Marktentwicklung bei den Heizsystemen wird langfristig ausserdem dazu führen, dass die Wärmepumpe zum wichtigsten Hauptheizsystem für die Raumwärmeerzeugung werden wird. Für den CO₂-Ausstoss wird entscheidend sein, ob in der Schweiz Gaskraftwerke gebaut werden: Je mehr Strom 2050 aus solchen Kraftwerken stammen wird, desto mehr CO₂-Emissionen wird der Betrieb der zahlreichen Wärmepumpen verursachen.

Neben den Wärmepumpen dürften 2050 Gasheizungen nach wie vor eine Rolle spielen: Soll die heutige Erdgas-Infrastruktur – einige Gemeinden sind flächendeckend mit Gasleitungen erschlossen – nicht grossflächig ausser Betrieb genommen werden, wird auch langfristig noch ein relevanter Anteil der Gebäude mit Gas beheizt.

CO₂-Emissionen Gebäude (t CO₂ pro Einwohner und Jahr)



Mögliche Bandbreite der CO₂-Emissionen 2050: Annahmen

	1 «Fortschritt»	2 Hoch	3 Tief
Durchschnittlicher Wärmebedarf Raumwärme und Warmwasser Gesamtgebäudepark	65 kWh pro m ²	75 kWh pro m ²	60 kWh pro m ²
Anteil Heizöl/Erdgas im Energieträgermix für die Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser	5 % Öl, 25 % Gas	10 % Öl, 30 % Gas	0 % Öl, 20 % Gas

Die Emissionen aus der Raumwärme- und Warmwassererzeugung werden 2050 voraussichtlich um Faktoren tiefer liegen als 2012 – absolut gesehen bleibt damit wenig Spielraum für weitgehende zusätzliche Einsparungen.

Warmwasser

Während der Raumwärmebedarf pro Einwohner zwischen 1990 und 2012 sank, stieg der Warmwasserbedarf pro Einwohner an. Zu beachten ist, dass der schweizweite Wärmebedarf für Warmwasser zu mehr als 30 % in Nicht-Wohnbauten anfällt. Die Reduktion des Endenergiebedarfs und der CO₂-Emissionen aus der Warmwassererzeugung zwischen 1990 und 2012 ist also v.a. durch die Entwicklung bei den Heizsystemen begründet, die einem ähnlichen Trend wie bei der Raumwärmeerzeugung folgte.

Mit Blick auf das Jahr 2050 dürften steigende Komfortbedürfnisse (z.B. in Haushalten und in der Hotellerie) eher zu einem weiteren Anstieg des Warmwasserbedarfs führen. Ausserdem wird wie bei der Raumwärme davon ausgegangen, dass sich der heute absehbare Trend in Richtung effizienterer Heizsysteme auch bei der Warmwassererzeugung fortsetzen wird.

Kanton Zürich: Gebäudepark im Wandel

Der Kanton Zürich weist einen hohen Anteil attraktiver Lagen für Wohnen und Arbeiten auf. Viele Grundstücke verfügen über ein hohes Entwicklungspotenzial, z.B. aufgrund der guten Lage oder Ausnutzungsreserven. Dies spiegelt sich auch in gegenüber dem schweizerischen Durchschnitt deutlich gestiegenen Preisen für Neu- und Altbauten. Der positive Effekt: Hohe Grundstücks- und Immobilienpreise befördern tendenziell auch eine verstärkte Erneuerungs-, Aufstockungs- und Abbruchtätigkeit und bieten einen Anreiz zur baulichen Verdichtung. Die Verdichtung im Grossraum Zürich gewann im vergangenen Jahrzehnt deutlich an Schwung. Diverse grosse Industrieareale wurden umgenutzt. 2011 wohnten und arbeiteten auf einer bebauten Hektare im Kanton Zürich durchschnittlich 85 Personen, das sind 7 mehr als noch 2000. Der Kanton Zürich weist auch schweizweit am meisten hocheffiziente Bauten mit Minergie-Label auf. Bei den Wohnneubauten liegt der Anteil im Kanton Zürich inzwischen bei über 40 %.



Hocheffiziente Neubauten und möglichst viele gut sanierte Bestandesbauten sind Schlüsselemente unserer Energiezukunft.

Entscheidender Emittent

Von 1990 bis 2012 sind der Endenergiebedarf pro Einwohner wie auch die damit verbundenen CO₂-Emissionen des Verkehrs um rund 10 % gesunken. Verantwortlich für diese Reduktion waren die Entwicklungen im Strassenverkehr, während die Pro-Kopf-Emissionen aus hierzulande abgesetzten Flugtreibstoffen 2012 um über 10 % höher lagen als 1990.

Strassenverkehr

Die Entwicklung im Strassenverkehr kann stellvertretend anhand von Personenwagen und Lastwagen (schwere Nutzfahrzeuge) betrachtet werden, weil diese zusammen rund 90 % der CO₂-Emissionen aus dem Strassenverkehr verursachen (wobei die Personenwagen mit mehr als drei Vierteln der Emissionen aus dem Strassenverkehr den mit Abstand grössten Anteil ausmachen). Alle übrigen Strassenfahrzeuge – leichte Nutzfahrzeuge, Motorräder, Linienbusse und Reisebusse – sind diesbezüglich weniger relevant.

Personenwagen: Mehr gefahrene Kilometer, effizientere Fahrzeuge

Die gefahrenen Fahrzeug-Kilometer pro Einwohner haben bei den Personenwagen im schweizerischen Durchschnitt zwischen 1990 und 2012 um fast 10 % zugenommen. Im Gegensatz dazu steht die Entwicklung in vielen städtischen Räumen, in denen in der gleichen Periode kaum ein Anstieg feststellbar war. Zudem hat in jüngster Zeit die Zahl autofreier Haushalte in städtischen Räumen zugenommen.

Diesem Wachstum steht eine beachtliche Effizienzentwicklung gegenüber: 2012 verbrauchte ein durchschnittlicher Schweizer Personenwagen rund einen Viertel weniger Endenergie pro Fahrzeug-Kilometer also noch 1990. Hauptgrund dafür sind die grossen Effizienzfortschritte bei der Motorentechnik. Ebenfalls dazu beigetragen hat, dass der Anteil Diesel-Personenwagen mittlerweile auf über 20 % angestiegen ist (mit Diesel betriebene Fahrzeuge brauchen pro Fahrzeug-Kilometer weniger Endenergie und stossen entsprechend weniger CO₂ aus als Benzinfahrzeuge).

Lastwagen: Mehr Gütertransporte mit grösseren und effizienteren Fahrzeugen

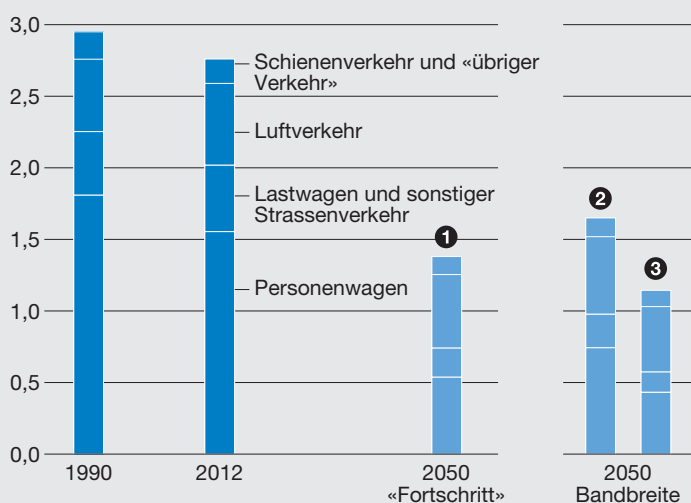
Bei den Lastwagen sind die gefahrenen Fahrzeug-Kilometer zwischen 1990 und 2012 gesunken – nicht etwa, weil heute weniger Güter auf Strassen transportiert werden, sondern weil die Lastwagen heute im Durchschnitt viel grösser und schwerer sind als noch 1990: Das zulässige Maximalgewicht von Lastwagen beträgt heute 40 Tonnen, 1990 waren es noch 28 Tonnen. Gleichzeitig sind die Lastwagen aufgrund des gestiegenen Marktdrucks auf die Transportkosten besser ausgelastet als noch vor 20 Jahren. Ausserdem waren die Effizienzfortschritte (Motorentechnik, Auslastung, Routenoptimierung etc.) in dieser Zeitperiode sehr hoch – die Gütertransportbranche orientiert sich seit je stark an der Effizienz.

Ausblick auf das Jahr 2050

Der Strassenverkehr wird 2050 voraussichtlich der grösste CO₂-Emittent pro Einwohner sein. Aus heutiger Sicht ist jedoch noch unsicher, ob der Anstieg entsprechend den Trendszenarien der Energieperspektiven des Bundes erfolgt. Insbesondere in Städten werden Verkehrsflächen noch knapper, wodurch die gefahrenen Fahrzeug-Kilometer pro Einwohner in dicht überbauten Regionen kaum weiter wachsen können.

Sicher ist: In Zukunft wird die Motoreffizienz weiter ansteigen. Die Effizienzpotenziale bei den Benzin- und Dieselpersonenwagen sind heute so hoch (Absenkung auf 90 g CO₂ pro Fahrzeug-Kilometer wird möglich sein), dass die mittelfristigen Klimaziele auch ohne starke Verbreitung anderer Fahrzeugtechnologien erreichbar sind. Trotzdem dürften Elektrofahrzeuge (hybrid, vollelektrisch) bei den Personenwagen bis 2050 an Bedeutung gewinnen. Entscheidend wird dabei sein, wie sich Technik und Markt im Bereich der notwendigen Infrastruktur sowie der Batteriekapazitäten entwickeln und wie stark die Strompreise ansteigen werden. In welchem Ausmass sich elektrische und allenfalls auch andere Antriebstechnologien bis 2050 verbreiten werden, ist heute noch unsicher. Dass auch mit Flüssiggas betriebene oder andere Personenwagen (z. B. Wasserstoff) bereits 2050 eine tragende Rolle spielen, scheint bisher eher unwahrscheinlich.

CO₂-Emissionen Verkehr (t CO₂ pro Einwohner und Jahr)



Mögliche Bandbreite der CO₂-Emissionen 2050: Annahmen

	1 «Fortschritt»	2 Hoch	3 Tief
Personenwagen: Anteil vollelektrisch (VE) sowie hybrid (HY) an total gefahrenen Fahrzeug-Kilometern (Fzg-km)	15 % VE, 15 % HY	5 % VE, 5 % HY	20 % VE, 20 % HY
Personenwagen: Energieverbrauch fossil betriebener Fahrzeuge (Flottendurchschnitt effektiv, d.h. inkl. Kaltstarts, Klimaanlage etc.)	0,35 kWh pro Fzg-km	0,40 kWh pro Fzg-km	0,30 kWh pro Fzg-km
Strassen- und Luftverkehr: Anteil Biotreibstoff an Treibstoffen	10 % biogen	5 % biogen	20 % biogen

Eine Reduktion der Emissionen aus dem Verkehr um mehr als den Faktor zwei ist bis 2050 gut möglich – sie hängt allerdings von vielen Faktoren ab, die heute nicht im direkten Einflussbereich der schweizerischen Politik liegen.

Für die zukünftige Entwicklung bei den Lastwagen ist entscheidend, ob grössere und schwerere Lastwagen eingeführt werden. Absehbar ist, dass der steigende Marktdruck in der Gütertransportbranche zu fortschreitenden Effizienzverbesserungen führen wird. Ob bis 2050 ein gewisser Anteil der Lastwagen vollelektrisch betrieben werden kann, ist hingegen noch unklar.

Schienerverkehr

Der Personenschienenverkehr und noch stärker der Güterschienerverkehr sind von 1990 bis 2012 stark gewachsen. Dank besser ausgelasteten Zügen sowie technischen und betrieblichen Effizienzsteigerungen konnte der Stromverbrauch des Schienenverkehrs pro Einwohner in dieser Periode trotzdem etwa konstant gehalten werden.

In Zukunft werden weitere Effizienzsteigerungen möglich sein. Allerdings wird für das Jahr 2050 davon ausgegangen, dass der Personenverkehr und – wie zwischen 1990 und 2012 – noch stärker der Güterverkehr auf der Schiene anwachsen wird, so dass der damit verbundene Stromverbrauch pro Einwohner gegenüber 2012 trotzdem moderat ansteigen wird. Dies entspricht der heute bereits angestrebten Verlagerungsstrategie von der Strasse auf die Schiene.

In Bezug auf die kantonale Zielsetzung von 2,2t CO₂ pro Einwohnerin und Einwohner wird vor allem entscheidend sein, ob der Schweizer Stromproduktionsmix auch 2050 noch eine ähnlich tiefe CO₂-Intensität aufweisen wird wie heute, oder ob bis dahin ein relevanter Anteil unseres Stroms aus Schweizer Gaskraftwerken stammen wird.



Der Schienenverkehr wird als Alternative zum Strassenverkehr weiterhin eine tragende Rolle spielen.

Luftverkehr

Der Anstieg der Pro-Kopf-Emissionen aus hierzulande abgesetzten Flugtreibstoffen ist zur Hauptsache auf die Entwicklung im Linien- und Charterverkehr zurückzuführen. Nach einer Zunahme der Flugbewegungen auf Schweizer Flughäfen bis ins Jahr 2000 hat ihre Anzahl – bedingt durch eine allgemeine Krise der Luftfahrt (Attentate vom 11. September 2001 in den USA) und den Zusammenbruch der Swissair – zu Beginn des neuen Jahrtausends zunächst um rund 20 % abgenommen. Seither sind die Passagierzahlen zwar wieder stark angestiegen, die Flugbewegungen hingegen kaum, was vor allem auf grössere und besser ausgelastete Flugzeuge zurückzuführen ist.

Für die dargestellte Situation 2050 wird davon ausgegangen, dass die CO₂-Emissionen aus in der Schweiz abgesetzten Flugtreibstoffen auch längerfristig etwa auf dem heute hohen Niveau verharren werden. Die Anzahl Flugpassagiere wird weiter zunehmen. Hingegen werden die Flugbewegungen dank grösseren und besser ausgelasteten Flugzeugen in geringerem Masse zunehmen. Auch werden Triebwerke effizienter, die Aerodynamik und Routen weiter optimiert sowie gegebenenfalls umweltfreundlichere Treibstoffe eingesetzt.

Übriger Verkehr

Unter «übriger Verkehr» ist der Treibstoffbedarf diverser Anwendungen subsumiert, die sich weder dem Strassen-, dem Luft- noch dem Schienenverkehr zuordnen lassen. Dies betrifft den Schiffsverkehr, der in der Schweiz keine grosse Bedeutung hat. Daneben handelt es sich etwa um Verbraucher in der Land- und Forstwirtschaft, der Bauwirtschaft, auf Industriegeländen oder für militärische Zwecke.

Für diesen Endenergiebedarf, aus dem sich heute (2012) weniger als 0,2t CO₂ pro Einwohner ergeben, wird analog zu den Energieperspektiven des Bundes angenommen, dass diese Verbraucher auch längerfristig noch zu unseren CO₂-Emissionen beitragen werden (2050 ca. 0,1t CO₂ pro Einwohner).

Kanton Zürich: ÖV deckt 30% der Verkehrsleistung ab

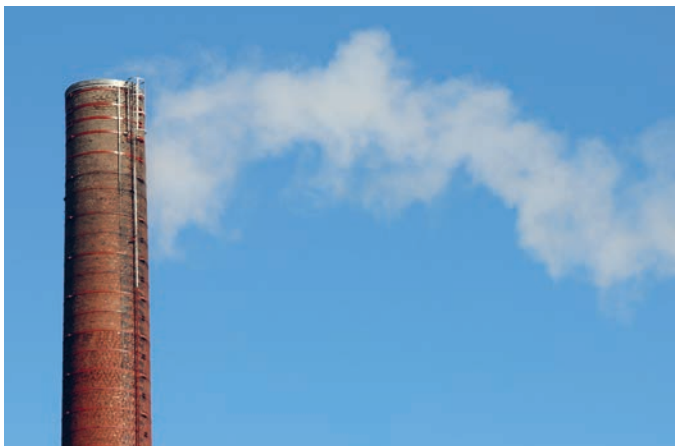
Laut «Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010» haben rund ein Viertel der Haushalte im Kanton Zürich keinen eigenen Personenwagen. Nur der Kanton Basel-Stadt, wo die Hälfte der Haushalte – etwa gleich viele wie in der Stadt Zürich – kein Auto hat, übertrifft diesen Wert. Menschen ohne eigenes Auto legen im Schnitt nur 28km pro Tag zurück. Zürcherinnen und Zürcher, deren Haushalt mindestens ein Auto besitzt, kommen dagegen auf eine Tagesdistanz von 38km. Der öffentliche Verkehr übernimmt im Kanton Zürich bereits über 30% der Verkehrsleistung und damit klar mehr als im Schweizer Durchschnitt (knapp 25%).

Sinkende Energieintensität

Pro Einwohner der Schweiz sind die CO₂-Emissionen aus Produktionsprozessen in Industrie und Gewerbe zwischen 1990 und 2012 vergleichsweise stark gesunken (schätzungsweise um rund 15 %). Zwar ist die Bruttowertschöpfung der Produktion von Industrie und Gewerbe in dieser Periode stärker angestiegen (real um rund 30 %) als die Bevölkerung der Schweiz (rund 20 %). Gleichzeitig gab es erstens aber eine vergleichsweise starke strukturelle Verschiebung weg von energieintensiven Produktionssektoren (z. B. Papierherstellung, keramische Industrie, Metallgewinnung) hin zu mässig energieintensiven (z. B. Chemie-, Nahrungsmittelsektor) respektive gering energieintensiven Produktionssektoren (z. B. Bau, Elektrotechnik, Maschinenbau). Dieser Struktureffekt überlagerte sich zusätzlich mit kontinuierlichen Effizienzsteigerungen sowie einer nicht unbedeutenden Substitution von Heizöl durch Erdgas und Strom, so dass insgesamt ein Rückgang der CO₂-Emissionen pro Einwohner resultierte.

Für die Zukunft wird davon ausgegangen, dass sich die Trends der letzten 20 Jahre fortsetzen werden: Erstens wird erwartet, dass die Bruttowertschöpfung von Industrie und Gewerbe (2012 bis 2050 um rund +40 %) weiterhin stärker anwächst als

die Bevölkerung (2012 bis 2050 ca. +12 %). Zweitens werden der beobachtete Strukturwandel in Richtung weniger energieintensiver Produktionstätigkeiten und effizienterer Produktionsprozesse sowie die Substitution von Heizöl durch Erdgas weitergehen. Weil viele Prozesse elektrisch betrieben werden, wird wie in den anderen Bereichen nebst der Effizienzentwicklung auch eine wichtige Rolle spielen, ob in der Schweiz grosse Gaskraftwerke gebaut werden oder nicht.

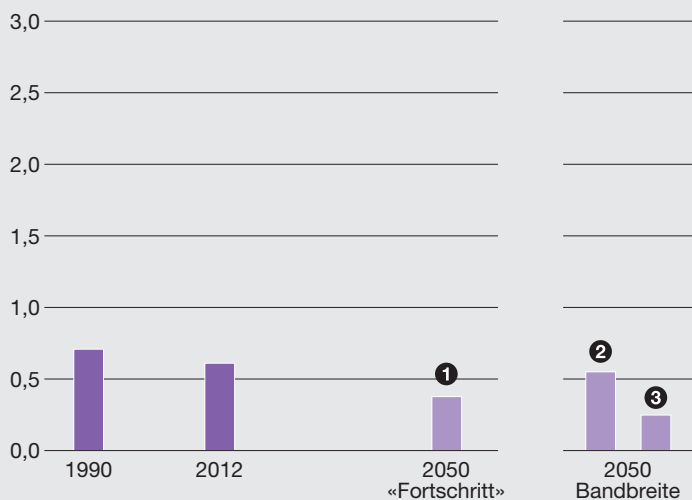


Produktionsbetriebe haben in den letzten 20 Jahren erhebliche Effizienzfortschritte gemacht.

Kanton Zürich: Dienstleistungssektor wird wichtiger

Im Kanton Zürich gehen fast eine Million Leute einer bezahlten Arbeit nach. Die Warenproduktion sinkt seit längerer Zeit und kommt heute noch auf einen Beschäftigungsanteil von 10 %. Landesweit sind es etwa 14 %. Produzierende Unternehmen sind heute vor allem ausserhalb der Zentren angesiedelt, in gut erschlossenen Gebieten. Energieintensive Branchen wie die Papierherstellung sind in den letzten 20 Jahren abgewandert. In den urbanen Zentren im Kanton überdurchschnittlich vertreten sind Dienstleistungsunternehmen wie Finanzinstitute und Versicherungen, Anwaltskanzleien, Beratungsunternehmen und dergleichen.

CO₂-Emissionen Industrie und Gewerbe (t CO₂ pro Einwohner und Jahr)



Mögliche Bandbreite der CO ₂ -Emissionen 2050: Annahmen			
	1 «Fortschritt»	2 Hoch	3 Tief
Abnahme durchschnittliche Energieintensität (kWh/Fr. Wertschöpfung)	2012 bis 2050: -45 %	2012 bis 2050: -30 %	2012 bis 2050: -55 %
Anteile Heizöl/Erdgas im Energieträgermix für Produktionsprozesse in Industrie und Gewerbe	15 % Öl, 35 % Gas	20 % Öl, 40 % Gas	10 % Öl, 30 % Gas

Wie stark Industrie und produzierendes Gewerbe bis 2050 wachsen werden, ist ungewiss – dank fortschreitenden Effizienzverbesserungen werden die CO₂-Emissionen pro Einwohner aber weiter zurückgehen.

Zunehmende Gerätezahl

Folgende elektrische Anwendungen wurden bei den Themen «Gebäude» (Raumwärme, Warmwasser), «Verkehr» und «Produktion in Industrie und Gewerbe» noch nicht betrachtet:

- Klima und Lüftung
- Beleuchtung
- Haushaltsgeräte
- Geräte der Informations- und Kommunikationstechnik
- Prozesse im Dienstleistungsbereich (gewerbliches Waschen, Kühlen und Gefrieren, elektrisch betriebene Grossküchengeräte etc.)

Von 1990 bis 2012 ist der Stromverbrauch dieser Anwendungen pro Einwohner leicht angestiegen, wobei sich Mengeneffekte (mehr elektrische Anwendungen pro Einwohner) und Effizienzsteigerungen in etwa die Waage gehalten haben. Für die Zukunft wird erwartet, dass der Strombedarf pro Einwohner in dem hier definierten Bereich «elektrische Anwendungen» leicht abnehmen wird, weil die Effizienzpotenziale beträchtlich sind. Ein erwartetes, bevölkerungsüberproportionales Wachstum bei den elektrischen Anwendungen im Bereich Klima und Lüftung dürfte vor allem durch einen wesentlich tieferen Strombedarf für Beleuchtung kompensiert werden.

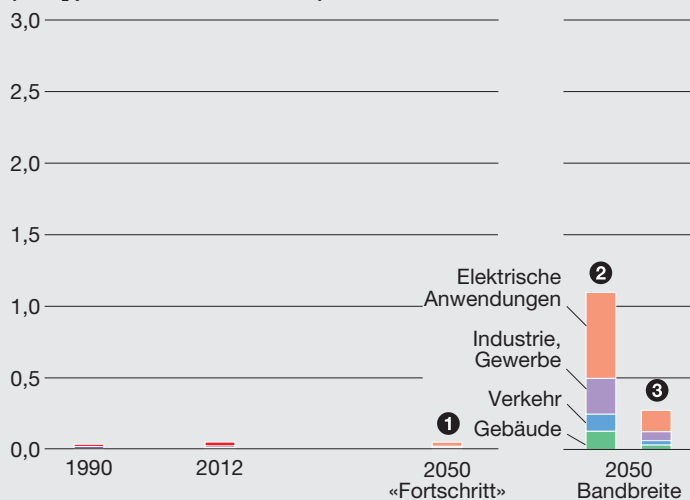
Elektrische Anwendungen verbreiten sich weiter

Der Trend zu mehr elektrischen Anwendungen hält an, vor allem auch in den Haushalten. Wir sind vernetzter, haben höhere Ansprüche an die Informations- und Kommunikationstechnologie und steigende Komfortansprüche, was Beleuchtung und Klimatisierung von Gebäuden betrifft. Gleichzeitig erfolgen rasche Technologie- und Effizienzschritte, z. B. bei der Beleuchtung, wo sich LED-Leuchtmittel in wenigen Jahren am Markt durchgesetzt haben. Dies sind gesellschaftliche und technologische Megatrends, die vergleichbar zur restlichen Schweiz auch im Kanton Zürich wirken. Es sind aber nicht nur die Kleinverbraucher, auch im Bereich der elektrischen Grossanwendungen finden Veränderungen statt. So steigt z. B. der Anteil der Rechenzentren am Gesamtstromverbrauch stetig an, trotz Effizienzgewinnen in diesem Bereich. Schweizweit entfällt auf Rechenzentren bereits 2,8 % des Stromverbrauchs (2013).



Rechenzentren sind grosse Stromverbraucher.

CO₂-Emissionen der Stromerzeugung in der Schweiz (t CO₂ pro Einwohner und Jahr)



Stromverbrauch und Stromerzeugung in der Schweiz

Auch wenn sich Wärmepumpen, Elektrofahrzeuge und andere elektrische Anwendungen stärker verbreiten, kann der Gesamtstromverbrauch pro Einwohner langfristig stabilisiert werden. Entscheidend wird sein, ob und in welchem Ausmass in der Schweiz grosse Gaskraftwerke gebaut werden (Gas- und Dampf-Kombikraftwerke, GuD). Deren zusätzlichen CO₂-Emissionen könnten bei geringen Anteilen GuD-Strom an der Schweizer Stromproduktion (unter 10 %) mit grossen Anstrengungen durch zusätzliche CO₂-Einsparungen in anderen Bereichen kompensiert werden (v. a. im Verkehrsbereich). Bei hohen Anteilen GuD-Strom (z. B. 40 %) könnten die zusätzlichen CO₂-Emissionen aber auf mehr als 1 t CO₂ pro Kopf ansteigen – was die angestrebten 2,2 Tonnen CO₂ in Frage stellen würde.

Mögliche Bandbreite der CO ₂ -Emissionen 2050: Annahmen			
	① «Fortschritt»	② Hoher Anteil *	③ EP 2050, «C&E»**
Anteil GuD-Strom	0 %	40 %	10 %

* Annahme vollständiger Ersatz Strom aus Kernkraftwerken

** Stromangebotsvariante «C&E» gemäss Energieperspektiven 2050 (Hauptvariante der Botschaft zum 1. Massnahmenpaket der Energiestrategie)

Damit das kantonale Emissionsziel erreicht werden kann, ist es zentral, dass der Umstieg auf erneuerbare Energien langfristig auch bei der Schweizer Stromerzeugung gelingt.

