

Gesundheitliche Aspekte der Schweizerischen Energiesstrategie 2050

Grundlagenpapier zum Factsheet
der Energiekommission der Akademien Schweiz

Ausgangslage

Die Energiestrategie 2050 des Bundes hat zum Ziel, den durchschnittlichen Endenergieverbrauch pro Person und Jahr bis 2050 gegenüber dem Basisjahr 2000 um gut die Hälfte (54 Prozent) und den entsprechenden durchschnittliche Stromverbrauch pro Person und Jahr um ca. einen Fünftel (18 Prozent) zu senken. Der Anteil von 40 Prozent der Kernkraft an der inländischen Stromproduktion soll zu einem grossen Teil durch erneuerbare Energiequellen gedeckt werden. Voraussichtlich wird vorübergehend zusätzlich der Ausbau der fossilen Stromproduktion mittels Wärmekraftkopplung sowie gegebenenfalls mittels Gaskombikraftwerken oder vermehrten Importen von Strom zur Deckung der Nachfrage nötig sein. Gleichzeitig sollen die Treibhausgasemissionen um 75 Prozent auf unter 1,5 Tonnen CO₂ pro Person und Jahr gesenkt werden. Die Energiestrategie bedingt einen zwar sukzessiven aber wesentlichen Umbau des gesamten Schweizer Energiesystems. Hinzu kommen Veränderungen im Umfeld der internationalen Energieproduktion wie z.B. der Ausbau der erneuerbaren Energie und der damit verbundenen (tages)zeitlichen Verschiebung der Produktionsmengen, Subventionssystemen, Aufkommen von Erdgas aus Fracking, etc.

Obwohl die technische Machbarkeit der Energiestrategie 2050 breit diskutiert und erforscht wird, sind deren mögliche Auswirkungen auf die Gesundheit bisher kaum thematisiert worden. Ziel dieses Faktenblatts ist es daher, Gesundheitsaspekte aufzuzeigen, die durch die Energiewende tangiert werden. Es sollen sowohl mögliche positive als auch negative Auswirkungen aufgezeigt werden. Im Lichte der Unsicherheiten über die Art der Umsetzung der Energiewende wird eine Quantifizierung der Auswirkungen als unmöglich erachtet. Hingegen soll das Faktenblatt ein Bewusstsein für Gesundheitsthemen schaffen, die potenziell beeinflusst werden. Damit können allenfalls bei der Art der Umsetzung frühzeitig die richtigen Weichenstellungen getroffen werden, so dass negative gesundheitliche Nebenwirkungen im Voraus verhindert oder minimiert werden können. Im Faktenblatt werden auch Massnahmen thematisiert, die zur Erreichung der Ziele bis 2050 einen Beitrag leisten könnten, aber im ersten Massnahmenpaket nicht explizit enthalten sind (z.B. erhöhter Anteil des Langsamverkehrs, Verlagerung Güterverkehr auf die Schiene).

Das Faktenblatt erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Es werden in erster Linie primäre Effekte diskutiert, die vor Ort bei der Bevölkerung auftreten. Obwohl global gesehen relevant, werden die Auswirkungen des gesamten Lebenszyklus der Energieträger, insbesondere der Gewinnung von Brennstoffen (Erdgas, Uran u.a.), nur am Rande thematisiert. Die Darstellungen beruhen auf Expertenwissen und auf punktuell vertieften Literaturrecherchen.

Hintergrund: Energiestrategie 2050

Die Energiestrategie soll mittels zweier Massnahmenpakete realisiert werden. In einem ersten Paket setzt der Bundesrat auf Massnahmen in den Bereichen Energieeffizienz, erneuerbare Energien, Kraftwerke auf der Basis fossiler Brennstoffe, Netze und Forschung.

Im Bereich der Energieeffizienz ist das Sparpotenzial bei Gebäuden und Elektrogeräten, bei Industrie und Dienstleistungen sowie bei der Mobilität gross. Dieses Potenzial soll unter anderem mit Hilfe von Zielvereinbarungen, marktwirtschaftlichen Anreizen und strengeren Vorschriften realisiert werden.

Die Stromproduktion mit **erneuerbaren Energieträgern** soll mit Hilfe verschiedener Massnahmen erhöht werden: Erstens wird die kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) bis 2040 verstärkt und optimiert. Zweitens dient ein spezielles Förderprogramm der Entwicklung der Tiefengeothermie, d.h. der Nutzung der Wärme aus tiefen Schichten der Erdkruste. Drittens soll das Bewilligungsverfahren für Anlagen zur erneuerbaren Elektrizitätserzeugung vereinfacht werden.

Bei den **Kraftwerken mit fossilen Brennstoffen** sollen WKK-Anlagen die Netzstabilität verbessern und einen Beitrag zur Versorgungssicherheit leisten. Dabei ist die Nutzung von Gas, das gegenüber anderen fossilen Energieträgern deutlich weniger Treibhausgase und Luftschadstoffe ausstösst, in kombinierten Strom-/Wärme-Kraftwerken (GuD) vorgesehen.

Der Umbau der Stromversorgung verlangt die zeitgerechte und effiziente Realisierung eines bedarfsgerechten **Stromnetzes**. Der Bund erarbeitet deshalb eine entsprechende Strategie. Man geht davon aus, dass mit Hilfe von elektronisch gesteuerten Netzwerken von Energieproduktionsanlagen und zur Steuerung der Nutzung (so genannten Smart Grids) das bestehende Verteilnetz so genutzt werden kann, dass eine effiziente Versorgung und eine hohe Versorgungssicherheit gewährleistet sind.

Zur Unterstützung des Umbaus des Energiesystems ist eine Stärkung der Energieforschung und des Wissens- und Technologietransfers nötig. Dazu hat das Parlament bereits den Aktionsplan Koordinierte Energieforschung verabschiedet.

Die nachfolgende Zusammenstellung gesundheitlich relevanter Themenfelder fokussiert auf die ersten vier der oben genannten Pakete der Energiestrategie. Es ist dabei zu beachten, dass einzelne Massnahmen wahrscheinlich auch unabhängig von der Energiestrategie ergriffen werden (z.B. Ausbau Stromnetze) und deren allfällige Effekte nicht nur aufgrund der Energiestrategie auftreten.

Auf den Bereich Forschung wird hier nicht näher eingegangen, weil er für das Thema Gesundheit nicht relevant ist.

Gesundheitsrelevante Themenfelder

Bei den nachfolgend beschriebenen Folgen handelt es sich **grundsätzlich um Auswirkungen während des normalen Betriebs einer Anlage oder Einrichtung**.

Gesundheitliche Folgen **beim Bau** einer Anlage oder Einrichtung oder **bei Unfällen** sind entsprechend **gekennzeichnet**.

Es wird unterschieden zwischen Belastungen [–] und Verbesserungen [+], wo dies klar ist. Auf eine Einordnung der Bedeutung der einzelnen Effekte im Gesamtkontext wurde verzichtet, da dieser in vielen Fällen nur sehr schwer abschätzbar ist. Das gleiche gilt für Kostenabschätzungen, deren Schätzwerte je nach Studie weit auseinanderliegen. Für einzelne Bereiche wurde, so weit vorhanden, die relative Reihenfolge der geschätzten Kosten angegeben, sofern diese in den Studien konsistent ist.

Bei den möglichen **Massnahmen bzw. Lösungsansätzen** wird unterschieden zwischen Massnahmen, für welche die notwendige Technik bereits zur Verfügung steht (**«bestehende Technik»**) und jene, für welche die Technik erst entwickelt werden muss (**«neue Technik»**). Ebenfalls erwähnt wird, wenn zwar technische Lösungen vorhanden sind, deren Umsetzung jedoch durch politische oder psychosoziale Gegebenheiten erschwert wird (**«schwierige Umsetzung»**).

Einen Überblick über alle diskutierten Themenfelder gibt Tabelle 1.

A) Bessere Wärmedämmung in Gebäuden

1) Radon und Lungenkrebs

Eine bessere Wärmedämmung und dichtere Fassaden und Fenster können zu einem geringeren natürlichen Luftaustausch im Gebäude führen. Bei schlechter Abdichtung des Gebäudes gegenüber dem darunterliegenden Boden dringt Radon ins Gebäude ein und kann sich dort im Falle von schlechter Durchlüftung anreichern. Radon ist ein natürliches, radioaktives Edelgas aus der Zerfallskette von Uran. Es ist ein Alphastrahler und zerfällt in Polonium, Wismut und Blei. Die Problematik ist nicht in allen Landesgegenden gleich gravierend, da die Radonkonzentration räumlich ungleich verteilt ist.¹

Radon ist ein nachgewiesener, bei Nichtrauchern der wichtigste, bei Rauchern der zweitwichtigste Risikofaktor für Lungenkrebs. Die Wirkung ist abhängig von der Konzentration und der Expositionsdauer. Es ist von der IARC (International Agency for Research on Cancer) als kanzerogen klassiert (Klasse 1). Epidemiologi-

sche Studien in Europa², Nordamerika³ und Asien⁴ haben gezeigt, dass pro 100 Bq/m³ Anstieg der Langzeitbelastung der mittleren Radonkonzentration sich das Lungenkrebsrisiko um 16 Prozent erhöht.⁵ Es gibt keine klare Untergrenze, unterhalb derer das Risiko vernachlässigt werden kann. Es hat sich gezeigt, dass auch unterhalb des oft verwendeten Grenzwerts von 200 Bq/m³ das Lungenkrebsrisiko ansteigen kann. In der Schweiz sind rund 8 Prozent aller Lungenkrebsfälle unter anderem auf Radon zurück zu führen, was rund 200–300 Fällen pro Jahr entspricht (WHO 2009).⁵ Davon sind nur 13 Personen Nichtraucher. [–]

Die Belastung durch die beim Zerfall von Radon entstehenden Alphateilchen und Zerfallsprodukte ist für andere Organe als die Lunge deutlich geringer.⁶ Andere kanzerogene Effekte von Radon werden deshalb teilweise kontrovers beurteilt, sind aber bisher nicht konsistent nachgewiesen worden, obwohl es z.B. für Kinderleukämie vereinzelt Hinweise gibt.

Eine verbesserte Wärmedämmung kann vor allem bei Neubauten bei gleichzeitig verbesserter Dämmung gegen den Untergrund und die Einplanung eines Lüftungssystems das Risiko, durch Radon an Krebs zu erkranken, massiv verringern. Hingegen kann sich das Radon – vorausgesetzt es ist im Boden in grösserer Konzentration vorhanden – bei Renovationen kritisch auswirken, und zwar dann, wenn die Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle (Fassade, Fenster, Dach) vermindert wird, hingegen die Abdichtung gegen das Erdreich schlecht bleibt.

Mögliche Massnahmen

Bestehende Technik: Zu unterscheiden sind gut gedämmte Neubauten von renovationsbedürftigen älteren Bauten. Bei Neubauten ist das Gebäude auch gegen unten dicht isoliert, so dass das Radon kaum mehr in das Gebäude eindringen kann. Zudem helfen geeignete automatische oder manuelle Lüftungsmassnahmen, die Konzentration tief zu halten. Insbesondere in Gegenden mit hoher Radonkonzentration im Boden ist präventiven Massnahmen (Luftdichtheit gegen Boden; Lüftung) Beachtung zu schenken. Es existieren verschiedene spezifische Methoden zur Verringerung der lokalen Radonbelastung in Gebäuden, z.B. im Boden unter den Bodenplatten oder dem Fundament eine Drainage einzubauen, die bei Bedarf durchlüftet werden kann.

Bei Renovationen ist eine ganzheitliche Betrachtung wichtig, und das Radonrisiko ist explizit zu berücksichtigen. Die kürzlich publizierte neue Version der SIA-Norm 180 geht in diese Richtung und verlangt, z.B. eine Messung der Radonkonzentration in der Raumluft vor der Renovation bestehender Gebäude. Die Belüftung muss den neuen Verhältnissen und dem Risiko der Radonbelastung nach der Renovation angepasst werden.

2 Darby S et al. (2006) Residential radon and lung cancer: detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7148 subjects with lung cancer and 14208 subjects without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe. *Scand J Work Environ Health*, 32 Suppl 1: 1–83

3 Krewski D et al. (2006) A combined analysis of North American case-control studies of residential radon and lung cancer. *J Toxicol Environ Health A*, 69: 533–597

4 Lubin JH et al. (2004) Risk of lung cancer and residential radon in China: pooled results of two studies. *Int J Cancer*, 109: 132–137

5 World health organization (2009): Who handbook on indoor radon. A public health perspective

6 Kendall GM, Smith TJ (2002) Doses to organs and tissues from radon and its decay products. *J Radiol Prot*, 22(4): 389–406

Generell wichtig sind die angemessene Durchlüftung der unteren Räume und die Verminderung der Ausbreitungswege von Radon innerhalb des Gebäudes. Im Allgemeinen ist die Radonbelastung ein bewältigt- bzw. vermeidbares Problem der Luftbelastung in Innenräumen. Es genügt, bei Neubauten oder Renovationen die der Belastung angemessenen Massnahmen zu treffen. Auskünfte dazu stehen auf der Bundesseite www.ch-radon.ch zur Verfügung.

2) Innenraumluftschadstoffe

Einerseits kann eine kleinere Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle (z.B. durch dichtere Fenster oder verbesserte Isolation) im Rauminnen die Konzentration von Aussenluftschadstoffen reduzieren, wobei dieser Effekt für viele Schadstoffe (z.B. Feinstaub) gering ist. [•]

Andererseits können sich im Rauminnen entstehende Luftschadstoffe dann anreichern, wenn bei kleiner Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle nicht korrekt gelüftet wird. Bei unzureichender Belüftung spielt die Aktivität der Bewohner für die Anreicherung von Schadstoffen eine entscheidende Rolle. Die stärkste Innenraumbelastung entsteht durch Rauchen, das unter anderem Feinstaub inkl. polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Stickoxide (NO_x), Kohlenmonoxide (CO), Formaldehyde und Benzol verursacht. Auch andere Verbrennungsprozesse im Innenraum, wie das Kochen mit Gas oder Holz, das Abbrennen von Kerzen oder gasbetriebene Durchlauferhitzer führen zu einer signifikanten Zunahme von Luftschadstoffen. Vor allem in Neubauten und nach Sanierungen können zudem erhöhte Innenraumbelastungen durch chemische Schadstoffe in Baustoffen auftreten (z.B. flüchtige organische Verbindungen (VOC), Biozide, Weichmacher, Flammschutzmittel). Kohlendioxid und Gerüche sind eine Folge des Stoffwechsels der Bewohner. Auch Einrichtungsgegenstände können Schadstoffe enthalten und an die Luft abgeben. Die gesundheitlichen Wirkungen von Feinstaub und Stickoxiden sind gut untersucht. Sie beeinflussen das Atemwegs- sowie das Herz-/Kreislaufsystem und erhöhen sowohl kurz- als auch langfristig das entsprechende Erkrankungs- und Todesfallrisiko. Feinstaub ist von der IARC als kanzerogen klassiert (Klasse 1). Schwieriger abzuschätzen sind die Auswirkungen der vielfältigen Belastungen durch flüchtige organischen Verbindungen (VOC) und andere chemische Schadstoffe. Vor allem langfristige Auswirkungen sind noch wenig erforscht. Einige der erwähnten Substanzen sind erwiesenermassen auch kanzerogen. Kurzfristig können sie bezüglich Ursache unspezifische Beschwerden wie Schleimhautreizungen, Kopfschmerzen, Müdigkeit und Unwohlsein auslösen. Das Auftreten von solchen unspezifischen Gesundheitsbeschwerden in Innenräumen wird insbesondere bei Arbeitsplatzbelastungen auch häufig als «Sick-Building-Syndrom» bezeichnet. Typischerweise kann bei diesem Krankheitsbild keine verursachende Substanz identifiziert werden. [•]

Mögliche Massnahmen

Bestehende Technik: Bei einer guten Dämmung des Wärmeflusses und entsprechend geringer Luftdurchlässigkeit verhindert richtiges Lüften der Wohnräume eine Anreicherung von Schadstoffen im Gebäudeinnern. Der Luftaustausch kann durch Lüftungssysteme oder durch regelmässiges kurzes und starkes Lüften durch die Bewohner erfolgen. Voraussetzung dafür ist ein entsprechendes Bewusstsein der Bewohner für diese Problematik. Wenn automatische Lüftungssysteme zum Einsatz kommen, ist eine regelmässige fachgerechte Wartung erforderlich.

Die Anreicherung von Schadstoffen aus Baustoffen in Innenräumen lässt sich auch durch die Verwendung weniger giftiger oder giftfreier Stoffe beim Bauen verhindern und durch intensive Durchlüftung der Räume vor dem Bezug der Neu- und Umbauten verringern. Das Wissen über diese Stoffe ist heute sehr gut, und Alternativen zu giftigen Baustoffen sind vorhanden.

3) Innenraumhygiene

a) Milben, Schimmelpilze und Tierhaare

Die Voraussetzungen für das Auftreten von **Schimmelpilz** sind hohe Feuchtigkeit, geringer Luftaustausch und kalte Stellen. Wenn eine nachträgliche Gebäudeisolierung im Rahmen einer Sanierung nicht fachgerecht erfolgt, kann dies zur Bildung von Schimmel und feuchten Stellen an der Innenfassade führen. Problematische Stellen sind Wärmebrücken in der Fassade und kalte Innenseiten von Aussenwänden. Dazu kommt es vor allem dann, wenn zunächst die Fenster saniert werden, aber die aufwändigere Dämmung der Fassade vernachlässigt wird. Die modernen, luftdichten Fenster verhindern den bisherigen kontinuierlichen Luftaustausch. Wird nicht vermehrt manuell gelüftet, kann die Luftfeuchtigkeit in den Räumen stark ansteigen und an den schlecht gedämmten Aussenwänden bildet sich Schimmel. [•]

Eine erhöhte Feuchtigkeit im Innenraum begünstigt die Ausbreitung von Hausstaubmilben. Der Kot von **Hausstaubmilben** aber auch Schimmelpilze oder Tierhaare können bei entsprechend prädisponierten Personen eine Allergie auslösen. Am häufigsten reagieren Allergiker mit Atembeschwerden (Asthma), Schnupfen (Rhinitis), Augenbrennen und Bindehautentzündung (Konjunktivitis), Hautausschlägen (Ekzeme, Kontaktdermatitis) sowie Durchfall (Typ I- und IV-Allergien). In seltenen Fällen können allergische Vorgänge Blutzellen, Gewebe und Organe schädigen (Typ II- und III-Allergien). [•]

In Räumen mit zu hohem Luftaustausch kann sich während der kalten Jahreszeit eine zu tiefe Luftfeuchtigkeit einstellen, was sich negativ auf das persönliche Wohlbefinden auswirken kann. [•]

Mögliche Massnahmen

Bestehende Technik: Die Energiestrategie 2050 zielt darauf ab, dass nicht nur eine Komponente (z.B. Dach oder Fenster) erneuert wird, sondern bei einer Renovation die gesamte Gebäudehülle einbezogen wird. Dadurch werden Probleme wie Feuchteschäden oder Schimmelwachstum und die Ausbreitung von Hausmilben verhindert. Eine gute Dämmung heisst: Das Gebäude ganzheitlich betrachten und gleichmässig dämmen. Korrekt Lüften heisst: Der Luftaustausch ist ausreichend, und zwar durch das Abführen der in der warmen Innenluft enthaltenen Luftfeuchtigkeit durch regelmässiges Stosslüften oder ein gut gewartetes Lüftungssystem. Zu geringe Luftfeuchtigkeit (z.B. beim Lüften bei tiefer Aussentemperatur und anschliessender Austrocknung der Luft beim Aufheizen) kann mit Luftbefeuchtern reguliert werden, bedingt aber eine entsprechende Überwachung der Luftfeuchtigkeit durch die BewohnerInnen. Luftbefeuchter sind jedoch, je nach Bauart, hygienisch heikel und/oder energieintensiv. Bei einem korrekten Lüftungsverhalten wie oben beschrieben, resp. korrekten Betrieb von Lüftungsanlagen ist keine Raumluftbefeuchtung erforderlich (Gemäss Philosophie der SIA-Normen 180 und 382/1).

b) Keime

Schlecht gewartete oder verkeimte Befeuchtungs- und Klimaanlage können allergische Alveolitis (Befeuchterlunge, Befeuchterfieber) oder die Legionellose verursachen. Das Risiko für Legionellose steigt auch, wenn die Boilertemperatur tief gehalten wird, um Energie zu sparen. Bei der Legionellose (Legionärskrankheit) gelangen die Legionellenbakterien mit winzigen Wassertröpfchen in die Atemwege. In der Folge kann sich eine schwere, teils tödlich verlaufende Lungenentzündung entwickeln. Eine leichtere Form, das Pontiac-Fieber, führt zu einem grippeähnlichen Krankheitsbild teils mit Durchfall und einer Bewusstseinsstrübung und klingt meist selbständig ab. [-]

Mögliche Massnahmen

Bestehende Technik: Luftbefeuchter sollten korrekt gewartet werden.

Beim Einstellen der Boilertemperatur ist das Risiko für Legionellose (Legionärskrankheit) zu berücksichtigen. Das BFE empfiehlt eine Boilertemperatur von 55 °C. Das BAG, die ETH oder das Hochbauamt des Kantons Zürich empfehlen eine Boilertemperatur von 60 °C. Bei einer Boilertemperatur von 50 bis 55 °C soll das Wasser mindestens einmal wöchentlich auf 60 °C erhitzt werden. Dies erübrigt sich bei einer Boilertemperatur von 60 °C.

4) Elektromagnetische Felder

Wie bei den Luftschadstoffen kann eine verbesserte Gebäudeisolierung je nach Art der Isolation auch die Aussenraumimmissionen von elektromagnetischen Feldern (EMF) dämpfen. [+]

Auf der anderen Seite kann die Belastung durch Innenraumquellen (von Schnurlostelefonen, WLAN und Handys) zunehmen. Gesundheitsschädigende Auswirkungen von elektromagnetischen Feldern unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte sind bisher nicht nachgewiesen worden. Die vorliegenden Untersuchungen über mögliche gesundheitliche Auswirkungen von EMF lassen jedoch keine definitiven Schlüsse zu. Aufgrund von epidemiologischen Studien, welche auf ein erhöhtes Risiko für bestimmte Tumore im Kopf im Zusammenhang mit der Mobiltelefon-Benutzung hindeuteten, hat die IARC im Jahr 2011 hochfrequente Elektromagnetische Strahlung als möglicherweise kanzerogen klassiert (Gruppe 2B).⁷ Konsistent beobachtet wurde ein Zusammenhang zwischen der Belastung gegenüber niederfrequenten Magnetfeldern und Kinderleukämie.⁸ [-]

Mögliche Massnahmen

Bestehende Technik: In Bezug auf die Durchlässigkeit von elektromagnetischen Feldern ist die Bauweise entscheidend. Hochfrequente EMF aus der Umwelt werden durch metallhaltige Gebäudehüllen (Betonwände, z.T. Schallschutzfenster) stark absorbiert, während Innenraumquellen reflektiert werden. Stein- und Holzwände bewirken nur eine minime Abschwächung und Reflexion. Die Auswirkungen auf die hochfrequenten EMF hängen neben den spezifischen Baubedingungen auch von den Innenraumquellen ab. Durch entsprechende Massnahmen (z.B. geeigneter Standort und Beschränkung der Betriebszeiten der Funkanwendungen) können die Bewohnerinnen und Bewohner

ihre Exposition selber verringern. Niederfrequente Magnetfelder passieren die Gebäudehülle praktisch ungehindert, während das elektrische Feld unabhängig vom Material abgeleitet wird. Aus diesem Grund sind bei verbesserter Wärmedämmung keine Auswirkungen auf die niederfrequente EMF Exposition zu erwarten.

5) Lärm

Gesundheitliche Auswirkungen der chronischen Lärmbelastung auf Befinden, Schlafqualität und Herz-Kreislauferkrankungen sind nachgewiesen. Während des Schlafs treten physiologische Reaktionen (z.B. Veränderungen in den Hirnströmen und im Elektrokardiogramm) bereits ab 30 dB auf. Veränderungen der subjektiven Schlafqualität treten ab 40 dB, chronische Blutdruckveränderungen und vermehrte Herzinfarkte ab 50 dB auf.^{9,10} Einflüsse auf die kognitiven Funktionen von Kindern wurden mehrfach beschrieben.¹¹ Biologische Stressmodelle legen auch Auswirkungen auf den Metabolismus (z.B. Diabetes) und das Immunsystem nahe. Diesbezügliche Untersuchungen gibt es aber bisher kaum und die empirische Evidenz ist gering.

Eine verbesserte Gebäudeisolierung kann die Aussenraumimmissionen von Lärm dämpfen. [+]

Auf der anderen Seite kann die Belastung von Innenraumquellen (z.B. Lärm von Lüftungsanlagen) zunehmen. Bei Wärmepumpen und Komfortlüftungen besteht auch das Potenzial zu Nachbarschaftskonflikten aufgrund von damit verbundenen Lärmemissionen. [-]

Mögliche Massnahmen

Bestehende Technik: Es ist auf geräuscharme Lüftungen und deren Positionierung (Konflikte mit Nachbarschaft) zu achten (vgl. auch SIA-Norm 180). Gut isolierte und dichte Fenster tragen im Rauminnern viel zum Schutz vor Lärmimmissionen von draussen bei (vor allem Verkehrs-, Zug- und Fluglärm).

6) Licht

Aufgrund der modernen Bauweise, welche durch grossflächige Fenster die Nutzung der Sonnenstrahlung als Energiequelle ermöglicht, kann generell mit helleren Wohnungen und Häusern gerechnet werden. Helligkeit und Zunahme von Sonnenlicht wird von den meisten Leuten als angenehm empfunden. [+]

Eine Beeinträchtigung des Wohlbefindens ohne längerfristige gesundheitliche Auswirkungen ist bei direkter Sonneneinstrahlung möglich. [-]

Mögliche Massnahmen

Bestehende Technik: Installationen für eine ausreichende Beschattung verhindern eine Beeinträchtigung durch direkte Sonneneinstrahlung.

⁷ Krebsanfälligkeit und hochfrequente Emissionen:
<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol102>

⁸ Kinderleukämie und niederfrequente Magnetfelder:
<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol180>

⁹ Basner M et al. (2013) Auditory and non-auditory effects of noise on health. Lancet 383: 1325-1332, [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)61613-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(13)61613-X)

¹⁰ WHO (2009) Night noise guidelines for Europe. Copenhagen WHO Regional Office for Europe.

¹¹ Tzivian L et al. (2015) Effect of long-term outdoor air pollution and noise on cognitive and psychological functions in adults. Int J Hyg Environ Health. 2015 Jan; 218(1): 1-11. doi: 10.1016/j.ijheh.2014.08.002.

B) Ausbau der erneuerbaren Energiegewinnung

Kostenschätzungen

In einer Studie¹² wurden die Einflüsse auf die Gesundheit (Toxizität, ionisierende Strahlung, photochemische Oxidantien, Feinstaub, Treibhausgaswirkung, u.a.) von verschiedenen Stromproduktionsarten mit unterschiedlichen Ansätzen abgeschätzt, wobei hier eine globale Perspektive angewendet wurde, d.h. Wirkungen im In- und Ausland. Die Kostenschätzungen liegen je nach Methode weit auseinander. Die relativen Gesundheitskosten (Vergleich zwischen den Energiearten) sind hingegen einigermaßen konsistent. Die totalen geschätzten Gesundheitskosten (Mortalität plus «Behinderungsbereinigte Lebensjahre» bzw. «Disability Adjusted Life Years») der Stromproduktion im Normalbetrieb sind generell am tiefsten bei der Wasserkraft. Bei Windkraft und Solarthermie sowie der Nuklearenergie liegen sie um ca. einen Faktor 2–4, bei tiefer Geothermie und Photovoltaik um einen Faktor 5–6 höher, bei Biogas und Holz ca. um einen Faktor 10 und beim Erdgas ca. um einen Faktor 20 (bei Kohle ca. Faktor 100). Der sich aus diesen Zahlen ergebende Gesundheitseffekt in der Stromproduktion durch die Energiestrategie 2050 (Ersatz des Nuklearstroms durch erneuerbare Energien, Wasserkraft und teilweise Erdgas inkl. WKK) ist für den Normalbetrieb bei Wasserkraft positiv, bei Wind neutral, bei Photovoltaik und Geothermie leicht negativ, bei Biogas/Holz deutlich negativ und bei Gas klar negativ. Bezüglich Folgen von Unfällen wurden nur die möglichen Todesfälle beurteilt, welche lediglich einen Teil der gesundheitlichen Auswirkungen abdecken. Eine weitere Schwierigkeit ist, dass diese Abschätzungen für einige Produktionsarten (Gas, Wasserkraft) hauptsächlich auf Erfahrungswerten, insbesondere für die Nuklearenergie hingegen primär auf Wahrscheinlichkeits-Schätzungen beruhen und grosse Unsicherheiten bei den «latenten» Todesfällen ausweisen. Bei den durchschnittlichen Schätzungen liegen die Folgen für alle relevanten Energien in einer ähnlichen Grössenordnung, bei den maximal möglichen Schäden liegen Wasserkraft und Nuklearenergie rund 1000 mal höher, so dass hier von einer klaren Verminderung des maximalen Risikos ausgegangen werden kann, da nur ein kleiner Teil der Nuklearenergie durch Wasserkraft ersetzt wird.

Andere Studien¹³ ergeben im Grundsatz ein ähnliches Bild: Sie bestätigen, dass v.a. die Schätzungen der Gesundheitskosten bei der Nuklearenergie um Grössenordnungen auseinander liegen (und damit auch die relative Position innerhalb der Stromproduktionsarten unterschiedlich ist), in etwas geringerem Mass auch bei der Photovoltaik, und dass primär der Ersatz von Nuklearenergie durch Biomasse und Gas zu negativen Gesundheitseffekten führt.

1) Erdbeben

Bisher bestehen vor allem Erfahrungen zur Erdbebengefahr der Geothermie in der Bauphase. In der Betriebsphase (Normalbetrieb) ist die Gefahr von Erdbeben geringer, kann jedoch auch nicht ausgeschlossen werden.

Bauphase: Die Nutzung der tiefen Geothermie (unterhalb 400 m Tiefe) kann *beim Bau der Anlage* das Risiko für Erdbeben erhöhen. Die für die Erschliessung notwendigen Bohrungen erfolgen bei der Nutzung der Gesteinswärme in kristallinem Gestein. Für die Wärmenutzung ist (im Gegensatz zur Nutzung von Tiefenwasser) das Aufsprengen des Gesteins – so genanntes «Fracking» – notwendig, um genügend Zirkulationswege für das Wasser, welches die Wärme an die Oberfläche transportiert, zu schaffen. Die Erfahrungen bezüglich «Fracking» zur Nutzung von Geothermie sind sehr beschränkt. Bisherige Projekte – so die Geothermie-Probebohrungen in Basel – haben jedoch die Risiken verdeutlicht. In Basel verursachte die Bohrung im Jahr 2006 ein Beben der Stärke 3,4.

Im Juli 2013 bebte die Erde auch in St. Gallen als Folge einer Geothermie-Probebohrung (ohne Einsatz von Fracking) für die Nutzung eines Tiefenwasser-Reservoirs. Das Beben hatte eine Stärke von 3,5 und trat auf, als zur Bekämpfung eines drohenden Gasaustritts schwere Bohrflüssigkeit ins Bohrloch gepumpt wurde.

Bisher sind keine Auswirkung bezüglich Krankheiten oder Unfällen bekannt, sind durch die Erdbeben gewisse psychische Belastungen verursacht worden. Auch kleinere Verletzungen sind möglich. [–]

Mögliche Massnahmen

Aktuelle Technik: Techniken zur Vermeidung von Erdbeben sind erst in Entwicklung.

Neue Technik: Aufgrund neuer, aber noch ungesicherter Erkenntnisse sollen bei neuen Bohrungen kleinere Gesteinsvolumina etappenweise stimuliert werden, um das Risiko von Beben zu reduzieren. Ausserdem soll bei der Frakturierung petrothermaler Systeme bei zukünftigen Projekten die Nähe zu (bekannten) Bruchzonen vermieden werden.

2) Lärmbelastung

Die vermehrte Nutzung von Windenergie kann zu einer Zunahme der Lärmbelastung der Bevölkerung führen. Allerdings müssen Windenergieanlagen oder Windparks die gesetzlichen Vorschriften bezüglich des Abstandes zu Wohnhäusern sowie des Lärmschutzes erfüllen, so dass der Schallpegel bei Wohnungen typischerweise sehr tief ist. Dank technologischer Fortschritte sind Windturbinen heute viel leiser als noch vor einigen Jahren. Bisherige Studien fanden keine direkten negativen Wirkungen der Geräuschemissionen von Windanlagen auf die Gesundheit. Es können jedoch Lärmbelastungseffekte festgestellt werden, welche mit gesundheitlichen Beeinträchtigungen in Zusammenhang stehen.¹⁴

Windenergieanlagen können demnach von Teilen der Bevölkerung als störend empfunden werden, was die Akzeptanz von Windanlagen verringert. Eine entsprechende Studie hat gezeigt, dass die Wahrnehmung von Windkraftanlagen sehr unterschiedlich ist und mit anderen Variablen, z.B. dem persönlichen Interesse an Windenergie oder den Partizipationsmöglichkeiten bei

¹² Hirschberg S, Bauer C, Burgherr P, Cazzoli E, Heck T, Spada M and Treyer K, (2014) Health Effects of Technologies for Power Generation: Contributions from Normal Operation, Severe Accidents and Terrorist Threat. Probabilistic Safety Assessment and Management Conference, Honolulu, 22-27 June 2014

¹³ In: Ecoplan (2012) Energiestrategie 2050 – volkswirtschaftliche Auswirkungen. Bern, Bundesamt für Energie.

¹⁴ Knopper L, Ollson C (2011) Health effects and wind turbines: A review of the literature www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3179699

der Planung in Zusammenhang steht. Die häufigsten negativen Wirkungen betreffen den Schlaf, z.B. vermehrtes Aufwachen, verminderte Schlaftiefe oder Schlafqualität. Vereinzelt empfinden Betroffene Veränderungen in der Leistungsfähigkeit und im Befinden oder körperliche Beschwerden.¹⁵ [-]

Geothermische Verfahren können ebenfalls zu einer erhöhten Lärmbelastung führen. Allerdings beschränken sich die Lärmemissionen weitgehend auf die Bau- und Bohrphase. Nach Abschluss dieser Phase kommt es kaum noch zu Lärmbelastungen, weil der An- und Abtransport von Energieträgern entfällt. [-]

Nicht sachgemäss installierte Wärmepumpen können zu Lärmimmissionen und Körperschall führen. Der Schallpegel ist typischerweise gering aber kann sehr störend wirken. [-]

Mögliche Massnahmen

Bestehende Technik: Geräusche von Windkraftanlagen sind nicht besonders laut, können aber insbesondere in der Nacht störend sein. Neben dem Standortmanagement können das Ausschöpfen der technischen Möglichkeiten, wie auch ein reduzierter Betrieb in der Nacht dazu beitragen, die Geräuschemissionen in der Nacht möglichst gering zu halten. Auch schalldichte Fenster können Abhilfe leisten.

Grossen Einfluss auf die empfundene Beeinträchtigung hat nebst der Sensibilität auch die Akzeptanz der Anlage (s. Erholungswert Landschaft). Eine Berücksichtigung verschiedener Aspekte der öffentlichen Akzeptanz bei der Standortwahl und Bau neuer Windkraftanlagen (z.B. Sichtbarkeit, öffentliche Beteiligung, etc.) kann die Belästigung der betroffenen AnwohnerInnen verringern.

Beim Bau von Geothermieranlagen, aber auch anderen Energieproduktionsanlagen, sind die Lärmbelastungen durch Bohrungen, Bau und Verkehr so weit als möglich zu reduzieren, respektive die betroffenen AnwohnerInnen vorzuwarnen.

3) Ionisierende Strahlung

Eine Abnahme der Kernenergienutzung führt zu einer Abnahme der ionisierenden Strahlenbelastung im Normalbetrieb. In der Umgebung von Kernkraftwerken ist diese Abnahme gering im Vergleich zur natürlichen Strahlenbelastung. Zusätzlich nehmen auch die Strahlenemissionen im Zusammenhang mit der Zwischen- und Endlagerung ab. Ionisierende Strahlung ist für alle Arten von Tumoren erwiesenermassen kanzerogen (IARC¹⁶ Klasse 1), wobei es im Niedrigdosisbereich erhebliche Unsicherheiten über die Höhe des Risikos gibt. Im Allgemeinen geht man aber von einem stochastischen Prozess mit linearer Dosis-Wirkungsbeziehung aus. Das bedeutet, dass jegliche Immissionsreduktion zu einer Risikoreduktion führt. Die geringfügige Reduktion im Zusammenhang mit der Kernenergienutzung in der Schweiz wird sich jedoch nicht messbar auf die Krebserkrankungshäufigkeit auswirken. [+]

Unfälle: Bei einem Ausstieg aus der Kernenergie wird das Risiko

für einen grossen Unfall (GAU) mit seinen potenziell für Gesundheit und Wohlbefinden katastrophalen Folgen in grossen Teilen der Schweiz reduziert. Ein reduziertes Unfallrisiko beeinflusst möglicherweise bei einem Teil der Bevölkerung das Wohlbefinden positiv. Auf jeden Fall reduziert wird das Risiko für eine schwere Erkrankung oder den Tod als Folge eines solchen Unfalles. [+]

Die Alterung oder der Rückbau der bestehenden Anlagen könnte hingegen zu einer Erhöhung des Unfallrisikos beitragen. Dies geschieht jedoch unabhängig von der Energiestrategie.

Bei der Geothermie können durch das Wasser im Untergrund natürliche radioaktive Stoffe gelöst und an die Oberfläche transportiert werden, die beim Austritt zu einer zusätzlichen ionisierenden Strahlung führen können. [-]

Mögliche Massnahmen

Der Ausstieg aus der Kernenergie hat direkt nur positive gesundheitliche Auswirkungen.

Bestehende und neue Technik: Bei der Geothermie muss das Wasser in einem so gut wie möglich geschlossenen Kreislauf geführt werden.

4) Elektromagnetische Felder, Licht

Die Zunahme von Wind- und Solaranlagen kann unter Umständen zu lokalen elektromagnetischen Feldern oder zu lästigen Lichtreflexionen führen. [-]

Lösung

Bei der Installation von Solaranlagen auf Wohnhäusern ist diesen Einwirkungen die nötige Beachtung zu schenken. Durch eine ausreichende Distanz zwischen Wechselrichter und Wohnraum sowie eine geeignete Ausführung der Leitungen kann die Belastung durch EMF reduziert werden. Bei Reihenhäusern können auch die direkten Nachbarn durch EMF betroffen sein.¹⁷ Lästige Lichtreflexionen auf die Nachbarschaft können durch eine optimale Wahl der Lage und Ausrichtung der Module sowie der Verwendung von möglichst reflexionsarmen Materialien vermindert werden.

5) Trinkwasser-Verschmutzung

Bei der Nutzung der tiefen Geothermie besteht die Gefahr der Verschmutzung von Grundwasser und Oberflächengewässern, insbesondere durch toxische Schmiermittel, aber auch durch ausgeschwemmte Elemente. Potenzielle Schadstoffquelle ist auch das Wasser in den erschlossenen Lagerstätten. Dieses Wasser kann gelöste und im Untergrund natürlich vorkommende giftige oder radioaktive Stoffe enthalten.

Zu Wasserverschmutzungen kann es an der Oberfläche kommen, und zwar durch Lecks bei Bohrungen oder durch das Entweichen von Gas aus einer Lagerstätte. Die zu Tage geförderte Flüssigkeit wird durch die Oberflächenanlagen (Wärmeentzug und Energiebereitstellung) zirkuliert und anschliessend – wieder gekühlt – in

¹⁵ Hübner G. & E. Löffler, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, in Zusammenarbeit mit N. Hampl & R. Wüstenhagen, Universität St. Gallen: Wirkungen von Windkraftanlagen auf Anwohner in der Schweiz: Einflussfaktoren und Empfehlungen. Abschlussbericht. 2013.

¹⁶ WHO, International Agency for Research on Cancer, IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. <http://monographs.iarc.fr>.

¹⁷ maxwave AG (2013) Literaturrecherche zu den Emissionen von nichtionisierender Strahlung von Photovoltaikanlagen, 63 S. www.bafu.admin.ch/elektrosmog/13893/15155/15164/index.html?lang=de

die Gesteinsschichten im tiefen Untergrund zurückgeführt. In der Regel muss diese Flüssigkeit daher nicht entsorgt werden.¹⁸ [-]

Mögliche Massnahmen

Bestehende und neue Technik: Die Verhinderung der Grundwasserverschmutzung muss höchste Priorität haben. Bei der Frakturierung in der Geothermie kann oft auf den Einsatz von Stützmitteln und Chemikalien verzichtet werden. Bohrlöcher in Wasser führenden Schichten müssen besonders sorgfältig abgedichtet werden. Der Wasserkreislauf sollte so gut wie möglich geschlossen sein. Gesundheitsverträglichkeitsprüfungen sollten bei der Planung einen zentralen Stellenwert haben.

6) Gasaustritt

Bei der Geothermie kann bei der Bohrung in der Bauphase Gas aus dem Untergrund austreten und zu einer Explosion führen. [-]

Mögliche Massnahmen

Bei Bohrungen sollte die Luft über dem Bohrloch kontinuierlich auf mögliche Gasaustritte überwacht werden.

7) Luftschadstoffe

Die Nutzung von erneuerbaren Energien führt in vielen Fällen zu einer Reduktion der Luftbelastung, beispielsweise wenn Feuerungsanlagen durch Solaranlagen zur Warmwasseraufbereitung ersetzt werden. [+]

Der vermehrte Einsatz von Holzfeuerungen und anderen Biomassenverarbeitungen kann hingegen zu höheren Schadstoffemissionen führen, unter anderem von Feinstaub, Stickoxiden und organischen Schadstoffen. Die Feinstaubemissionen aus der Holzverbrennung sind für die Gesundheit ebenso gefährlich wie jene aus anderen Verbrennungsprozessen. Sowohl kurzzeitig erhöhte Werte wie auch eine langfristige Exposition gegenüber Feinstaub führen zu vermehrtem Auftreten von Krankheiten der Atemwege und des Herzkreislaufsystems in der Bevölkerung, wobei Personen mit vorbestehender Krankheit, Kinder und ältere Personen besonders gefährdet sind. Auch die Häufigkeit von vorzeitigen Todesfällen nimmt bei höheren Luftschadstoffkonzentrationen zu. In der Schweiz sterben jedes Jahr ca. 2800 Personen vorzeitig an den Folgen der Luftverschmutzung im Freien, wobei Holzfeuerungen während der kalten Jahreszeit eine bedeutende und lokal möglicherweise auch dominierende Quelle von Feinstaub darstellen. Holzrauch enthält zudem relativ hohe Konzentrationen an krebsauslösendem Russ.

Gesetzliche Vorgaben für Schadstoffemissionen gibt es lediglich für neue Holzfeuerungen, und die Schadstoffemissionen sind bei der Installation von Elektrofiltern entsprechend niedrig. Problematisch sind deshalb vor allem alte Holzöfen oder Cheminées, die nicht über moderne Filter verfügen. Bei bestehenden kleineren Anlagen ist für den Betrieb nur ein Grenzwert für Kohlenmonoxid festgelegt. [-]

Ein Teil der zukünftigen Stromproduktion wird durch v.a. gasbetriebene WKK-Anlagen und Gaskraftwerke erfolgen. Diese erhö-

hen im Vergleich zur Nutzung von Kernkraft oder erneuerbaren Energieträgern die Luftschadstoffbelastung mit Stickoxiden und damit die Bildung von Ozon, welches zu Atemwegs- und Kreislauferkrankungen führen kann. Die Förderung von Gas mittels Fracking könnte zur zusätzlichen Belastung der Luft mit Feinstaub führen, was bei allfälliger Zunahme der Bedeutung dieser Fördermethode problematisch werden kann. [-]

Unfall: Bei Solaranlagen können im Falle von Bränden giftige Substanzen freigesetzt werden. In einem grossangelegten Projekt in Deutschland wurde dazu ein Leitfaden erarbeitet.¹⁹ Auch bei Unfällen in anderen Energieanlagen können schädliche Substanzen in die Umwelt gelangen. [-]

Mögliche Massnahmen

Bestehende Technik: Holzfeuerungen: Emissionsvorschriften für neue und ältere Anlagen verschärfen nach bestem Stand der Technik (moderne vollautomatische Pelletheizungen erzielen gute Emissionswerte und schliessen die Gefahr hoher Emissionen durch falsche Bedienung aus) und entsprechend kontrollieren; Sanierung alter Anlagen (Ausrüsten mit Technologien zur vollständigen Verbrennung der VOC und Elektrofiltern). In Kleinanlagen sollte ausschliesslich trockenes naturbelassenes Holz, möglichst ohne Rindenanteile verbrannt werden. Vorschriften über Abgasverluste und Mindestanforderungen an den Wirkungsgrad einführen nach bestem Stand der Technik. Die Bauvorschriften für Holzöfen sollten laufend den besten verfügbaren technischen Möglichkeiten angepasst werden. Die Nutzung von Holz und anderer feste Biomasse sollte vor allem in grossen Anlagen mit hochwirksamer Rauchgasreinigung erfolgen und – wie jede thermische Nutzung von Brennstoffen – möglichst mit Wärme-Kraft-Kopplung verbunden werden (d.h. auch zur Stromproduktion). Für Kleinanlagen, Holzöfen und Cheminées stehen keine kostengünstigen bzw. effizienten Filteranlagen zur Verfügung, weshalb diese nicht als «Heizsysteme» eingesetzt werden sollten.

8) Erholungswert Landschaft

Windanlagen verändern das bestehende Landschaftsbild stark und können zu Lichtreflektionen, Lärmimmissionen und Schattenwurf führen. Je nach Wahrnehmung werden der Landschaftseingriff und damit auch die Auswirkungen unterschiedlich beurteilt. Eine Windanlage kann bei einer entsprechenden Haltung das Landschaftsbild positiv ergänzen und ein lebendiges Element oder eine touristische Attraktion darstellen. Ebenso verbessern zusätzliche Einnahmen für die Gemeinden, sowie direkte und indirekte Beschäftigungseffekte die Akzeptanz und damit die Toleranz gegenüber der Veränderung des Landschaftsbildes. Hingegen wird eine Windanlage dann den Erholungswert der Landschaft reduzieren, wenn diese als störend und nicht als Mehrwert empfunden wird. In diesem Fall reduzieren Windanlagen für die Betroffenen den Erholungswert der Landschaft, können den Stressabbau vermindern und sich dadurch negativ auf die Gesundheit auswirken. Dasselbe gilt für den Ausbau der Infrastruktur für Zufahrten und Unterhalt der Anlagen, sowie für zusätzlich zu errichtende Stromübertragungsleitungen. Auftreten und Stärke von Belästigungs-Empfindungen sind subjektiv und sehr individuell. [-]

¹⁸ Akademien der Wissenschaften Schweiz (2013): Eine Technik im Fokus: Fracking. Potenziale, Chancen und Risiken. Langfassung, 16 S.

¹⁹ www.pv-brandsicherheit.de/; Leitfaden: www.pv-brandsicherheit.de/fileadmin/downloads_fe/Leitfaden_Brandrisiko_in_PV-Anlagen_V01.pdf (S. 148f)

Solaranlagen auf Gebäuden oder Infrastrukturanlagen (z.B. Bahntrassen, Lawinenverbauungen) können zum Teil ebenfalls das Landschaftsbild verändern und zu Lichtreflektionen führen. Allfällige Solar-Freiflächenanlagen ihrerseits prägen das Landschaftsbild sehr stark. [-]

Mögliche Massnahmen

Bestehende Technik: Die Bevölkerung ist bei der Planung von Energieanlagen einzubeziehen. Die Erfahrungen zeigen, dass mit Information und Beteiligung die Akzeptanz zunimmt und die Wahrnehmung von Auswirkungen (z.B. Geräusche von Windkraftanlagen, Zufahrtswege) stark beeinflusst. Auch der spätere Rückbau der Anlagen und Zufahrten ist frühzeitig einzuplanen und zu budgetieren. Besonders gut ist die Akzeptanz, wenn Anlagen im Besitz der Gemeinde sind. Dem Belästigungsempfinden kann ebenfalls durch die Erhöhung der Akzeptanz und durch frühzeitige und möglichst wertfreie Information entgegengewirkt werden.

9) Gesundheitliche Schäden bei der Gewinnung von Rohstoffen

Die Gewinnung von Rohstoffen für die Energieproduktion findet meist im Ausland statt. Die damit verbundenen Gesundheitsprobleme treten am Ort der Produktion auf und somit nicht in der Schweiz, sie sollen hier aber trotzdem erwähnt werden.

Bei der Herstellung von Solarzellen wird meist Silizium (zunehmend aber auch andere Stoffe wie Arsen, Selen oder Kupfer) verwendet, bei Dünnschichtverfahren zwar in reduzierter Menge, aber in der Gasphase, was gesundheitlich problematischer ist. Die Inhalation von reinem Silizium kann Lungen-Karzinome und Krankheiten des rheumatologischen Formenkreises hervorrufen. Bisher wurden bei der Herstellung von Siliziumzellen auch Silber eingesetzt, heute wird die Kupfermetallisierung bevorzugt. Silber wie Kupfer sind im Bergbau hochproblematisch. Über die Bedingungen, unter denen die Bergbauarbeiter leben und arbeiten, ist vieles bekannt und auch veröffentlicht. Für den Abbau von Indium, Tellur, Gallium gilt dasselbe. Der technische Trend zu immer dünneren Grundbestandteilen («Wafern») verringert die spezifische Belastung bei der Gewinnung von Rohstoffen bei der Herstellung von Solarzellen etwas. [-]

Beim Abbau von Uran, einem toxischen Schwermetall, ist das Hauptproblem die Langzeitbelastung der Bevölkerung durch hoch belastetes Grund- und Trinkwasser. Chronische Uran-Belastung kann zu Nierenschäden führen bis hin zum Nierenversagen. Beobachtet wurden auch Fehl- und Missgeburten, höhere Säuglingssterblichkeit, Hirntumore oder Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Im Bergwerk selbst ist die häufigste Krankheit die Lungensilikose durch Feinstaub und Lungenkrebs aufgrund von radioaktivem Radon. In Wiederaufbereitungsanlagen wurden erhöhte Belastungen mit Cäsium, Tritium und hochgiftigem Plutonium beobachtet, mit schwer miss- und fehlgebildeten Kindern als Folge. Der Rückgang der Kernkraftnutzung führt zu weniger Urankonsum und verringert diese Belastung. [+]

Auch bei der Gewinnung von fossilen Brennstoffen fallen die gesundheitlichen Schäden nicht nur beim Endverbraucher bei der Verbrennung an. Erhebliche Schäden an Mensch und Umwelt gehen zu Lasten der Bohrungen, Verarbeitung, Speicherung und des Transportes. Der Rückgang des Verbrauchs von fossilen

Brennstoffen bewirkt eine Verbesserung. [+]

Mögliche Massnahmen

Neue Technik: Handlungsoptionen und -strategien für eine nachhaltigere Gestaltung der Nachfrage- und Versorgungssysteme sollen entwickelt werden. Es braucht Institutionen, welche die weltweite Umsetzung solcher Optionen unterstützen.²⁰ Wünschbar ist die Einflussnahme durch Schweizer Politik und Photovoltaik-Industrie auf den Rohstoffhandel mit dem Ziel von arbeitsmedizinisch korrekten Bedingungen in den Minengebieten, dazu auch internationale Kontrollen z.B. durch die ILO. Das Recycling potenziell toxischer Materialien wie Silber, Kupfer, Indium, Tellur und Gallium muss zur qualitativen Sicherstellung der Methoden und Prozesse in der Schweiz erfolgen oder nachprüfbar Schweizer Standards genügen, ist jedoch technisch noch nicht befriedigend gelöst. Die Produktionskette von in der Schweiz verwendeten Rohstoffen sollte rückverfolgt werden können. Wichtig ist auch die Anwendung von arbeitshygienischen Massnahmen und deren Kontrolle.

C) Effizienzsteigerung bei der Energienutzung

Kostenschätzungen

In der Studie des Bundes²¹ zu den volkswirtschaftlichen Auswirkungen der Energiestrategie 2050 wurden bezüglich Gesundheit die externen Kosten des Verkehrs (Unfälle, Lärm, Luftbelastung, Klimafolgen) und bei der Strom- und Wärmeproduktion die Folgeschäden durch die Luftbelastung abgeschätzt. Die weiteren Kostenbereiche, insbesondere Klima-Externalitäten und Nuklearrisiken, sind gemäss Studie «unbedeutend oder schwer quantifizierbar». Weiter stellt die Studie fest, dass «im Vergleich zu den externen Kosten die externen Nutzen der Energieversorgung (und des Verkehrs) vernachlässigbar sind». Die entsprechenden Kostenschätzungen werden, soweit sie Aussagen im Gesundheitsbereich zulassen, in den betroffenen Rubriken aufgeführt. Die externen Gesundheitskosten des Verkehrs werden beim Lärm, bei der Luftbelastung und bei den Klimafolgen jeweils in einer ähnlichen Grössenordnung (1,5–2 Mrd. CHF pro Jahr) geschätzt.²² Diese Zahlen zeigen die Grössenordnung der Auswirkungen. Die Wirkung der Massnahmen der Energiestrategie auf diese Auswirkungen kann mit den vorhandenen Kenntnissen nicht quantifiziert werden.

1) Luftschadstoffe

Die Effizienzsteigerung bei der Energienutzung führt meist zu einer Reduktion der Luftschadstoffe, z.B. aufgrund der Reduktion des Treibstoffverbrauchs von Fahrzeugen, dem effizienteren Einsatz von Transportmitteln, der Abwärmenutzung für die Beheizung von Gebäuden oder einfach durch den Ersatz von veralteten Technologien. Entsprechend sind positive Auswirkungen auf die kardio-respiratorische Gesundheit, eine Abnahme der Krebserkrankungen sowie eine Zunahme der Lebenserwartung

20 Seltene Metalle – Rohstoffe für Zukunftstechnologien. Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften SATW, Schrift Nr. 41, November 2010.

21 In: Ecoplan, 2012: Energiestrategie 2050 – volkswirtschaftliche Auswirkungen. Bern, Bundesamt für Energie.

22 In: Ecoplan / Infrast, 2014: Externe Effekte des Verkehrs 2010. Bern, Bundesamt für Raumentwicklung. www.are.admin.ch/dokumentation/publikationen/00015/00557/index.html?lang=de

zu erwarten. Auch das Wohlbefinden wird positiv beeinflusst. Die positiven Effekte werden jedoch teilweise kompensiert, wenn die Effizienzsteigerung und der geringere Verbrauch zu einer Erhöhung der konsumierten Leistung führen, also z. B. beim Verkehr die Zahl der gefahrenen Kilometer oder die Grösse und Anzahl der Wagen erhöht wird oder im Haushalt Grösse und Anzahl der TV-Bildschirme erhöht und diese wegen des angeblich bescheidenen Verbrauchs im Stand-by-Betrieb gelassen werden (so genannter *Rebound-Effekt*). **[+]**

Kostenschätzungen: Die externen Gesundheitskosten durch die Luftbelastung wurden für die Schweiz in einer Studie für das Jahr 2009 auf insgesamt 5,5 Mrd. CHF im Strassen- und Schienenverkehr und auf 0,1 bis 1,3 Mrd. CHF bei der Strom- und Wärme-gewinnung geschätzt.²³ Diese Kosten liegen etwas höher als in europäischen Studien.^{24, 25}

Im Verkehr werden die externen Gesundheitskosten (Unfälle, Lärm, Luftbelastung) beim Personenverkehr pro Personenkilometer auf ca. 4–6 Rp. auf der Strasse und 0,5–0,8Rp. auf der Schiene geschätzt, d. h. auf der Schiene ca. 5–10 mal tiefer, beim Güterverkehr pro Tonnenkilometer auf ca. 8 Rp. auf der Strasse (für Lastwagen; für Lieferwagen höher, für Sattelschlepper kleiner) und 0,7–0,9 Rp. auf der Schiene geschätzt, d. h. auf der Schiene ca. 10 mal tiefer. Die Verkehrsverlagerung von der Strasse auf die Schiene hätte gemäss diesen Zahlen sowohl im Personen als auch im Güterverkehr einen starken positiven Effekt.

Mögliche Massnahmen

Bestehende Technik, schwierige Umsetzung: Um dem «Rebound»-Problem (Kompensation von Effizienzsteigerung durch Mehrkonsum aufgrund der tieferen Kosten) aus dem Weg zu gehen, muss gleichzeitig auch eine Reduktion der gesamten genutzten Energiemenge angestrebt werden. Vor allem bei der Mobilität ist daher das Ziel – in Übereinstimmung mit der Energiestrategie – die Zahl der gefahrenen Kilometer und den durchschnittlichen Schadstoffausstoss pro gefahrenen Kilometer zu halten oder zu reduzieren, ebenso wichtig. Wird die Energieeffizienz über Preiserhöhungen beim Treibstoff gefördert, so ist zu erwarten, dass der Kompensationseffekt weitgehend wegfällt (die Kosten für die gleiche Leistung bleiben ähnlich), während dies bei Effizienz-Förderung allein durch technische Vorschriften nicht der Fall ist (die Kosten für die gleiche Leistung sinken).

2) Lärm

Der Strassenverkehr ist mit Abstand die wichtigste Lärmquelle in der Schweiz.²⁶ Tagsüber ist jede fünfte und in der Nacht jede sechste Person an ihrem Wohnort schädlichem oder lästigem Strassenverkehrslärm ausgesetzt.²⁷ Gesundheitliche Auswirkungen einer chronischen Lärmbelastung sind nachgewiesen. Kri-

tisch ist vor allem die Lärmbelastung während der Nacht (siehe *Verweis zum Lärmkapitel in Abschnitt A*).

Während die Fahrzeuge generell leiser betrieben werden können und mit dem Einsatz von Elektrofahrzeugen die Lärmbelastung mindestens bei tiefen Geschwindigkeiten deutlich abnimmt, führt auch beim Verkehrslärm die Zunahme bei der Mobilität und der Trend zu grösseren und schwereren Fahrzeugen zumindest teilweise zu einer Kompensation. Das Ziel der Energiestrategie, die Mobilität zu reduzieren, führt also beim Lärm zu einer Entlastung. **[+]**

Zu beachten ist bei E-Mobilen auch die Entwicklung mit künstlichen Geräuschen, die den Effekt der Lärminderung durch den Einsatz von E-Mobilen teilweise wieder aufheben könnte. Die Energiestrategie wird mit einer Verlagerung des Verkehrs von der Strasse auf die Schiene verbunden sein. Eine wachsende Bedeutung des Schienenverkehrs für Güter und Personen kann zu einer erhöhten Lärmbelastung entlang des Schienennetzes führen, insbesondere in der Nacht. **[–]**

Im Gegenzug bedeutet die Verlagerung eine Entlastung des Strassenverkehrsnetzes und reduziert die Belastung durch Strassenverkehrslärm, bzw. bremst die durch Mehrverkehr und grössere Fahrzeuge bedingte Zunahme.

Kostenschätzungen: Die gesundheitlichen Folgen der Lärmbelastung in der Schweiz durch den Verkehr liegen ähnlich hoch wie die Folgen durch die Luftbelastung.^{22, 28}

Mögliche Massnahmen

Bestehende Technik: Mit entsprechenden Massnahmen (Fahr-gestelle, Bremssysteme, Lärmschutzeinrichtungen) können die Lärmemissionen des Schienenverkehrs, insbesondere des Güterverkehrs stark reduziert werden. Massnahmen zur Reduktion der Emissionen an der Quelle sind besonders effizient. Falls das nicht möglich ist, ist eine Dämmung auf dem Ausbreitungsweg nötig. Schalldichte Fenster bieten wirksamen Schutz.

Verkehrsberuhigende und vermindernde Massnahmen, welche die Umlagerung von der Strasse auf die Schiene begleiten, können eine Kompensation der Lärmverminderung durch Mehrverkehr verhindern.

3) Elektromagnetische Felder

Elektrofahrzeuge produzieren weniger Luftschadstoffe, weniger Lärm und benötigen weniger Energie. Sie können aber auch zu neuen Quellen von EMF werden und führen. Als Beispiel seien neue Technologien, wie der kabellose Energietransfer zum kontaktlosen Aufladen der Akkus von Elektrofahrzeugen, erwähnt. **[–]**

23 In: Ecoplan, 2012: Energiestrategie 2050 – volkswirtschaftliche Auswirkungen. Bern, Bundesamt für Energie.

24 NEEDS (2009) External costs from emerging electricity generation technologies.

25 CASES (2008) External costs database.

26 Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2009) Lärmbelastung in der Schweiz: Ergebnisse des nationalen Lärmmonitorings SonBase [Noise annoyance in Switzerland: Results of the national noise monitoring SonBase]. Bern, Switzerland: Bundesamt für Umwelt (BAFU).

27 Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2014). Lärmbelastung durch Strassenverkehr in der Schweiz. Zweite nationale Lärmberechnung, Stand 2012. Umwelt-Zustand Nr. 1406.

28 In: Ecoplan (2012) Energiestrategie 2050 – volkswirtschaftliche Auswirkungen. Bern, Bundesamt für Energie.

Lösung

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, diese Felder zu minimieren und abzugrenzen.²⁹

4) Gesundheitsnutzen und -risiken beim Langsamverkehr

Es ist davon auszugehen, dass der Langsamverkehr (Fuss- und Veloverkehr) mit der Energiewende an Bedeutung gewinnen wird. Körperliche Aktivität hat einen positiven Effekt auf die Gesundheit, indem sie das Risiko für Herz-Kreislauf- und diverse weitere Krankheiten reduziert und die Lebenserwartung erhöht. Allerdings ist insbesondere bei einer Zunahme des Veloverkehrs mit zusätzlichen Unfällen zu rechnen. **[+]**

Kostenschätzungen: Der gesundheitliche Nutzen des Langsamverkehrs in der Schweiz wird auf rund 1.3 Mrd. CHF geschätzt³⁰ (diese Angabe gilt für die Wirkung insgesamt und bezieht sich nicht auf die Folgen der Energiestrategie).

Mögliche Massnahmen

Bestehende Technik, schwierige Umsetzung: Dem Langsamverkehr kommt nicht nur bezüglich Energienutzung, sondern auch hinsichtlich Verkehrsplanung, Gesundheit und Lebensqualität eine bedeutende Rolle zu. Fördermassnahmen sind daher breit abzustützen und reichen von Raumplanung über Infrastrukturmassnahmen bis zu Informationskampagnen. Insbesondere strassenbauliche Massnahmen müssen auf alle Verkehrsteilnehmer abgestimmt sein. Die Verbesserung der Sicherheit der Fussgänger und Velofahrer spielt dabei eine zentrale Rolle (z.B. Fussgängerzonen, Radwege, getrennte Geh- und Velofahrspuren). Einerseits gilt es, das Unfallrisiko so gering wie möglich zu halten, andererseits ist die subjektiv wahrgenommene Unfallgefahr für viele Menschen ein Grund, nicht häufiger zu Fuss oder mit dem Velo unterwegs zu sein. Insbesondere bei erfolgreichen Infrastrukturmassnahmen gehen daher Langsamverkehrsförderung und Verbesserung der Sicherheit Hand in Hand.

D) Stromnetz und Stromspeicherung

1) Pumpspeicherwerke

Pumpspeicher sind Grossspeicheranlagen. Sie machen heute 99 Prozent der weltweiten Speicherkapazitäten aus. Der Bedarf an Stromspeicherkapazität wird in der Schweiz mit der Energiestrategie zunehmen. Wie gross der zusätzliche Bedarf an Grossspeicheranlagen ist, hängt davon ab, wie lokal Energieproduktion und -speicherung erfolgen werden.³¹

Die sich in Pumpspeicherbecken ablagernden Schlämme müssen von Zeit zu Zeit entsorgt werden, sie enthalten jedoch, je nach umliegenden Quellen, auch durch Ablagerungsprozesse

eingetragene Schadstoffe. Durch einfaches Ausschwemmen z.B. gelangen diese Schadstoffe in die betroffenen Gewässer und deren Umgebung. **[-]**

Unfälle: Pumpspeicher wie auch andere Staubecken bergen aufgrund des Energiegehalts des gespeicherten Wassers eine erhebliche Unfallgefahr. Der Bruch einer Staumauer wäre eine unvorstellbare Katastrophe. Spontane (langsame) Erdbewegungen, Erdbeben oder terroristische Anschläge (sofern diese tatsächlich zu einem Dambruch führen) könnten einen Staumauerbruch herbeiführen. Weil die mit einem solchen Ereignis verbundenen Folgen sehr schwerwiegend wären, wird der Überwachung von Staumauern grosses Gewicht beigemessen. Im Gebirgsraum sind auch Sturzwellen (Überschwappen der Staumauer) durch Felsstürze oder Murgänge in einen Stausee möglich. Deren Folgen sind, sofern die Staumauer dem Druck standhält, weniger gravierend als bei einem Bruch der Staumauer. **[-]**

Allerdings bestehen die meisten Pumpspeicherwerke bereits oder sind im Bau, so dass die ES 2050 keine wesentliche Veränderung bewirkt.

Mögliche Massnahmen

Bestehende Technik: Wichtig sind eine gute Wartung der Staumauer und eine Überwachung der Umgebung bezüglich möglicher Erdbewegungen. Da überraschende Ereignisse nicht ausgeschlossen werden können, braucht es eine gute Katastrophenplanung und Warnsysteme. Dies ist bereits heute weitgehend der Fall.

Ablagerungsschlämme in Speicherbecken müssen auf ihren Schadstoffgehalt untersucht und entsprechend fachgerecht entsorgt werden.

2) Stromspeicher

Zur Zeit werden auch alternative Speichermöglichkeiten entwickelt oder geprüft. Das sind z.B. Druckluftspeicher sowie zahlreiche Batterietypen. Risiken (s. auch Detailblatt Energiespeicherung respektive «Energiespeicher in der Schweiz – Bedarf, Wirtschaftlichkeit und Rahmenbedingungen im Kontext der Energiestrategie 2050». Bundesamt für Energie BFE. 2013.). Diskutiert werden auch Superkondensatoren, Schwungräder, Power-to-Gas oder elektrochemische Energiespeicherung. Auch damit können gesundheitliche Risiken verbunden sein, und zwar nicht nur bei Unfällen sondern allenfalls auch im Normalbetrieb.

²⁹ Laboratory of Electromagnetic Fields, ETHZ (2014) Wireless Power Transfer für Elektrofahrzeuge – Eine Literaturstudie, 53 S. www.bafu.admin.ch/elektrosmog/13893/15155/15172/index.html?lang=de

³⁰ In: Ecoplan/Infras (2014) Externe Effekte des Verkehrs 2010. Bern, Bundesamt für Raumentwicklung. www.are.admin.ch/dokumentation/publikationen/00015/00557/index.html?lang=de

³¹ Bundesamt für Energie (BFE) (2013) Energiespeicher in der Schweiz – Bedarf, Wirtschaftlichkeit und Rahmenbedingungen im Kontext der Energiestrategie 2050.

3) Elektromagnetische Felder

Der Um- und Ausbau der elektrischen Netze ist Teil der Energiestrategie. Das Stromnetz der Schweiz wurde zu einem grossen Teil vor über 40 Jahren erstellt. Mit der Verdreifachung des Stromverbrauchs in den letzten fünf Jahrzehnten und dem zunehmenden internationalen Stromaustausch gelangt es schon heute regelmässig an seine Leistungsgrenzen. Es genügt den Anforderungen nicht mehr, und ein Netzausbau ist mit oder ohne Energiestrategie unumgänglich. Insbesondere bedeutet der erforderliche Netzausbau eine Erhöhung der Strahlenbelastung an davon betroffenen Standorten. Diese hat potenziell negative Wirkungen auf die Gesundheit. Zusätzliche Hochspannungsleitungen sind kaum zu vermeiden.

Nebst dem Netzausbau erfordert die Energiestrategie aufgrund der Zunahme an schwankender Energieerzeugung aus erneuerbaren Energien den Einsatz von «intelligenten Netzen», den sogenannten Smart Grids. Diese intelligenten Steuerungen können die fluktuierende Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Energien sowie den Stromverbrauch ausbalancieren. Die Kommunikation erfolgt meistens drahtlos, was zusätzliche Emissionen von hochfrequenten EMF bedeuten. Da diese Sender aber nicht körpernah betrieben werden, ist die zusätzliche Exposition für die Bevölkerung gering. Andererseits fördern Smart Grids einen effizienten und zuverlässigen Netzbetrieb. Sie tragen dazu bei, den Netzausbaubedarf zu verringern und minimieren damit zusätzliche Expositionen durch niederfrequente Magnetfelder. [-]

Die Veränderung der hochfrequenten EMF-Belastung durch Smart-Technologie wird im Vergleich zu anderen Quellen sehr gering und kaum gesundheitsrelevant sein. Die grösste Bedrohung geht von möglichen «Nocebo»-Phänomenen aus, wenn Leute aus Angst vor einer neuen Expositionsquelle unspezifische Gesundheitsauswirkungen erfahren.

Mögliche Massnahmen

Bestehende und neue Technik: Die geplanten Erneuerungs- und Ausbauarbeiten am Schweizer Hochspannungsnetz bieten die Chance, die Strahlung für die betroffene Bevölkerung zu reduzieren. Dies, indem Freileitungen in genügend grossem Abstand zu Siedlungen errichtet werden. Wenn es dicht besiedelte Gebiete zu durchqueren gilt, können die Leitungen unterirdisch verlegt werden, was die räumliche Ausdehnung der Strahlung im Vergleich zu Freileitungen deutlich verringert. Der Einsatz von Smart Grids vermindert den Bedarf an Strom-Ferntransport über Hochspannungsleitungen und senkt damit die entsprechende niederfrequente Magnetfeldbelastung.

4) Energiehandel

Klimaveränderung und Luftschadstoffe machen nicht Halt vor Grenzen. Im Ausland nimmt die Tendenz zur Energieproduktion mit Kohlekraftwerken zu. Diese emittieren unter anderem Schwefeldioxid, Feinstaub, Stickoxide und Schwermetalle wie z.B. Quecksilber. Da diese Schadstoffe über grosse Distanzen verfrachtet werden können, gefährden sie nicht nur die Gesundheit der Bevölkerung in der Umgebung solcher Kraftwerke, sondern sind auch ein Problem in weiter entfernten Gebieten. [-]

Lösung

Gleiche Anforderungen für den importierten wie den einheimisch produzierten Strom betreffend Emissionen bei der Herstellung wirken sich auch auf die Gesundheit der Bevölkerung in der Schweiz positiv aus.

E) Fazit / Schlussfolgerung

Um die Energiestrategie 2050 möglichst gesundheitsverträglich umzusetzen sollten die verschiedenen Optionen durch eine vergleichende Analyse der gesundheitlichen Folgen verglichen und bewertet werden. Dabei ist es auch wichtig, nicht nur die in diesem Bericht zusammengestellten in der Schweiz anfallenden Folgen, sondern auch die Konsequenzen im Ausland (z.B. Gewinnung der Rohstoffe) zu berücksichtigen. Damit kann vermieden werden, dass die negativen Auswirkungen ins Ausland verlagert werden, respektive einheimische Energiequellen fälschlicherweise schlechter bewertet werden. Während beispielsweise die gesundheitlichen Folgen der Nutzung einheimischer Holzenergie vor allem in der Schweiz anfallen, können vermeintlich «saubere» Energieträger die Gesundheit der Bevölkerung in den Ursprungsländern und entlang den langen Transportwegen erheblich schädigen.

Bei der Umsetzung ebenso zu berücksichtigen sind notwendige Massnahmen, die mögliche negative Effekte verhindern. Ein Beispiel ist der Luftaustausch in Gebäuden, der bei dichteren Gebäudehüllen künstlich verstärkt werden muss und gut geplant werden muss. In Tabelle 1 sind eine ganze Reihe von Massnahmen aufgeführt, die helfen, negative gesundheitliche Effekte bei der Umsetzung der Energiestrategie zu vermeiden.

Die in diesem Bericht beschriebenen und in Tabelle 1 aufgeführten Effekte und Massnahmen können als Checkliste dienen, sie sind jedoch nicht vollständig. Berufsunfälle, die in allen Bereichen geschehen können, sind beispielsweise nicht diskutiert. Es ist dabei oft nicht einfach zu beurteilen, ob beispielsweise Installation oder Betrieb von Ölheizungen oder einer Solaranlage zu mehr Berufsunfällen führt, auch da die Unfälle in anderen Bereichen geschehen (bei Öl eher im Transportbereich, bei der Solaranlage z.B. bei der Montage auf dem Dach).

Entscheidend ist letztendlich aber auch die Feststellung, dass die Anwendung von in diesem Faktenblatt skizzierten Massnahmen zur Vermeidung negativer Gesundheitseffekte auch unabhängig von der Umsetzung der Energiestrategie 2050 sinnvoll ist und zur Verbesserung gesundheitlicher Aspekte in der Schweiz beitragen kann. Es handelt sich also in jedem Fall um so genannte «no-regret»-Massnahmen.

IMPRESSUM

HERAUSGEBER UND KONTAKT

Akademien der Wissenschaften Schweiz
Energiekommission Akademien Schweiz/ProClim
Haus der Akademien | Laupenstrasse 7
Postfach | 3001 Bern
urs.neu@scnat.ch

REDAKTION

Dr. Urs Neu, Esther Volken

PROJEKTLEITUNG

Dr. Martin Rösli, Swiss Tropical and Public Health
Institute (Swiss TPH); Dr. Urs Neu, ProClim;
Dr. Christoph Ritz, ProClim

GRAFIK UND GESTALTUNG

Olivia Zwygart

BILDNACHWEIS

iStock/LSOphoto

DER ARTIKEL ENTSTAND UNTER EINBEZUG BZW.

MIT BEITRÄGEN DER NACHFOLGENDEN EXPERTEN:

Prof. Konstantinos Boulouchos, ETH Zürich
Dr. Peter Burgherr, Paul-Scherrer Institut (PSI)
Dr. Thomas Götschi, Institut für Epidemiologie,
Biostatistik und Prävention (EBPI), Zürich
Prof. Joëlle Goyette-Pernot, Haute école d'ingénierie
et d'architecture de Fribourg (HEIA-FR)
Prof. em. Heinz Gutscher, Universität Zürich
Prof. Stefanie Hellweg, ETH Zürich
Dr. Stefan Hirschberg, Paul-Scherrer Institut (PSI)
Prof. Heinrich Huber, Institut Energie am Bau der
Fachhochschule Nordwestschweiz (IEBau)
Prof. Nino Künzli, Swiss Tropic and Public Health
Institute (Swiss TPH)
Dr. Nicole Mathys, Bundesamt für Raumentwicklung
(ARE)
Dr. Stephanie Moser, Universität Bern
Harry Spiess, Zürcher Hochschule für Angewandte
Wissenschaften (ZHAW)
Gianni Operto, Operto AG

Prof. Hans Rudolf Ott, ETH Zürich
Prof. Jean-David Rochaix, Universität Genf
Prof. Claude-Alain Roulet, EPF Lausanne
Prof. Alexander Wokaun, Paul-Scherrer Institut (PSI)
Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz (AefU)

Erarbeitet von der Energiekommission
der Akademien Schweiz und ProClim

www.akademien-schweiz.ch/factsheets

sc | nat 

Swiss Academy of Sciences
Akademie der Naturwissenschaften
Accademia di scienze naturali
Académie des sciences naturelles

Tabelle 1: Überblick über Gesundheitsaspekte, die von der Energiewende betroffen sind.

Aufgeführt sind die durch die Energiestrategie 2050 zu erwartenden Trends, die entsprechenden Einflussfaktoren, deren gesundheitliche Wirkung, die ungefähre geschätzte relative Bedeutung der Veränderung der gesundheitlichen Wirkungen im Vergleich zur Gesamtwirkung (+: Verbesserung des Gesundheitseinflusses; -: Verschlechterung des Gesundheitseinflusses) sowie Lösungsansätze zur Minderung negativer Effekte. Es ist zu beachten, dass nicht alle Effekte gleich bedeutend sind. Auf eine Quantifizierung wurde aufgrund der grossen Unsicherheiten verzichtet

Trends	Einflussfaktor	gesundheitliche Aspekte*		Lösungsansätze
A) Gebäudebereich				
Dichtere Gebäudehülle	Radon	Erhöhung Lungenkrebsrisiko, evtl. andere karzinogene Effekte	-	- Bessere Dichtung gegen den Boden bzw. Kellerräume - Radondrainage - Gute Lüftung
	Innenraum-Luftschadstoffe	Kanzerogenität, Beeinträchtigung Wohlbefinden, Auftreten «Gebäudekrankheit» ³²	-	- Vermeidung möglicher Schadstoffquellen (Verwendung von giftfreien Farben, Baustoffen, Materialien) - Gutes Lüftungskonzept - Gute Wartung technischer Lüftungssysteme
	Aussenraum-Luftschadstoffe	Weniger kardiorespiratorische und Krebserkrankungen durch geringere Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle, Zunahme Lebenserwartung	+	Bei Lüftungsanlage: Gute Filter
	Innenraumhygiene	Mehr Atemwegserkrankungen, Allergien, Ekzeme; Beeinträchtigung Wohlbefinden und Gesundheit durch Schimmelpilz	-	- Bei Renovationen: Verhinderung von Kältebrücken - Gut gewartetes Lüftungssystem - Korrektur Einsatz, Kontrolle und Wartung von Luftbefeuchtern
		Beeinträchtigung Wohlbefinden durch Hausstaubmilben und Tierhaare	-	Gut gewartetes Lüftungssystem
Passive Nutzung der Sonnenstrahlung (grössere Fenster)		Beeinträchtigung Wohlbefinden durch zu hohen Luftaustausch und zu geringe Luftfeuchtigkeit	-	- Korrekte Lüftung - Korrekte Wartung von Luftbefeuchter und Klimaanlage
	Lärm	Beeinträchtigung Wohlbefinden und Schlaf durch Lüftungsgeräusche	-	Entwicklung und Einsatz von geräuscharmen Lüftungen
		Reduktion von Beeinträchtigung und kardiovaskuläre Erkrankungen durch verbesserte Gebäude-, insbesondere Fensterisolation	+	
	Elektromagnetische Felder	Höhere Belastung durch Mobilfunkstrahlung aufgrund höherer Sendeleistung der Mobilfunkgeräte (wegen stärkerer Abschirmung zu Antennen)	-	- Reduzierter Mobilfunkgebrauch - Verwendung von Festnetztelefonen
		Reduzierte Belastung durch hochfrequente Strahlung von aussen infolge höherer Dämpfung durch die Gebäudehülle	+	
Zunahme erneuerbarer Energie	Licht	Beeinträchtigung bei direkter Sonneneinstrahlung möglich	-	Installationen für ausreichende Beschattung
		Steigerung des Wohlbefindens durch Helligkeit und Zunahme von Sonnenlicht	+	
B) Zunahme erneuerbarer Energie				
Mehr erneuerbare Energie (weniger Emissionen)	Luftschadstoffe, Feinstaub	Reduktion kardiorespiratorischer und Krebserkrankungen, Zunahme Lebenserwartung	+	Bei Biomasse-Verbrennung (Holzheizung) ist auf gute Feinstaubfilterung zu achten (sonst evtl. negativer Effekt)

Zunahme Nutzung Geothermie	Erdbeben durch Fracking	Beeinträchtigung Wohlbefinden, evtl. Auftreten von Verletzungen, Traumata	-	• Etappenweise Stimulierung von kleineren Gesteinsvolumina • Vermeidung der Nähe zu Bruchzonen
	Lärm und Feinstaubbelastung durch Quarzsande	Beeinträchtigung Wohlbefinden durch Bau- und Bohrphasen	-	• Vorwarnung von AnwohnerInnen beim Bau grosser Energieproduktionsanlagen • Bestmögliche Baulärmreduktion
		Beeinträchtigung Wohlbefinden durch Lärm von nicht sachgemäss installierten Wärmepumpen		• Sachgemässe Installation von Wärmepumpen
	Toxische und aggressive Substanzen im zirkulierenden Wasser	Auftreten von Vergiftungen beim Bau oder Trinkwasserkonsum	-	• Verzicht auf den Einsatz von Stützmitteln und Chemikalien • Abdichtung der wasserführenden Schichten • Umweltverträglichkeitsprüfung ist zentral bei der Planung • Möglichst geschlossene Wasserkreisläufe
	Gasaustritt aus Bohrloch	Explosionsgefahr	-	• Kontinuierliche Überwachung der Luft im Bohrloch
Zunahme Nutzung Windenergie		Belästigung, Störung Wohlbefinden (z.B. Schlafstörungen)	-	• Reduzierter Nachtbetrieb von Windanlagen • Platzierung abseits von Wohngebieten • Partizipationsmöglichkeiten nutzen
Zunahme Wind/Solaranlagen	Veränderung Landschaftsbild	Geringeres Erholungspotenzial, Störung Wohlbefinden durch Windanlagen	-	• Optimale Wahl der Lage und Ausrichtung • Partizipationsmöglichkeiten nutzen
Zunahme Solaranlagen	Lichtreflektion (v.a. Fassaden)	Belästigung, Störung Wohlbefinden	-	• Optimale Wahl der Lage und Ausrichtung • Verwendung von reflexionsarmen Materialien
	Elektromagnetische Felder	Höhere Belastung durch niederfrequente Magnetfelder im Wohnbereich	-	• Ausreichende Distanz zwischen Wechselrichter und Wohnraum • Geeignete Leitungsführung
Zunahme Biomasse und Holzfeuerungen	Luftschadstoffe, Feinstaub	Schädliche kardiorespiratorische Wirkungen, Krebserkrankungen, Reduktion der Lebenserwartung	-	• Emissionsvorschriften • Sanierung alter Anlagen • Verwendung von Filteranlagen oder Rauchgasreinigung (möglichst mit Wärme-Kraft-Kopplung verbunden)
Zunahme fossile Stromproduktion (WKK)	Luftschadstoffe, Feinstaub	Schädliche kardiorespiratorische Wirkungen, Krebserkrankungen, Reduktion der Lebenserwartung	-	• Emissionsvorschriften für neuere und ältere Anlagen • Sanierung alter Anlagen • Verwendung von Filteranlagen oder Rauchgasreinigung
Abnahme Nutzung Kernenergie	Unfallrisiko	Reduktion für Risiko von Strahlenkrankheiten, Tod, Krebs, kardiorespiratorische Wirkungen werden reduziert	+	• Verwendung von Filteranlagen oder Rauchgasreinigung
	Ionisierende Strahlung	Krebserregende Wirkung durch radioaktive Stoffe	+	
Gesundheitsschäden bei der Rohstoffgewinnung	Solarzellenherstellung	Lungen-Karzinome durch Siliziuminhalation, rheumatische Krankheiten, Beeinträchtigung physisch und psychisches Wohlbefinden durch unzumutbare Arbeitsbedingungen im Bergwerk	-	• Installation weltweiter Institutionen • Einflussnahme Schweizer Politik und Photovoltaikindustrie auf den Rohstoffhandel • Internationale Kontrollen • Transparenz in der Rückverfolgung der Produktionsketten
	Weniger Uranabbau	Abnahme von: Lungensilikose, Lungenkrebs, Fehl- und Missgeburten, Hirtumoren, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Beeinträchtigung Wohlbefinden durch Arbeitsbedingungen	+	• Installation weltweiter Institutionen • Einflussnahme Schweizer Politik auf den Rohstoffhandel • Internationale Kontrollen • Ausstieg aus der Atomenergie
	Weniger Erdölgewinnung	Weniger Vergiftungen, Brände, Trinkwasserverschmutzung, Nahrungsmittelverschmutzung	+	

C) Effizienzsteigerung beim Energieverbrauch				
Reduktion Stromverbrauch (Geräte, Maschinen)	Luftschadstoffe	Reduktion kardiorespiratorischer und Krebserkrankungen, Zunahme Lebenserwartung und Wohlbefinden (je nach Art der Erzeugung, die reduziert wird)	+	
	Elektromagnetische Felder	Abnahme der möglicherweise kanzerogenen Wirkung (durch Reduktion Stromtransport)	+	
Einsatz neuer Materialien in Anlagen und Geräten	Toxizität	mögliche toxische oder andere gesundheitliche Wirkungen (z. B. Metalle, seltene Erden, Nanomaterialien)	-	• Untersuchung der gesundheitlichen Wirkung neuer Materialien • Vermeidung der Freisetzung von toxischen Substanzen (Konstruktion, Recycling)
Reduktion Verbrauch von fossilen Brenn- und Treibstoffen	Luftschadstoffe	Reduktion kardiorespiratorischer und Krebserkrankungen, Zunahme Lebenserwartung	+	
Mehr Elektroautos	Lärm (Reduktion bei tiefen Geschwindigkeiten)	Zunahme Wohlbefinden, Abnahme Schlafstörungen, Abnahme kardiovaskuläre Erkrankungen	+	
	Weitere Faktoren (Luftschadstoffe u. a.)	Abhängig von der Art der Stromproduktion (Verlagerung der Emission vom Auto zum Ort der Stromproduktion)		
Wachsende Bedeutung der Bahn	Lärm in der Nacht	Abnahme Wohlbefinden, Zunahme Schlafstörungen, Zunahme kardiovaskuläre Erkrankungen; Gleichzeitig Reduktion des motorisierten Individualverkehrs und entsprechende Lärmabnahme	-	• Emissionsarme Fahrgestelle, Bremssysteme im Güterverkehr • Lärmschutzeinrichtungen
Effizienterer Einsatz von Transportmitteln	Luftschadstoffe (Emissionen und Abrieb)	Abnahme kardiorespiratorische und Krebserkrankungen, Zunahme Lebenserwartung	+	
Förderung Langsamverkehr	Zunahme physische Aktivität	Reduktion von Herz-Kreislauf- und weiteren Krankheiten, Abnahme Übergewicht, Erhöhung Lebenserwartung Gefahr von mehr Verkehrsunfällen	+	
			-	
D) Zunahme Verteilung und Speicherung				
Mehr (Pump-)Speicherkraftwerke	Schlammlagerungen mit Schadstoffen, Dammbruch, Tsunamis durch Murgänge	Verschmutzung Trinkwasser Verletzungen, Mortalität	-	• Wartung von Staumauern • Überwachung der Umgebung bzgl. Erdbewegungen • Katastrophenplanung und Warnsysteme • Untersuchung auf Schadstoffgehalte und fachgerechte Entsorgung von Ablagerungsschlämmen
Zunahme alternative Speicherung (chem./Batterien)	Umweltbelastung mit Schwermetallen, Unfälle	Gefahr durch Toxizität, Verletzungen, Mortalität	-	• Sicherheitsvorkehrungen bzgl. Austritt von Schadstoffen und Unfallgefahr
Veränderung Stromnetze	Ausbau Hochspannungsleitungen	Höhere Belastung durch nieder-frequente Magnetfelder, mögliche Erhöhung Kinderleukämie, Beeinträchtigung subjektives Wohlbefinden	-	• Genügend Abstand der Freileitungen zu Siedlungen • Unterirdische Verlegung in Siedlungen
Smart Grids	Elektromagnetische Felder durch Funkanwendungen	Höhere Belastung durch hochfrequente Strahlung	-	• Einsatz emissionsarmer Technologien für die Netzsteuerung • Intelligente Regelung der Sendeleistung • Emissionsarme Technologien inkl. Beschränkung der Betriebszeiten der Funkanwendungen im Innenraum
Import von Strom aus Kohlekraftwerken	Ferntransport von Luftschadstoffen	Schädliche kardiorespiratorische Wirkungen, Krebs, Reduktion der Lebenserwartung	-	• Gleiche Anforderungen für den Import- wie den Inland-Strom betreffend Emissionen bei der Herstellung