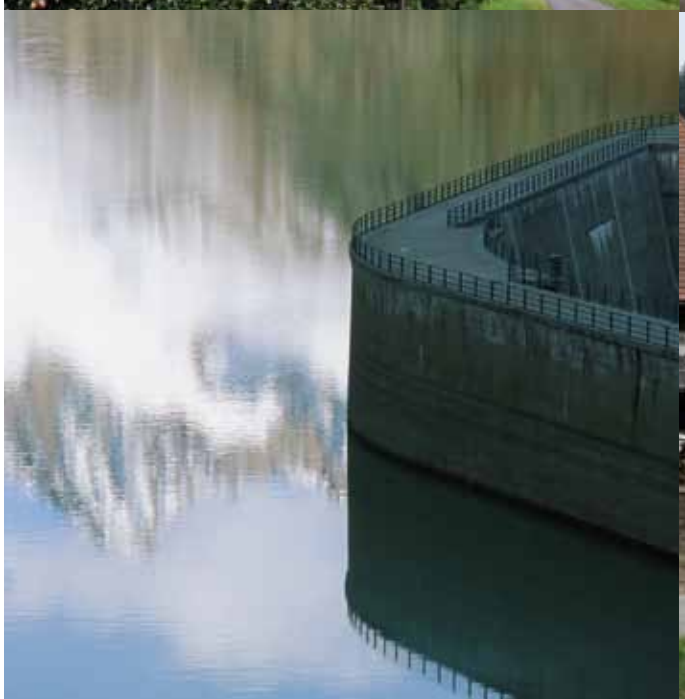
Akademien der Wissenschaften Schweiz
Académies suisses des sciences
Accademie svizzere delle scienze
Academias svizras da las scienzas
Swiss Academies of Arts and Sciences

Lösungsansätze für die Schweiz im Konfliktfeld erneuerbare Energien und Raumnutzung






Impressum

Herausgeberin
Akademien der Wissenschaften Schweiz
Hirschengraben 11, Postfach 8160, 3001 Bern
Tel. 031 313 14 40, Fax 031 313 14 50
www.akademien-schweiz.ch, info@akademien-schweiz.ch
© 2012

Hauptautorinnen und -autoren
Kapitel 4: Alma Sartoris (ehem. IRAP, Hochschule für Technik Rapperswil)
Kapitel 5: Jürg Fuhrer (Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon)
Kapitel 6: Bruno Abegg (Institut für Tourismus- und Freizeitforschung, HTW Chur)
Kapitel 7: Emmanuel Reynard (Institut de geographie et durabilité, Université de Lausanne)

Mitarbeit (Beiträge, Workshopteilnahmen, Kommentare)
Kapitel 2: Hansjörg Leibundgut (Inst. für Hochbautechnik, ETH Zürich), Stefan Nowak (Nowak Energie & Technologie AG), Reto Rigassi (Suisse Eole), Marco Berg (Stiftung Klimarappen)

Kapitel 4: Adeline Bodenheimer (Metron), Jürg Buri (Schweizerische Energiestiftung SES), Raimund Hipp (Amt für Raumplanung TG), Hans Rudolf Egli (Universität Bern), Joachim Kleiner (Hochschule für Technik Rapperswil), Patricia Nigg (Hochschule für Technik Rapperswil), Sigrun Rohde (Landschafts- und Freiraumplanerin, Zürich), Hans-Michael Schmitt (BSLA/Forum Landschaft), Harry Spiess (Inst. für nachhaltige Entwicklung Winterthur – ZHAW), David Stickelberger (Swissolar)

Kapitel 5: Markus Fischer (Inst. für Pflanzenwissenschaften Universität Bern), Rainer Zah (EMPA), Christoph Aeschbacher (Holzenergie Schweiz), Michael Sattler (Oekozentrum Langenbruck), Christine Meier (ZHAW), Daniel Felder (Bundesamt für Landwirtschaft), Ludo van Caenegem (Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon)

Kapitel 6: Margit Moenneke (Hochschule für Technik Rapperswil), Arthur Wellinger (Novaenergie AG), Daniel Wachter (Bundesamt für Raumentwicklung), Lukas Gutzwiller (Bundesamt für Energie), Reto Rigassi (Swiss Eole), David Stickelberger (Swissolar), Fulvio Sartori (Seilbahnen Schweiz), Mario Lütolf (Schweizer Tourismus-Verband), Gaudenz Thoma (Graubünden Ferien), Sabine Perch-Nielsen (Ernst Basler + Partner)

Kapitel 7: Jürg Inderbitzin (Hochschule Luzern), Andreas Rigling (WSL Birmenstorf), Diana Soldo (SLF Davos), Yvan Droz (IHEID Univ. de Genève), Marcel Hunziker (WSL Birmenstorf), Florian Knaus (UNESCO Biosphäre Entlebuch und ITES ETH Zürich), Christine Vannay (Service de l'énergie et des forces hydrauliques canton VS), Reto Rigassi (Suisse Eole), Ueli Stalder (Amt für Gemeinden und Raumordnung Kt. BE), Hannes Jenny (Amt für Jagd und Fischerei Kt. GR), Thomas Egger (Schweiz. Arbeitsgem. für Berggebiete SAB), Madeleine Lerf (Schweizer Berghilfe), Petra Horch (Vogelwarte Sempach)

Projektgruppe
Urs Neu, ProClim– (Projektleitung; Kapitel 1, 6); Barbara Marty, Forum Landschaft (Kapitel 4); Danièle Martinoli/Daniela Pauli, Forum Biodiversität Schweiz (Kapitel 5); Thomas Scheurer, ICAS (Kapitel 7); Christoph Ritz, ProClim– (Kapitel 2)

Wissenschaftliche Begleitgruppe:
Dipl. Ing. Ernst Reinhardt (Raumplanung, Energie, Verkehr, Nachhaltigkeit)
Prof. Franz Oswald (Architektur, Raumplanung)
Markus Maibach (INFRAS, Infrastruktur-, Umwelt- und Wirtschaftsberatung)
Prof. Hansjürg Leibundgut (ETH Zürich, Bautechnik)
PD Irmi Seidl (WSL, Ökonomie, Biodiversität, Landnutzung, Regionalentwicklung)
Dr. Eduard Kiener (Energie)
Yvan Droz (Anthropologie)

Redaktion
Urs Neu, ProClim–

Layout
Esther Volken, ProClim–

Bilder
Titelblatt: Sol-E Suisse AG; Suisse Eole; KWO, Robert Bösch; Christoph Ritz
Kapitelbilder (S. 7, 9, 13, 19, 23, 29, 37, 45, 55, 67): Schweizer Mustermesse, M. Walthard; KWO; Andreas Joos; C. Ritz; Services industriels de Genève SIG; C. Ritz; KWO; Suisse Eole; KWO, R. Bösch; Sol-E Suisse AG; SwissWinds Development GmbH, C. Kull

Ein Projekt der Akademien der Wissenschaften Schweiz, erarbeitet durch die Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT), vertreten durch ProClim– Forum for Climate and Global Change (Projektleitung), Interakademische Kommission für Alpenforschung ICAS, Forum Biodiversität Schweiz sowie das Forum Landschaft.

Inhalt

Vorwort		5
Préface		6
Zusammenfassung		7
1	Einleitung: Ausgangssituation und Problemstellung	9
2	Ausbauszenario für erneuerbare Energien	13
3	Übergreifende Aspekte und Konflikte	19
4	Erneuerbare Energien in Siedlungen und angrenzenden Naherholungsräumen	23
5	Erneuerbare Energien in Land- und Forstwirtschaftsgebieten (inklusive Sömmerungsgebiete)	29
6	Erneuerbare Energien und Tourismus	37
7	Erneuerbare Energien in Natur- und Landschaftsschutzgebieten sowie in unproduktiven Gebieten	45
8	Lösungsansätze zur Konfliktminderung	55
9	Ausblick	67
Anhang zu Kapitel 2: Ausbauszenarien der erneuerbaren Energien		69

Wissenschaft im Dienste der Gesellschaft

Die Akademien der Wissenschaften Schweiz (akademien-schweiz) sind ein Verbund der vier schweizerischen Akademien der Wissenschaften: der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT), der Schweizerischen Akademie der Geistes- und Sozialwissenschaften (SAGW), der Schweizerischen Akademie der Medizinischen Wissenschaften (SAMW) und der Schweizerischen Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW). Sie umfassen weiter das Kompetenzzentrum für Technologiefolge-Abschätzungen (TA-SWISS), Science et Cité und weitere wissenschaftliche Netzwerke.

Die wissenschaftlichen Akademien der Schweiz setzen sich gezielt für einen gleichberechtigten Dialog zwischen Wissenschaft und Gesellschaft ein und beraten Politik und Gesellschaft in wissenschaftsbasierten, gesellschaftsrelevanten Fragen. Sie vertreten die Wissenschaften institutionen- und fachübergreifend. In der wissenschaftlichen Gemeinschaft verankert, haben sie Zugang zu Expertise und Exzellenz und bringen Fachwissen in zentrale politische Fragestellungen ein.

Vorwort

Die Energieproduktion verursacht Konflikte, unabhängig von der Art der betrachteten Energie. Diese Feststellung gilt auch für erneuerbare Energien. Die Diskussionen rund um den Bau von Windparks, z.B. in Sainte-Croix, oder um den Ausbau der Wasserkraftnutzung, z.B. bei der Erhöhung der Grimselstaumauer, zeugen davon.

Die Akademien der Wissenschaften Schweiz, welche die Akademien der Natur-, der Geistes- und Sozialwissenschaften sowie der technischen und der medizinischen Wissenschaften umfassen, haben eine multidisziplinäre Gruppe von Experten versammelt, um die mit der Erneuerung der Energiequellen in der Schweiz verbundenen Konflikte zu analysieren. Diese Erneuerung ist nach den Entscheiden des Bundes, aus der Kernspaltung auszusteigen und in den nächsten Jahren und Jahrzehnten eine Senkung des Verbrauchs fossiler Energieressourcen anzustreben, unumgänglich. Die Prüfung von potenziellen Konflikten in der Entwicklungsphase von Projekten ist ein konkreter Beitrag an die Realisierung einer dynamischen Energiepolitik, welche die Umwelt respektiert und von der Bevölkerung akzeptiert wird.

Der Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energiequellen ist nicht nur eine Quelle potenzieller Konflikte, sondern in zahlreichen Situationen auch ein möglicher Trumpf für Regionen und die Bevölkerung. Diese Synergien werden im Bericht der akademien-schweiz aufgezeigt.

Der Bericht präsentiert eine Reihe von sehr konkreten Empfehlungen, die meisten davon an die Adresse des Bundes. Die vorgeschlagenen Massnahmen dürften dazu beitragen, eine Versorgung mit erneuerbaren Energien unter den bestmöglichen Bedingungen zu schaffen.

Thierry Courvoisier (Präsident SCNAT) und Heinz Gutscher (Präsident akademien-schweiz)

Préface

La production d'énergie génère des conflits, quelle que soit la nature de l'énergie considérée. Cette constation s'applique aussi aux énergies renouvelables. Les discussions entourant le développement de fermes d'éoliennes, par exemple à Sainte-Croix, ou le rehaussement de la barrage hydroélectrique du Grimsel témoignent de cette état de fait.

Les académies des sciences suisses, regroupant les académies des sciences naturelles, humaines techniques et médicales, ont rassemblé un groupe pluridisciplinaire d'experts pour analyser ces conflits dans le cadre du renouvellement des sources énergétiques en Suisse. Ce renouvellement est indispensable suite à la décision fédérale de sortir du fission nucléaire et de réduire la consommation des énergies fossiles dans les années et décennies à venir. L'étude des conflits potentiels en amont des projets est une contribution concrète à la mise en place d'une politique énergétique dynamique, respectueuse de l'environnement et bien acceptée par la population.

Le développement de sources d'énergies nouvelles n'est pas seulement source de conflits potentiels, c'est aussi un atout possible pour des régions ou des populations dans de nombreuses situations. Ces synérgies sont mise en perspectives par le rapport des académies-suisses.

Le rapport propose un nombre de recommendations très concrètes, la plupart à l'intention de la Confédération. Les mesures recommandées contribueront à créer un approvisionement en énergies renouvelables dans les meilleures conditions possibles.

Thierry Courvoisier (président SCNAT) et Heinz Gutscher (président académies-suisses)



Zusammenfassung

Der geplante Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energiequellen führt zu einer zusätzlichen Belastung des Raumes, verbunden mit möglichen Konflikten mit anderen Raumnutzungen wie z.B. dem Natur- und Landschaftsschutz. Um diese Konflikte zu minimieren, empfehlen die akademien-schweiz eine stärkere Koordination auf nationaler Ebene und eine bessere Abstimmung zwischen Energieproduktion und Raumplanung. Drei Massnahmen sehen sie dabei im Vordergrund:

- Der Fläche der Schweiz wird anhand von klar definierten Kriterien – unter Berücksichtigung der Eignung für die verschiedenen Energieformen – in Vorrang-, Reserve- und Ausschlussgebiete für die Energieproduktion aufgeteilt, damit der Ausbau koordiniert und effizient erfolgen kann und wichtige Schutzobjekte erhalten bleiben.

- Der Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien erfolgt gemäss einer rollenden Planung mit Prioritätensetzung. Zuerst werden Gebiete mit hohem Energienutzungs- und geringem Konfliktpotenzial genutzt.

- Durch eine langfristig ausgerichtete und verlässliche Energie- und Raumpolitik erhalten die Betreiber von Energieanlagen die für sie notwendige Planungssicherheit.

Ein starker Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien erfordert eine gute Koordination von Raumplanung und Energiepolitik zwischen Bund, Kantonen und Gemeinden:

- Auf nationaler Ebene braucht es ein griffiges Koordinationsinstrument in der Raumplanung, das die Bedürfnisse der Energieproduktion mit denjenigen anderer Raumnutzungen verbindet und insbesondere auch die Anliegen des Natur- und Landschaftsschutzes berücksichtigt. Als Möglichkeiten bieten sich ein nationaler Sachplan sowie eine Anpassung der bestehenden Planungsinstrumente und die Erarbeitung einheitlicher und nachvollziehbarer Beurteilungskriterien an.

- Die Kantone können die nationale Koordination mitbestimmen, indem sie einheitliche Beurteilungskriterien schaffen und konkrete Vorschläge ausarbeiten, welche Gebiete als Vorrang-, Reserve- oder Ausschlussgebiete zu bezeichnen sind.

- Die Erfahrungen der Gemeinden im Energiebereich sind eine wichtige Grundlage bei der Erarbeitung der nationalen Kriterien. Zudem können die Gemeinden durch eine Anpassung der Bauvorschriften sowie durch ein aktives Engagement im Energiebereich ihren Beitrag zum Gelingen der «Energiewende» leisten.

Der Raum wird in der Schweiz auf ganz verschiedene Weise genutzt. Dementsprechend ergeben sich auch unterschiedliche Schwerpunkte und Konfliktfelder bei der Nutzung der erneuerbaren Energien:

- In den Siedlungsgebieten hat neben der Erdwärme vor allem die Solarenergie ein beträchtliches Potenzial. In einem ersten Schritt gilt es zunächst diejenigen Dach- und Fassadenflächen zu nutzen, die aus Sicht des Denkmalschutzes unproblematisch sind.

- In den Land- und Forstwirtschaftsgebieten ist vor allem die Abfall-Biomasse von Bedeutung, verfügt sie doch über ein Potenzial, das weitgehend konfliktfrei genutzt werden kann. Die Nutzung der Solarenergie auf landwirtschaftlich genutzten Freiflächen sollte möglichst vermieden werden.

- In touristisch genutzten Regionen sind insbesondere die Auswirkungen auf das Landschaftsbild von Bedeutung, die je nach Situation sehr unterschiedlich wahrgenommen werden. Eine klare Differenzierung, in welchen Regionen der Ausbau in erster Linie erfolgen soll, könnte mit der Vermarktung von Energieanlagen als Attraktion massgeblich zu einer positiven Wahrnehmung der Nutzung erneuerbarer Energien durch Touristen beitragen.

- In geschützten oder unproduktiven Gebieten, die zusammen 40 Prozent der Landesfläche ausmachen, sollte die Nutzung erneuerbarer Energien nur sehr zurückhaltend ausgebaut werden. Einzig in Pärken, in denen generell eine nachhaltige Entwicklung angestrebt wird, kann die Nutzung der erneuerbaren Energien grundsätzlich gefördert werden.

Die Umsetzung der im Bericht formulierten Empfehlungen erfordert eine ausführliche, vertiefte Diskussion zwischen allen Beteiligten und die Kompromissfindung in Fragen der Planungskompetenzen (Föderalismus) und starker gegensätzlicher Interessen (Energieproduktion, Landschaftsschutz, etc.).



1 Einleitung: Ausgangssituation und Problemstellung

Das Klimaziel des Bundes (Reduktion der CO_2-Emissionen bis 2050 um 50 Prozent) und der Ausstieg aus der Kernenergie erfordern einen massiven Umbau des heutigen Energiesystems. Es braucht einen Ausbau der erneuerbaren Energien, eine Reduktion des Verbrauchs oder zusätzlichen Import von Energie. Die erneuerbaren Energieformen (Sonnenenergie, Windenergie, Wasserkraft, Biomasse, Geothermie) weisen jedoch zum Teil einen beträchtlichen Flächenbedarf auf und verändern dementsprechend die Landnutzung. Dies hat einen Einfluss auf Arten und Ökosysteme sowie auf das Orts- und Landschaftsbild.

Die Schweiz ist ein stark besiedeltes Land mit wenigen unberührten Flächen. Mit der vermehrten Nutzung der erneuerbaren Energiequellen ist daher auch die Verantwortung verbunden, diesen Ausbau insbesondere räumlich so zu gestalten, dass er die Funktionsfähigkeit der Ökosysteme, seltene oder gefährdete Arten und ihre Lebensräume, die Existenz naturnaher Gebiete sowie das Landschafts- und Ortsbild so wenig wie möglich beeinträchtigt.[1] Konflikte mit anderen Raumnutzungen, z. B. Tourismus, Siedlungsbau oder Landwirtschaft, sollen möglichst klein gehalten werden. In der Raumplanungs-Praxis fehlen zum Teil die Entscheidungskriterien, wo und wie erneuerbare Energiequellen zu nutzen sind. Die Herausforderung besteht deshalb darin, Lösungsansätze für eine nachhaltige und konfliktarme Nutzung des Raumes zu entwickeln und entsprechende Planungsinstrumente zu erarbeiten.

In diesem Zusammenhang stellen sich unter anderen folgende Fragen: Wie kann die Gewinnung CO_2-armer Energie möglichst landschafts- und biodiversitätsschonend vorangetrieben werden, auch im Hinblick auf die Ansprüche zukünftiger Generationen? Wie sollen verschiedene wirtschaftliche, soziale und ökologische Interessen gegeneinander abgewogen werden (z. B. Ausbau der Wasserkraft vs. Gewässer- und Landschaftsschutz; Windenergieanlagen vs. attraktives Landschaftsbild)? Welche Formen der Energienutzung sind für die Schweiz, insbesondere im Alpenraum, am nachhaltigsten? Welche Energieformen sind an welchem Ort besonders verträglich mit der Biodiversität oder dem Landschafts- und Ortsbild? (Lassen sich z. B. historische Ortsbilder erhalten, wenn auf den Dächern Sonnenkollektoren installiert werden?) Wie sollen sich die Landschaften in der Schweiz mit der Nutzung erneuerbarer Energien entwickeln?

Ziele

Mit dem vorliegenden Bericht wollen die Akademien der Wissenschaften Schweiz einen Beitrag leisten, um diese Fragen zu beantworten. Im Zentrum stehen dabei Konflikte und Chancen sowie wechselseitige Einflüsse im Spannungsfeld Verminderung der CO_2-Emissionen/Nutzung erneuerbarer Energien – Raumnutzung/Landschaftsbild/Biodiversität. Vor allem im Hinblick auf die Raumentwicklung sollen Lösungsansätze aufgezeigt werden, die das Konfliktpotenzial minimieren und den

[1] Mönnecke M., Schmitt H.M. 2008: Erneuerbare Energien prägen die Landschaften von morgen. In: Anthos 4-08.

grösstmöglichen Nutzen für die bezeichneten Bereiche generieren. Dabei geht es um integrierende Strategien, die den Ausbau der erneuerbaren Energien und die Raum- und Landschaftsentwicklung miteinander verbinden. Der Bericht konzentriert sich auf folgende Fragen:

- Welches sind Chancen, welches wichtige Konfliktpunkte? Wo gibt es allenfalls Synergien zwischen der Nutzung erneuerbarer Energien und spezifischen Raumnutzungstypen (Siedlungen, Land- und Forstwirtschaft, Tourismus, Natur- und Landschaftsschutz)?

- Wie können diese Konflikte vermindert oder vermieden werden, d.h.
  - welche Energieformen sind mit welchen Raumnutzungstypen am besten vereinbar?
  - welche Grundsätze und Kriterien müssen bei der Planung von Energieanlagen befolgt werden?

- Welche Instrumente, Massnahmen und Empfehlungen in der (Raum-)Planung oder Gesetzgebung tragen zur Konfliktvermeidung bei und ermöglichen eine möglichst optimale Eingliederung von Energieanlagen im Raum?

Die aufgezeigten Lösungsansätze sollen eine Basis bilden für eine vertiefte Diskussion zwischen allen Beteiligten, die notwendig ist, um einen sinnvollen Umgang mit den zahlreichen Interessenskonflikten verschiedenster Art zu ermöglichen.

Eingrenzung der Problemstellung

Der Fokus des Berichts liegt auf den raumrelevanten Aspekten der erneuerbaren Energien. Eine umfassende Gesamtsicht der ganzen Energienutzungsdiskussion ist im Rahmen dieses Berichtes nicht möglich. Insbesondere werden folgende wichtige Aspekte in diesem Bericht nicht diskutiert:

- *Energieeffizienzmassnahmen:* Der Bericht geht von der Annahme aus, dass die Effizienzpotenziale stark genutzt werden (d.h. der heutige Energieverbrauch wird halbiert). Es sind sich alle am Bericht Beteiligten einig, dass Massnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz höchste Priorität zukommt und die erneuerbaren Energieträger primär dafür eingesetzt werden sollten, den Restbedarf an Energie zu decken.

- *Gas-und-Dampf-Kombikraftwerke (GuD-Anlagen) und Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen (WKK-Anlagen):* Sie ermöglichen zwar eine effizientere Energienutzung, werden aber primär mit Erdgas und somit mit einem nicht erneuerbaren Energieträger betrieben. Der Einsatz von Biogas in WKK-Anlagen ist selbstverständlich möglich und wird unter dem Gesichtspunkt der möglichst effizienten Energienutzung vorausgesetzt (siehe oben).

- Die Sinnhaftigkeit sowie Vor- und Nachteile verschiedener *Gesamt-Energiestrategien* (z.B. Anteil Produktion im Inland, Kauf von Anlagen im Ausland, usw.) und weitere gesellschaftspolitische Fragen: Das in diesem Bericht verwendete Ausbauszenario bezieht sich nur auf die erneuerbaren Energien und stellt kein Szenario für die Gesamt-Energieproduktion der Schweiz dar (wie dies zum Beispiel für die BFE-Energieperspektiven der Fall ist). Es soll auch nicht die Entwicklungsrichtung der schweizerischen Energieversorgung vorgeben. Das Ausbauszenario soll vielmehr aufzeigen, wie sich ein starker Ausbau der erneuerbaren Energieträger im Raum auswirken würde und wie ein solcher Ausbau allenfalls umgesetzt werden könnte.

- Die *Kosten* der Energieformen: Die Kosten sind weitgehend abhängig von technologischen, wirtschaftlichen und politischen Entwicklungen, die für die Zukunft schwer abzuschätzen sind. Die möglichen Preisentwicklungen und das politisch-gesellschaftliche Umfeld kommen in diesem Bericht nicht zur Sprache. Diese Thematik wird z.B. in den Energieszenarien des Bundes diskutiert.

Diese Fragen werden in der vor kurzem von den Akademien Schweiz veröffentlichten Studie «Zukunft Stromversorgung Schweiz» aufgegriffen.[2]

Vorgehen

Ausbauszenario

Damit die Diskussion möglichst umfassend dargestellt werden kann, wurde als Grundlage bewusst ein Ausbauszenario gewählt, das einen hohen Ausbaugrad der erneuerbaren Energien vorsieht. Diese Wahl beinhaltet keine Wertung im Vergleich mit anderen möglichen Energieszenarien. Wie wahrscheinlich eine solche Entwicklung ist und welche Voraussetzungen dazu notwendig sind, ist nicht Thema dieses Berichts. Das Ausbauszenario geht zudem von einer bestmöglichen Ausnützung der vorhandenen Spar- und Energieeffizienzpotenziale aus.

Erarbeitung des Berichts

Der Bericht wurde kapitelweise von einzelnen Autorenteams erstellt. Die Texte wurden von den Autorenteams in Zusammenarbeit mit den Verantwortlichen der Projekt-Kerngruppe verfasst. Insgesamt waren rund 50 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie Experten an der Erarbeitung beteiligt. Als Basis der Diskussion diente das in Kapitel 2 und im Anhang beschriebene Ausbauszenario. Die Kapitelinhalte wurden an Workshops diskutiert, in einem Entwurf zusammengefasst und anschliessend in den Review gegeben. Nach der ersten Überarbeitung der Einzelkapitel erfolgte ein Syntheseworkshop, an dem alle Autorinnen und Autoren teilnahmen. Dabei wurde auch das Synthesekapitel (Kapitel 8) entworfen.

Aufbau des Berichts

Die einzelnen Kapitel sind nach Raumnutzungstypen gegliedert und konzentrieren sich auf Konflikte und Chancen, die sich aus der jeweiligen Raumnutzung ergeben. Für ein konkretes Gebiet mit Mehrfachnutzung (z.B. Tourismus in einem Schutzgebiet oder in einer Stadt) müssen alle Kapitel mit den entsprechenden Nutzungen berücksichtigt werden. Zusätzlich wurde vor den raumnutzungsspezifischen Kapiteln ein Kapitel mit der Zusammenfassung der Aussagen eingefügt, die für mehrere oder alle Nutzungstypen zutreffen (Kapitel 3). Diese Aussagen sind in den Einzelkapiteln nicht mehr oder nur in gekürzter Form enthalten. Am Schluss zeigt Kapitel 8 Lösungsansätze zur Konfliktvermeidung auf.

[2] Zukunft Stromversorgung Schweiz, Akademien der Wissenschaften Schweiz, 2012. www.proclim.ch/news?2402



2 Ausbauszenario für erneuerbare Energien

2.1 Einleitung

Dieses Kapitel stellt die Charakteristiken der erneuerbaren Produktionsarten für Strom- und Wärmeenergie kurz vor. Darauf basierend wird ein Ausbauszenario definiert, das als Basis für die Diskussion der Auswirkungen auf den Raum dient. Das gewählte Ausbauszenario geht von einem sehr starken Ausbau der erneuerbaren Energien aus, damit die Chancen und Konflikte der unterschiedlichen Energietypen klar aufgedeckt und erörtert werden können. Es nimmt beispielhaft einen möglichen Mix der erneuerbaren Energien an. Es ist nicht Ziel dieses Berichts, die technischen Aspekte der Energiegewinnung oder die dahinter stehenden gesellschaftspolitischen Annahmen (z.B. Akzeptanz der Geothermie wegen des Erdbebenrisikos beim Bau) zu diskutieren oder zu bewerten. Ohne Verbrauchsszenario ist zudem der Split des Energieverbrauchs und der Energieträger für Mobilität, Wohnen und Arbeit nicht fixiert.

Das Ausbauszenario basiert auf der Annahme, dass die erneuerbaren Energien bis 2050 in der Schweiz eine Energiemenge von 125 TWh/Jahr[3] produzieren, was der Hälfte des heutigen Energieverbrauchs entspricht. Die neue Energiestrategie 2050 des Bundesrates[4] geht von einem Gesamtverbrauch von 135 TWh/Jahr aus, schliesst dabei aber auch fossile Energieträger ein. Ein allfälliger Mehrbedarf, der durch nicht erneuerbare Energien oder durch Importe abgedeckt wird, bleibt in dieser Studie unberücksichtigt, da der Schwerpunkt auf den Chancen und Konflikten liegt, die sich aus dem Ausbau der erneuerbaren Energien im Inland ergeben.

Die Aufteilung der Energienutzung auf die verschiedenen erneuerbaren Energiequellen basiert auf den ambitiösesten Annahmen des Energie Trialog Schweiz.[5] Die für das vorliegende Ausbauszenario erforderlichen Produktionsmengen sind grösser als diejenigen, die in der «Road Map Erneuerbare Energien Schweiz» der SATW[6] ausgewiesen wurden.

Die räumliche Belastung durch den Ausbau hängt unter anderem auch von den verwendeten Technologien und deren zukünftiger Weiterentwicklung ab. Zusätzlich zum Ausbauszenario wird deshalb als Beispiel eine «solarintensives Szenario» dargestellt. Im Gegensatz zum Ausbauszenario wird bei dieser Variante angenommen, die Sonnenenergie auf bebauten Flächen werde maximal genutzt, so dass sich der Druck auf den unbebauten Raum reduziert. Dazu werden z.B. Hybridkollektoren verwendet, die sowohl Strom als auch Wärme erzeugen; die insbesondere im Sommer anfallende Wärme wird saisonal gespeichert und so im Winter nutzbar gemacht.[7] Die solarintensive Variante basiert auf Technologien, die sich zum Teil erst in der Entwicklung befinden.

Hauptbasis der Diskussion ist das Ausbauszenario. Vertiefende Informationen zu den Produktionsarten und zum Ausbauszenario finden sich im Anhang.

---

[3] 1 TWh = 1000 GWh = 1 000 000 MWh = 1 000 000 000 kWh; Analog für die Leistung Watt

[4] Grundlagen für die Energiestrategie 2050 des Bundesrates, 2011. www.proclim.ch/news?1999

[5] Energie-Strategie 2050, Grundlagenbericht; Energie Trialog Schweiz, 2009. www.proclim.ch/news?877

[6] Road Map Erneuerbare Energien, 2006. www.proclim.ch/news?33483

[7] H.J. Leibundgut, «Viagialla CH-Szenarien», 22. Dez. 2010. Der Bericht enthält auch Kostenabschätzungen und weitere Abschätzungen, auf die im vorliegenden Bericht nicht eingegangen wird. www.proclim.ch/news?2421

2.2 Charakteristiken der erneuerbaren Energien

Die Nutzung erneuerbarer Energiequellen stellt eine Wertschöpfung dar. Sie steigert den Ertrag des genutzten Raumes und hat daher insbesondere für strukturschwache Regionen wirtschaftliche Bedeutung. Andererseits kann diese Nutzung die Natur und die Landschaft auch so stark verändern, dass die Lebensqualität und die Lebensgrundlagen der Menschen beeinträchtigt werden, was letztlich negative ökonomische Auswirkungen hat. Es gibt aber auch Veränderungen, die bloss negativ wahrgenommen werden, aber zu keinen ungünstigen ökonomischen Folgen führen. Damit die Konflik-

Tabelle 2.1: Für die Raumnutzung besonders relevante Daten, die sich aus dem Ausbauszenario und der solarintensiven Variante ergeben. Details zu den Zahlen finden sich im Anhang.

Energieproduktion	Anzahl Anlagen bzw. Flächenbedarf **Ausbauszenario**	Anzahl Anlagen bzw. Flächenbedarf **solarintensive Variante**
Kleinwasserkraftwerke (< 1 MW)	ca. 1700 Anlagen à 250 kW	ca. 400 Anlagen à 250 kW
Windanlagen	ca. 600 Windmasten à 2,5 MW (bzw. ca. 75 Windparks wie auf dem Mont Crosin)	ca. 500 Windmasten à 2,5 MW (bzw. ca. 60 Windparks wie auf dem Mont Crosin)
Photovoltaik Dach (8 km²/TWh)	120 km² PV-Anlagen (80 Prozent der geeigneten Dachflächen im gegenwärtigen Gebäudepark)	120 km² Hybrid-Kollektoren (80 Prozent der geeigneten Dachflächen im gegenwärtigen Gebäudepark)
Photovoltaik offene Landflächen (6,5 km²/TWh)	26 km² PV-Module (2–3facher Landbedarf)	-
Sonnenkollektoren (Wärme 2,5 km²/TWh)	15 km² Sonnenkollektoren auf Dächern und Fassaden	
Tiefe Geothermie	100 Anlagen à 4–8 MW (wie in St. Gallen geplant)	vereinzelte Anlagen
Geothermie bis 500 Meter Tiefe	Erdsonden bis 200 Meter Tiefe für den Betrieb von Wärmepumpen mit COP 4,[8] Gefrierschutz als Wärmeträger (rund 60 000 Erdsonden / TWhth) insges. 16 TWh Wärme mit WP	32 000 Erdsonden / TWhth von 300–400 Meter Tiefe für den Betrieb von Wärmepumpen mit COP 6 und für die saisonale Wärmespeicherung; Erdsonde verwendet reines Wasser als Wärmeträger. Insgesamt 50 TWh Wärme mit WP
Biomasse	Verdoppelung der Waldholznutzung	Erhöhung der Waldholznutzung um 50 Prozent
Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke		
Saisonale Speicher	11 TWh	10 TWh
Pumpleistung	14 GW	10 GW
Stromproduktion	10 GW	8 GW

[8] Effizienz der Wärmepumpe COP: Verhältnis Wärmeerzeugung zu Stromverbrauch (COP) von 6 statt 4. Mit der Hybridvariante wird somit für dieselbe Heizenergie rund 30 Prozent weniger Strom verbraucht.

te und die Chancen besser erkannt werden können, werden die Potenziale der verschiedenen erneuerbaren Energieproduktionsarten und ihre Relevanz für den Raum kurz vorgestellt (Tabelle 2.1). Eine ausführlichere Diskussion der Produktionsarten mit speziellem Fokus auf raumnutzungsrelevante Aspekte findet sich im Anhang. Die Technologiebeschriebe basieren im Wesentlichen auf dem Bericht «Zukunft Stromversorgung Schweiz».[9]

Wasserkraft

Die Wasserkraft ist die zur Zeit am meisten genutzte erneuerbare Energiequelle in der Schweiz. Laufkraftwerke mit geringer Stauhöhe und konstantem Staupegel im Mittelland tragen gegenwärtig im Jahresmittel 47 Prozent zur Stromproduktion aus Wasserkraft bei. Der Rest stammt von Speicherkraftwerken, die hauptsächlich im Alpenraum liegen (Anhang, Abb. A1).

Mit dem wachsenden Anteil an erneuerbaren Energien mit stark schwankender und zum Teil stochastischer Energieproduktion (Wind, Photovoltaik und Kleinwasserkraft) gewinnen Stromspeicher an Bedeutung. Im Ausbauszenario ist vorgesehen, dass die überschüssige Energie von Pumpspeicherkraftwerken aufgenommen wird. Damit fällt dem Ausbau bestehender und dem Bau von neuen Pumpspeicherkraftwerken eine wichtige Rolle zu.

Der Klimawandel wird sich laut neuen Studien bis 2050 insgesamt nur wenig auf die Gesamtproduktion der Wasserkraft auswirken. Bis 2050 ist wegen stärkerer Gletscherschmelze sogar mit einem Produktionsanstieg zu rechnen. Hingegen wird das Wasserangebot saisonal zum Winter hin verlagert.

Windenergie

Die Energieleistung von Windenergieanlagen steigt mit der dritten Potenz der Windgeschwindigkeit, d.h. eine Verdoppelung der Windgeschwindigkeit führt zu einer Verachtfachung der Energieleistung. Aus diesem Grund sind die mittlere Windgeschwindigkeit sowie das regelmässige Auftreten von Wind zentrale Indikatoren, ob sich ein Standort für eine Windenergieanlage eignet oder nicht. Je nach Windcharakteristik gibt es technische Optimierungsmöglichkeiten, wie zum Beispiel die Wahl der Masthöhe und des Rotordurchmessers. Das erwartete Windenergiepotenzial[10] der Schweiz liegt zwischen 1 bis 4 TWh. Die besten Standorte für die rund 800 benötigten Anlagen liegen auf den Bergkuppen im Jura und im Alpenraum (Anhang, Abb. A2).

Windenergieanlagen liefern zeitlich fluktuierenden Strom, da der Wind oft unregelmässig weht. Je mehr Windenergieanlagen zur Stromproduktion beitragen, desto wichtiger werden die Netzübertragungskapazitäten, die Pumpspeicherkraftwerke und die Netzverbünde.

Solarenergie

Exponierte, hochgelegene Standorte, insbesondere im Wallis und im Engadin, erreichen Sonneneinstrahlungswerte von 1500 kWh/m^2 pro Jahr (Anhang, Abb. A3). Demgegenüber ist die Sonneneinstrahlung im Mittelland, wo sich die meisten nutzbaren Dachflächen befinden (Anhang, Abb. A4) mit 1000 bis 1200 kWh/m^2 pro Jahr rund 25 Prozent geringer. Solarenergie fällt tagsüber an und hat ihr Maximum zur Zeit der Bedarfsspitze am Mittag. Solaranlagen produzieren im Mittelland im Juli rund vier Mal mehr Energie als im Dezember. Durch steiler geneigte Module lässt sich die Produktion im Winter optimieren.

Solarstrom (Photovoltaik)

Im Mittelland beträgt der mittlere Flächenbedarf für die Produktion von 1 TWh Strom rund 8 km^2. Die zu installierende Photovoltaik-Leistung pro TWh Energieproduktion im Jahr liegt im Mittelland bei etwa 1,1 GW. Im heutigen Gebäudepark sind über 400 km^2 Dachflächen vorhanden. Davon sind etwa 150 km^2 geeignete Dachflächen für die Photovoltaik verfügbar. Werden 80 Prozent davon genutzt,

[9] Zukunft Stromversorgung Schweiz, Akademien der Wissenschaften Schweiz, 2012. www.proclim.ch/news?2402.

[10] Die Potenzialbegriffe werden entsprechend der Definition des Energie Trialog Schweiz[5], Abb. 12 und Text, verwendet.

können darauf pro Jahr etwa 15 TWh erzeugt werden. Der Flächenertrag basiert auf einem Mix aus verschiedenen Solarzellentechnologien (kristalline Zellen, Dünnschichttechnologie; mit einem durchschnittlichen Wirkungsgrad von rund 14 Prozent). Sehr gut ausgerichtete Fassaden- und Infrastrukturflächen (wie Lärmschutzwände) können den Anteil um mehr als 10 km^2 erhöhen, allerdings meist mit einem tieferen Energieertrag pro installierte Leistungseinheit.
Für die allfällige Produktion von Solarstrom auf freien Landflächen ist aufgrund der höheren Einstrahlung das Gebirge besser geeignet. Im Gebirge ist jedoch mit einem höheren Erschliessungsaufwand zu rechnen. Mit einer teilweisen Bedeckung als «Pergola» liesse sich die Fläche gleichzeitig als Weideland nutzen.

Solarwärme

Die Kollektorentechnologie ist verglichen mit der Photovoltaik «reif». Bei Warmwasser und der Vorwärme wird bereits heute ein jährlicher Nutzenergieertrag von 400 kWh/m^2 Kollektorfläche erreicht. Für die Produktion von 1 TWh nutzbarer Solarwärme liegt der Flächenbedarf bei etwa 2,5 km^2, wobei die Wärme primär im Sommer anfällt. Mit Hilfe von Wärmespeichern kann sie aber für den Winter verfügbar gemacht werden. Zur saisonalen Speicherung stehen verschiedene Systeme mit entsprechenden Vor- und Nachteilen zur Verfügung.
Die Solarthermie spielt insbesondere bei der solarintensiven Variante, bei der mit Hybridkollektoren auf derselben Fläche sowohl Strom als auch Wärme produziert wird, eine bedeutsame Rolle.

Geothermie (Kraftwerke, Wärmepumpen)

Die Nutzung der Erdwärme bis in Tiefen von etwa 300 Metern zu Heizzwecken ist in der Schweiz weit verbreitet. Im Sommer lassen sich Gebäude durch Abführen der Wärme in den Untergrund auch kühlen. Die Nutzung der Erdwärme ist allerdings in Gebieten, wo die Sonden grundwasserführende Schichten durchstossen, eingeschränkt. Wo das Grundwasser als Trinkwasser genutzt wird, sind Erdsonden bisher verboten, weil das Trinkwasser durch ein Leck im Erdsondenkreis mit Kühlmittel (z. B. Glykol) verseucht würde. Wärme aus Boden, Luft und Wasser steht – zumindest theoretisch – praktisch unbeschränkt zur Verfügung.
Die Nutzung der tiefen Geothermie (ab etwa 3 km Tiefe) hat ein grosses Potenzial. Im Gegensatz zu den übrigen erneuerbaren Energien fällt sie als Bandenergie an. Allerdings ist der Wirkungsgrad der Umwandlung in Strom wegen der Temperatur von weniger als 200 °C mit nur etwa 18 Prozent gering. Die restliche Energie lässt sich als Niedertemperaturwärme nutzen.

Biomasse (Treibstoffe, Strom, Wärme)

Biomasse eignet sich sowohl zur Produktion von Strom als auch von Wärme und Treibstoff. Mögliche Ausgangsstoffe sind biogene Abfälle, Altholz, Holz aus der Forstwirtschaft, Nutzpflanzen, Algen, Ackerbaurückstände und Speisereste. Biomasse aus biogenen Abfällen sowie Alt- und Restholz werden heute bereits weitgehend genutzt. Ungenutzte Potenziale gibt es vor allem bei Ernterückständen und Hofdünger sowie insbesondere beim Waldholz. Durch konsequente Nutzung des Waldes liesse sich der Energieertrag verdoppeln.

2.3 Ausbauszenario

Um die Chancen und Konflikte in der Raumnutzung herausarbeiten zu können, wurde ein Ausbauzenario für die Diskussion definiert, das von ambitiösen Annahmen zur Energieproduktion mit erneuerbaren Energien ausgeht: Das Ausbauszenario nimmt an, dass im Jahr 2050 in der Schweiz jährlich eine Energiemenge von 125 TWh mit erneuerbaren Energien produziert wird. Dies entspricht der Hälfte des heutigen Gesamtenergieverbrauchs; davon werden heute 51,5 TWh mit erneuerbaren Energien, primär aus Grosswasserkraftwerken, produziert.
Anhand eines ambitiösen Ausbauszenarios lassen sich die Grenzen besser ausloten als mit einem Szenario, bei dem bereits grosse Kompromisse eingegangen wurden. Als Ergänzung zum Ausbauszenario wird eine solarintensive Variante zur Diskussion gestellt. Diese zeichnet sich dadurch aus, dass auf den überbauten Flächen nicht nur Strom erzeugt

wird, sondern auch die ansonsten bei PV-Anlagen ungenutzte Wärmeenergie verwendet wird. Dadurch verringert sich der Druck zur Energieerzeugung im unbebauten Raum.

Die wichtigsten aus dem Ausbauszenario folgenden Kenngrössen sind in Tabelle 2.1 zusammengestellt. Die Hintergrundinformationen dazu finden sich im Anhang.

Die Wasserkraft bleibt mit einem Anteil von 75 Prozent auch in der Mitte dieses Jahrhunderts die dominierende Stromproduktionsart. Die durch Kleinwasserkraftwerke erzeugten 2 TWh pro Jahr entsprechen ungefähr zusätzlichen 1700 Kleinkraftwerken mit einer durchschnittlichen installierten Leistung von 250 kW.

Der Beitrag der Windenergie von 3 TWh wird durch ca. 600 neue Windmasten mit einer Leistung von je 2,5 MW erzeugt. Dazu sind sehr grosse Windanlagen erforderlich, die typischerweise einen Rotordurchmesser von 90 Meter aufweisen. Die Rotorspitze kann dabei bis zu 140 Meter über den Boden reichen.

Bei der tiefen Geothermie wird angenommen, dass die Technik bis in 20 oder 30 Jahren so weit ausgereift ist, dass Heizkraftwerke an genügend Standorten gebaut werden können. Für die Produktion der vorgesehenen 3 TWh Strom bräuchte es rund 100 Anlagen.

Die Energieproduktion aus Biomasse wird ungefähr verdoppelt und beträgt vier Fünftel des ökologischen Gesamtpotenzials von Holz und Abfallbiomasse. Der Anbau von Energiepflanzen wird im Ausbauszenario aus unterschiedlichen Gründen ausgeschlossen (ineffiziente Energiequelle, Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion).

Für die Photovoltaik wird angenommen, dass im Jahr 2050 von den voraussichtlich bis dann rund 500 km^2 Dachflächen der Schweiz rund 120 km^2 genutzt werden. Um eine Strommenge von insgesamt 66 TWh mit erneuerbaren Energien zu produzieren, braucht es neben den Dachflächen auch 26 km^2 Module auf offenen Landflächen, um die fehlenden 4 TWh zu erzeugen. Die dafür notwendige Freifläche beträgt das 2–3fache der Modulfläche. Mit Sonnenkollektoren, die auch auf weniger günstig ausgerichteten Dach- und Fassadenflächen installiert werden können, wird ein Teil des Wärmebedarfs abgedeckt.

Bei der solarintensiven Variante wird im Gegensatz zum Ausbauszenario auf derselben Dachfläche sowohl Strom als auch Wärme produziert. Da die Wärme vorwiegend im Sommer anfällt, aber im Winter für Heizzwecke benötigt wird, braucht es eine saisonale Speicherung der Wärme. Dank der effizienteren Nutzung der Dachflächen für die Energieproduktion wird der Druck auf den unbebauten Raum reduziert; einerseits durch einen um 10 Prozent höheren Wirkungsgrad der Photovoltaikanlagen und anderseits durch den rund 30 Prozent geringeren Stromverbrauch der Wärmepumpen dank höherer Temperatur der Erdwärme. Grobe Abschätzungen (Leibundgut, pers. Mitteilung) zeigen, dass es möglich ist, mit einer geringeren Stromproduktion und erhöhter Wärmeproduktion gegenüber dem Ausbauszenario den Energiebedarf zu decken (siehe Tabelle 2.2). Energiesystemanalysen, welche den Verbrauch und die Produktion einschliessen, müssten dies bestätigen und verfeinern.

Die in der solarintensiven Variante notwendige Hybridtechnologie wurde bis anhin erst in Prototypanlagen getestet und muss sich in Langzeitversuchen erst noch bewähren. Zudem muss in Prototypanlagen getestet werden, ob die saisonale Wärmespeicherung die erwartete Effizienz erreichen kann.



3 Übergreifende Aspekte und Konflikte

Dieses Kapitel behandelt Aspekte, Konflikte und Chancen, die sich durch den starken Ausbau verschiedener erneuerbaren Energien gemäss dem in Abschnitt 2.3 vorgestellten Ausbauszenario ergeben und die für mehrere oder alle Raumnutzungstypen relevant sind.

Wasserkraft

Für die Nutzung der Wasserkraft sind in der Schweiz nur noch geringe Ausbaupotenziale übrig, und zwar vorwiegend in kleineren Einzugsgebieten, die mit Kleinwasserkraftwerken erschlossen werden können. Dennoch bildet die Wasserkraft auch künftig ein wichtiges Rückgrat bei der Nutzung erneuerbarer Energien, indem Grosskraftwerke ihre Produktion auf die Nachfrage ausrichten und damit Unregelmässigkeiten im Anfall erneuerbarer Energien ausgleichen.

Bei der Wasserkraftnutzung wird zwischen Klein- und Grossanlagen unterschieden:[11]

Der Bau von Kleinwasserkraftwerken mit einer Leistung < 1 MW wird zur Zeit stark vorangetrieben. Aktuell können diese von der kostendeckenden Einspeisevergütung profitieren, so dass auch ein Bau an eher ungünstigen Standorten attraktiv erscheinen kann. Überdies sind die Potenziale für (neue) Grosskraftwerke weitgehend ausgeschöpft, so dass eine Steigerung der Wasserkraftnutzung den Ausbau der Kleinwasserkraft erfordert. Das Konfliktpotenzial ist bei den Kleinkraftwerken beträchtlich: In den meisten Fällen ergeben sich Konflikte mit dem Gewässer- und Naturschutz, mit der Erhaltung der Biodiversität und der Fischerei. Nimmt man die totale Staulänge pro Megawatt installierte Leistung als Mass für die Umweltbeeinflussung, dann ist diese bei Kleinkraftwerken überdurchschnittlich hoch.

Bei den Grosskraftwerken wird zwischen Speicherkraftwerken und Laufkraftwerken unterschieden. Speicherkraftwerke führen auf Teilabschnitten der Fliessgewässer zu einer starken generellen Reduktion des Abflusses sowie zu rasch ändernden Abflüssen mit Temperaturschwankungen und verändertem Geschiebe- und Feinmaterialtransport. Bei Pumpspeicherkraftwerken, wo Wasser in einem Kreislauf in ein Ausgleichsbecken gepumpt und bei Bedarf turbiniert wird, können diese negativen Effekte je nach Betrieb reduziert werden.

Laufkraftwerke haben einen Einfluss auf den Wasserhaushalt, die Gewässerökosysteme und das Landschaftsbild. Ihr Flächenverbrauch ist jedoch eher klein. In Hinblick auf die Ökologie sind wie bei den Speicherkraftwerken Regeln bezüglich Restwassermengen sowie Schwall-Sunk-Betrieb (bzw. Durchgängigkeit des Fliessgewässers, Abflussregime und Fliessdynamik) einzuhalten. Die Gewässerschutzgesetzgebung wurde in den letzten Jahren kontinuierlich verschärft und verlangt inzwischen nicht nur bei Neukonzessionen die Einhaltung strengerer Regeln, sondern es gibt auch für bestehende Anlagen eine Sanierungspflicht.

Wasserwirbelkraftwerke, die sich zurzeit in Entwicklung befinden, können Eingriffe in Landschaft und Gewässerbiologie vermindern, haben jedoch

[11] Kleinstanlagen mit einer installierten Leistung < 10 kW (nicht zu verwechseln mit Kleinkraftwerken < 10 MW) sind im Prinzip überall einsetzbar, sofern sie in bestehende Wassernutzungsanlagen (Trinkwasser, Abwasser, etc.) integriert werden können. Weil es sich um sehr kleine Anlagen handelt, sind sie kaum raumrelevant und erfordern kaum zusätzliche sichtbare Infrastruktur.

bisher nur geringe Wirkungsgrade. Es existiert eine Pilotanalage in Schöftland (AG).
Vermehrte Konflikte sind durch eine erhöhte Konkurrenz mit anderen Wassernutzungen zu erwarten, etwa im Sommer, wenn aufgrund des Klimawandels mehr Wasser für die Bewässerung der Felder benötigt wird, oder im Winter, wenn der Wasserbedarf für die Beschneiung der Pisten zunimmt.

Windenergie

Windenergie ist an Standorte mit genügender durchschnittlicher Windgeschwindigkeit und guter Verkehrserschliessung gebunden. Letztere ist vor allem in siedlungsnahen Gebieten, teilweise in touristisch genutzten Gebieten sowie in Passlagen gegeben. Für die Nutzung der Windenergie kommen daher primär das Rheintal und das Rhonetal in Frage, der Jurabogen, Gebiete in den Voralpen sowie gewisse Passlagen.
Die Windenergie verfügt über ein hohes energetisches Flächenpotenzial, wirkt sich aber ungünstig auf das Landschaftsbild und die Fauna aus. Windenergieanlagen sind eine Gefahr für Vögel und Fledermäuse. Die Hauptrisiken liegen bei der Kollisionsgefahr und in einer Veränderung des Lebensraums.[12] Von der Kollisionsgefahr sind Zugvögel und grosse Vögel besonders betroffen. Daher sind Orte, an denen sich Vögel aus einem grossen Einzugsgebiet konzentrieren (z.B. Pässe in den Alpen und im Jura, Kreten, Ufer von grossen Gewässern) für den Ausbau der Windenergie wenig geeignet. Die Erschliessung bisher wenig genutzter Landschaftsräume kann zu einer Veränderung z.B. der landwirtschaftlichen Nutzung oder zu einem höheren Besucheraufkommen führen, worauf sensible Arten negativ reagieren. Es ist auch mit Geräuschen und Schattenwurf zu rechnen. Beim Lärm ist eine Beurteilung im Vergleich zu anderen Lärmquellen wichtig. Das Geräusch einer Windturbine hat in einem Gebiet mit anderen Lärmbelastungen (z.B. Autobahn, Industrie, etc.) ein anderes Gewicht als an einer ansonsten eher ruhigen Lage. Es ist allerdings zu beachten, dass sich dieses Gewicht verschieben kann, wenn Lärmschutzmassnahmen ergriffen werden (z.B. Schallschutzwände entlang von Autobahnen).
Ein wichtiger Aspekt ist die Rückbaubarkeit. Im Vergleich beispielsweise zu Atomkraftwerken kann der Eingriff in die Landschaft weitgehend rückgängig gemacht werden. Ausgenommen sind Eingriffe für die Erschliessung, falls das Gebiet nicht bereits vor der Windenergienutzung mit Zufahrtswegen und Stromleitungen erschlossen war.
Die Akzeptanz in der Bevölkerung variiert stark. Ob eine Anlage positiv oder negativ wahrgenommen wird, hängt stark von der persönlichen Einstellung des Betrachters ab: Windenergie kann sowohl als Symbol für eine nachhaltige Entwicklung als auch als Störfaktor in einer intakten Landschaft wahrgenommen werden.

Solarenergie

Für die Nutzung der Sonnenenergie eignen sich Siedlungsgebiete und einzeln stehende Bauten wie Landwirtschaftsgebäude oder touristische Anlagen. Solarpanels für die Stromproduktion können sowohl auf den Dächern bestehender Bauten als auch in Fassaden integriert oder an bereits bestehenden Infrastrukturanlagen installiert werden (z.B. entlang von Lärmschutzwänden bei Autobahnen, an Lawinenverbauungen, Skiliftanlagen etc.). Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) erbringen nur bei direkter Sonneneinstrahlung ihre optimale Leistung und sollten deshalb so installiert werden, dass sie nicht beschattet werden.
Für die Nutzung der Solarwärme (Sonnenkollektoren) eignet sich praktisch jedes mehr oder weniger südwärts gerichtete Dach, wobei die Neigung den Wirkungsgrad stark beeinflusst. Röhrenkollektoren sind zwar teurer in der Anschaffung, erzeugen aber auch bei bedeckter Witterung mit bis zu 90 Grad genügend Wärme. Solare Wärme vermag vor allem in Siedlungsgebieten den Stromverbrauch für die Warmwasseraufbereitung massiv zu senken.

[12] Horch P., B. Bruderer, V. Keller, P. Mollet, & H. Schmid (2003): Windenergiekonzept Schweiz – Beurteilung der 40 prioritären Standorte aus ornithologischer Sicht. Schweizerische Vogelwarte, Sempach, Sempach. S. 14; Horch, P. & V. Keller (2005): Windkraftanlagen und Vögel – ein Konflikt? Schweizerische Vogelwarte Sempach, Sempach. 62 S.

Sie fällt dezentral an und eignet sich bei entsprechender Nutzung der Hausdächer optimal für die Versorgung der Haushalte mit Warmwasser.
Sonnenkollektoren und PV-Anlagen lassen sich als kleine Einzelanlagen oder als grössere zusammenhängende Flächen auf grossen Gebäuden installieren. Der Ästhetik und allfälligen Konflikten mit der Denkmalpflege und dem Landschafts- und Ortsbildschutz ist dabei Rechnung zu tragen. Artikel 18a des Raumplanungsgesetzes[13] weist explizit darauf hin, dass sorgfältig in Dach- und Fassadenflächen integriert Solaranlagen zu bewilligen sind, sofern keine Kultur- und Naturdenkmäler von kantonaler oder nationaler Bedeutung beeinträchtigt werden. Einzelne Gemeinden verzichten bei kleinen Anlagen bis 15 m^2 gemäss ihrer Bau- und Zonenordnung gar auf eine Bewilligungspflicht.
Die Installation von grösseren PV-Anlagen auf freien Landflächen verändert die Nutzung der Fläche, die Vernetzung der Lebensräume und das Landschaftsbild. Wie sich solche Anlagen auf Natur und Landschaft auswirken, hängt neben der Sichtbarkeit auch stark von der ursprünglichen Nutzung ab. PV-Anlagen können sowohl zu einer Intensivierung mit negativen Auswirkungen auf die Biodiversität führen als auch zu einer Extensivierung mit positiven Auswirkungen auf die Biodiversität. Werden sie auf Agrarland erstellt (was zurzeit noch nicht zonenkonform ist), führen sie zusätzlich zu einer Erhöhung der Bodenpreise und konkurrenzieren damit die Nahrungsproduktion. Der Flächenverbrauch ist beträchtlich und kann zu Konflikten mit anderen Nutzungen führen. Mit PV-Anlagen auf freien Landflächen lässt sich allerdings auf der gleichen Fläche eine um ein Vielfaches (bis zu 50 mal) höhere Energiemenge als mit dem Anbau von Energiepflanzen produzieren. Zudem sind die Produktionskosten bei grossen Freiflächenanlagen tiefer als bei kleinen Einzelanlagen. Werden unproduktive und abgelegene Landflächen genutzt (z.B. im Gebirge), sind die Erschliessungskosten häufig hoch. Auch die Mehrfachnutzung im Gebirge (z.B. Installation auf Lawinenverbauungen) kann mit Nachteilen verbunden sein: Extreme Witterungsverhältnisse und die fehlende Erschliessung können eine solche Nutzung erschweren. In einem gemeinsamen Positionspapier empfehlen die betroffenen Bundesämter, auf freistehende Photovoltaikanlagen zu verzichten, solange Ausbaupotenzial auf bestehenden Bauten und Anlagen besteht, solche Anlagen nur in Ausnahmefällen zuzulassen und diese in Nutzungsplänen zu regeln.[14]

Geothermie

Die Erdwärme lässt sich als sogenannte «untiefe Geothermie» für das Heizen nutzen oder als «tiefe Geothermie» für die Wärme- und Stromproduktion. Die Nutzung der untiefen Geothermie mit Erdwärmesonden und Wärmepumpen ist weitgehend unproblematisch. Die indirekte Nutzung mittels Grundwasserpumpen weist im Gegensatz zur direkten Nutzung mittels Erdwärmesonden den Nachteil auf, dass Konflikte mit anderen Grundwassernutzungen entstehen können.
Die tiefe Geothermie ist zwar eine praktisch unerschöpfliche Ressource; ihre Nutzung ist technisch allerdings noch nicht ausgereift. Insbesondere das sogenannte Hot-Dry-Rock-Verfahren, das die Produktion von Wärme und Strom ermöglicht, birgt Risiken für naheliegende Wohngebiete: Das ins Gestein eingepresste Wasser kann zu spürbaren Erdstössen führen. Gleichzeitig ist die Nähe zum Ort der Wärmenutzung erforderlich, weil sich Wärme schlecht speichern und über weite Distanzen transportieren lässt.
Ein weiterer Nachteil der tiefen Geothermie ist die schwierige Suche nach dem optimalen Standort. Ob sich ein Standort für die Nutzung tatsächlich eignet, vermag nur eine kostspielige Tiefenbohrung zu zeigen. Wird ein Geothermieprojekt realisiert, führt die lange Bauphase zu den typischen Auswirkungen

[13] Art. 18a RPG: In Bau- und Landwirtschaftszonen sind sorgfältig in Dach- und Fassadenflächen integrierte Solaranlagen zu bewilligen, sofern keine Kultur- und Naturdenkmäler von kantonaler oder nationaler Bedeutung beeinträchtigt werden.

[14] Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bundesamte für Energie (BFE), Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) (2012): Positionspapier freistehende Photovoltaik-Anlagen vom 3.7.2012

grosser Baustellen. Mögliche Konfliktpunkte sind der Baulärm sowie der (meist temporäre) Eingriff in Landschaft.

Biomasse

Der Anbau von Energiepflanzen wurde im Ausbauszenario aus verschiedenen Gründen ausgeschlossen. Auf der gleichen Fläche kann mit PV-Anlagen ein Vielfaches an Energie gewonnen werden, und der Anbau von Energiepflanzen konkurrenziert die Nahrungsmittelproduktion.

Die Verwertung von biogenen Abfällen, Altholz, Holz aus der Forstwirtschaft, Ackerbaurückständen und Speiseresten zur Energieproduktion ist konfliktarm. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass Abfall-Biomasse – auch in Zukunft – nur in beschränkter Menge verfügbar ist und verschiedene Nutzungen zueinander in Konkurrenz stehen. Biomasse kann für die Produktion von Strom, Wärme und Treibstoff verwendet werden.

Die Holznutzung muss in den heutigen Nutzwäldern erfolgen. Sie sollte nicht auf Kosten von wilden Waldlandschaften, Altholzbeständen oder Waldreservaten gehen.

Im Gegensatz zur Verwertung trockener Biomasse (z.B. Waldholz) ist die Verwertung feuchter Biomasse (z.B. Hofdünger, Gartenabfälle, Speisereste) dadurch erschwert, dass sie teilweise saisonal und meist dezentral anfällt. Feuchte Biomasse kann überdies nicht verbrannt werden, sondern lässt sich nur über die biologische Vergärung beziehungsweise thermochemische Prozesse nutzen.

Bei der Errichtung von Biogasanlagen kann die Wahl des Standortes zu Diskussionen führen. Projekte in Siedlungsnähe stossen bei Teilen der Bevölkerung auf Skepsis, weil Geruchsimmissionen befürchtet werden. Einen professionellen Betrieb vorausgesetzt lassen sich diese jedoch vermeiden. Aus objektiver Sicht sind kurze Transportwege für die Standortwahl das wichtigste Kriterium, d.h. das Ausgangsmaterial sollte möglichst wenig weit transportiert werden.

Biotreibstoffe der zweiten Generation konkurrenzieren die Nahrungsmittelproduktion kaum, deren Potenzial ist aber begrenzt (Zelluloseverwertung u.a.) oder die Produktion ist relativ aufwändig (z.B. Mikroalgen).[15]

[15] Zah R., C. Binder, S. Bringezu, J. Reinhard, A. Schmid, H. Schütz (2010): Future Perspectives of 2nd Generation of Biofuels. TA-Swiss Bericht 55/2010. Vdf Hochschulverlag AG, Zürich, 288 S. www.proclim.ch/news?2486.



4 Erneuerbare Energien in Siedlungen und angrenzenden Naherholungsräumen

Die Solarenergie, die sowohl für die Wärme- als auch für die Stromproduktion genutzt werden kann, weist in Siedlungsgebieten das grösste Potenzial auf. Dem Ortsbildschutz kann Rechnung getragen werden, weil in der Schweiz genügend geeignete Dach- und Fassadenflächen zur Verfügung stehen.[16] Die Umweltwärme steht in den Siedlungsgebieten ebenfalls uneingeschränkt zur Verfügung, ihre Nutzung ist weitgehend unproblematisch. In den angrenzenden Naherholungsräumen können je nach Standort grundsätzlich alle weiteren erneuerbaren Energieformen genutzt werden.
Beim Ausbau der erneuerbaren Energieproduktion in Siedlungen und Naherholungsräumen gilt es zwei Prinzipien besonders zu beachten: Bei der Wärme- und Stromproduktion soll das Doppelnutzungsprinzip zur Anwendung kommen, d. h. wenn möglich sollen bestehende Bauten und Anlagen sowie Neubauten und Infrastrukturanlagen (z. B. Lärmschutzwände) für die Energieproduktion genutzt werden. Ausserdem sind bei Konflikten zuerst die unproblematischen Anlagen und Räume zu nutzen und empfindliche Gebiete vorerst zu verschonen. Damit diese beiden Strategien umgesetzt werden können, braucht es eine koordinierte Energieplanung. Zudem müssen klare Beurteilungskriterien definiert werden, mindestens auf kantonaler, besser noch auf überkantonaler oder nationaler Ebene.

Ausgangslage und spezifische Problemstellung

Dieses Kapitel widmet sich der Nutzung des Wohn-, Arbeits- und Erholungsraums für die erneuerbare Energieproduktion. Dazu gehören die eigentlichen Siedlungsgebiete, also stark bebaute und mit Infrastruktur gut ausgestattete Landschaften, sowie weitgehend unbebaute, aber siedlungsnahe Landschaften, die mehrfach genutzt werden, etwa für die landwirtschaftliche Produktion, die Naherholung oder den ökologischen Ausgleich.
Der Ausbau der Energieproduktion aus erneuerbaren Ressourcen hat in den Siedlungsgebieten je nach Energieträger unterschiedliche Auswirkungen. Von Bedeutung für die Stromproduktion sind vor allem die Sonnenenergie und für die Wärmeproduktion die Nutzung der Umweltwärme, der Geothermie und der Abwärme bei industriellen Prozessen. Konfliktpotenzial besteht primär bei den Solaranlagen, die das Siedlungsbild verändern und den Anliegen des Denkmalschutzes zuwiderlaufen können.
Die an den Siedlungsraum angrenzenden Naherholungsgebiete kommen für einen Ausbau der erneuerbaren Energien in Form von Solaranlagen, Wind- und Kleinwasserkraftanlagen sowie Anlagen zur Produktion von Biogas aus Biomasse ebenfalls in Frage. Die Nutzung dieser Energieformen erfordert allerdings den Bau von Anlagen, so dass diese Gebiete noch mehr unter Druck gesetzt werden.

[16] IEA 2002: Potential for building integrated photovoltaics (www.netenergy.ch/pdf/BipvPotenzialSummary.pdf)

Aufgrund des Standortpotenzials stehen in Siedlungs- und Naherholungsgebieten häufig kleine Anlagen zur Diskussion: Die möglichen Auswirkungen auf das Landschaftsbild und die Ökosysteme sind im Vergleich zur produzierten Energiemenge und den Investitionen sorgfältig zu ermitteln und gegeneinander abzuwägen. Es stellt sich die Frage, inwieweit die siedlungsnahen Freiräume von weiteren Bauten und Infrastruktureinrichtungen freigehalten werden sollen bzw. welche Ziele die Landschaftsentwicklung verfolgt. Diese Frage kann nicht generell beantwortet werden, insbesondere weil die Wahrnehmung der landschaftlichen Auswirkungen von Energieanlagen subjektiv ist. Die Akzeptanz in der Bevölkerung variiert dementsprechend stark. Während die einen sichtbare Anlagen in der Landschaft als Zeichen einer nachhaltigen Energieproduktion begrüssen, hat für andere die Bewahrung weitgehend «ungestörter» Landschaften und Ortsbilder einen grossen Stellenwert. Schliesslich können sich diese erwähnten Anschauungen auch verändern, je nachdem, ob eine neue Anlage vor der eigenen Haustür zu stehen kommt und damit täglich sichtbar ist oder ob sie sich weit weg befinden und dadurch kaum oder gar nicht wahrgenommen wird.

Konflikte und Chancen

Windenergie

Die wichtigsten Potenzialgebiete für die Windenergie in der Nähe von Siedlungsräumen befinden sich im Walliser Talboden und im Rheintal zwischen Chur und Sargans.[17] Das Potenzial dieser Standorte ist klein und macht nur 2 bis 6 Prozent des gesamtschweizerischen Ausbaupotenzials aus.[18] Die öffentliche Wahrnehmung ist in Siedlungsnähe besonders gross; dementsprechend bietet sich die Chance, Werte zu kommunizieren, die mit der Nutzung erneuerbarer Energien verbunden sind. Auch die lokale Wirtschaft kann von solchen Anlagen profitieren, z. B. wenn die lokale Bauwirtschaft die Anlagen erstellt.

Bei den für die Windnutzung geeigneten Gebieten in Siedlungsnähe handelt es sich meist um Tallagen, wie z. B. die bestehende Testanlage in Collonges VS im Rhonetal. Windenergieanlagen an solchen Standorten sind optisch weniger markant und aus landschaftsästhetischer Sicht weniger problematisch als Windparks oder Einzelanlagen in der freien Landschaft. Aufgrund des Windpotenzials kommen in Siedlungsgebieten eher Einzelanlagen und kleine Leichtwindanlagen in Frage. Grosse Windenergieanlagen in Siedlungsnähe können aufgrund der Geräusche, die sie verursachen, und des Schattenwurfs Konflikte auslösen.

Bei geeigneten Windverhältnissen ist die Installation von Einzelanlagen in der Nähe bestehender Infrastrukturen, wie zum Beispiel Siloanlagen oder Masten, in Industriegebieten oder von Kleinanlagen bei Einzelgehöften möglich. Durch die Platzierung einer Windanlage in der Nähe bestehender Infrastrukturen verbessert sich deren optische Eingliederung. Ein konkretes Beispiel dafür ist die bestehende Testanlage im Rhonetal in Collonges VS.

Wasserkraft

In den Siedlungsgebieten wird Wasserkraft vor allem in Flusskraftwerken sowie in diversen Formen von Kleinwasserkraftwerken genutzt. In Siedlungsnähe bieten vor allem Trinkwasserkraftwerke, die den Höhenunterschied zwischen Wasserreservoir und Verbraucher zur Stromproduktion nutzen, ein noch unausgeschöpftes Potenzial. Diese Doppelnutzung der Ressource Wasser ist weitgehend konfliktfrei, da sie weder Raum, Landschaft noch Wasserqualität beeinträchtigt. Sie sollte daher gefördert werden.

Zwischen der Nutzung in Kleinwasserkraftwerken und der Siedlungsnutzung gibt es kaum Konflikte; hingegen gibt es Konflikte mit dem Anspruch an vielfältige Naturlandschaften, insbesondere bei Gewässern in Naherholungsgebieten (vgl. auch Kapitel 3).

Solarenergie zur Strom- und Wärmeproduktion

Die Nutzung der Sonnenenergie sollte primär in den Siedlungsgebieten erfolgen. Gemäss dem Ausbau-

[17] Wind-Data 2011: www.wind-data.ch/windkarte 22.7.2011

[18] Abschätzung durch Swiss Eole, ausgehend von einem gesamtschweizerischen Potenzial von 1500 bis 4000 GWh/Jahr.

szenario könnte in der Schweiz rund 15 TWh Strom produziert werden, wenn rund 120 km^2 Dachflächen mit Photovoltaikanlagen bedeckt würden. Sofern Solaranlagen sorgfältig in Dach- und Fassadenflächen integriert werden, ist deren Installation auf nicht geschützten Objekten weitgehend konfliktfrei.

Photovoltaikanlagen können auf Gebäuden auf grösseren Flächen installiert werden, und der produzierte Strom kann direkt in das Netz eingespeist werden. Im Gegensatz zur Stromproduktion ist die Produktion von Wärme mittels Sonnenkollektoren auf die dezentrale Versorgung auszurichten, da Wärme schlecht gespeichert werden kann. Die Nutzung des angrenzenden Erholungsraumes für Photovoltaikanlagen lässt sich kaum rechtfertigen. Auf den Bau von Anlagen in diesen Gebieten sollte daher verzichtet werden.

Strom- und Wärmeproduktion aus Infrastrukturanlagen

Die Abwärmenutzung aus industriellen Prozessen und Verbrennungsanlagen sowie die kombinierte Strom- und Wärmeproduktion (Wärmekraftkopplung WKK) stellen in den Siedlungsgebieten wichtige unausgeschöpfte Potenziale dar. Das Bundesamt für Energie (BFE) schätzt den Potenzialzuwachs allein für die Stromproduktion aus den Kehrichtverbrennungsanlagen, Abwasserreinigungsanlagen und Trinkwasserkraftwerken auf 2,9 TWh.[19] Bei dieser Form der Energienutzung sind keine Konflikte zu erwarten.

Biomasse

Die Verwertung von Klärschlamm sowie von Abfällen aus Haushalten, Gastronomie- und Landwirtschaftsbetrieben soll wenn möglich in der Region erfolgen, um lange Transportwege zu vermeiden. Die Geruchsemissionen der Anlagen und die für die Sammlung der Abfälle nötigen Transporte können mit der Wohn- oder Erholungsfunktion in Konflikt stehen. Daher braucht es eine sorgfältige Standortplanung und eine technische Optimierung der Anlagen.

Holz wird heute in der Schweiz noch ungenügend genutzt. Eine regionale Verwertung ist auch hier sinnvoll. In den Wohngebieten der Agglomerationsräume lässt sich Holz für das dezentrale Wärmen oder die Stromproduktion in Wärmekraftkopplungsanlagen einsetzen. Sofern die Holzgewinnung in den heutigen Nutzwäldern erfolgt, ist sie konfliktarm.

Geothermie

Die Nutzung der tiefen Geothermie hat ein enormes Potenzial. Gegenüber den übrigen neuen erneuerbaren Energien hat die tiefe Geothermie den Vorteil, dass sie Bandenergie liefert. Konflikte entstehen während der langen Bauphase durch die für grosse Baustellen typischen Auswirkungen: Eingriffe in die Natur, die Landschaft, den Boden und das Grundwasser sowie Baulärm. Die Möglichkeit von seismischen Erschütterungen kann Ängste in der Bevölkerung auslösen. Gleichzeitig kann ein Projekt zur Nutzung der tiefen Geothermie auch zur positiven Identifikation der Bevölkerung mit der eigenen innovativen Region führen. 80 Prozent der Bevölkerung der Stadt St. Gallen befürworteten in einer Volksabstimmung ein Projekt, bei dem mit der tiefen Geothermie die Hälfte der lokalen Bevölkerung mit Wärme aus einem tiefen Aquifer versorgt werden soll. Dass die Technologie noch nicht ausgereift ist, zeigt sich darin, dass andere Projekte wenig erfolgreich verliefen: In Basel kam es nach spürbaren Erdbeben zum Projektabbruch. In Zürich war das vorhandene Wasser für die geplante geothermische Nutzung von der Menge und Temperatur her nicht ausreichend, so dass nun weniger Wärme produziert werden kann als ursprünglich erhofft. Beim aktuellen Projekt in St. Gallen sind aufgrund der geologischen Eigenschaften keine Probleme mit Erderschütterungen zu erwarten.[20]

---

[19] Martin Kernen, 2006: Erneuerbare Energien in der Schweiz. Potenzial (ARA, KVA, WS) und politische Weichenstellungen. In: gwa 3/2006 SS. 179–185 (www.bfe.admin.ch/infrastrukturanlagen/index.html?lang=de&dossier_id=02222, 22.7.2011)

[20] Geothermie St. Gallen 2011: www.geothermie.stadt.sg.ch, 22.7.2011

Die Nutzung der Umweltwärme (Luft, Wasser) und der untiefen Geothermie birgt keine Konflikte mit Raum und Landschaft. Beide Energieformen sind unbeschränkt verfügbar, wobei das Potenzial der Erdwärme enorm viel grösser ist als dasjenige der Umweltwärme. Ein vorsichtiger Umgang mit Grundwasserschutzgebieten ist in der Praxis schon lange etabliert.
Sowohl die Geothermie als auch das Holz können in Wärmeverbünden besonders effizient genutzt werden, insbesondere wenn diese Energieformen mit Sonnenkollektoren kombiniert werden. Mit raumplanerischen Instrumenten wie Energierichtplänen und einer Erschliessungsplanung lässt sich der Anschluss von Quartieren an Wärmeverbünde koordinieren.

Interessensabwägung, Massnahmen und Instrumente

In den Siedlungsgebieten liegt das grösste Potenzial für einen nachhaltigen Umgang mit Energie nicht bei der Energieproduktion, sondern bei der Verminderung des Energiebedarfs. Sparsame Neubauten, die Renovation bestehender Gebäude sowie energieeffiziente, verdichtete Siedlungsstrukturen können da einen wichtigen Beitrag leisten. Energieeffiziente Bauten wie Minergie- und Passivhäuser sind heute im Bau nur unwesentlich teurer, dafür im Betrieb deutlich günstiger als konventionelle Gebäude. Es stehen zwei Strategien zur Diskussion: (1) Es werden Gebäude erstellt, die nicht speziell gut isoliert sind. Dies weisen geringere «graue» Energiekosten auf, benötigen dafür im Betrieb mehr Energie, wobei diese ausschliesslich aus erneuerbaren Quellen stammt. (2) Es werden gut isolierte Minergie- und Passivhäuser erstellt, die im Betrieb sehr wenig Energie verbrauchen, dafür aber höhere «graue» Energiekosten aufweisen. Beide Strategien haben ihre Berechtigung, wobei der Betriebsenergie grundsätzlich die grössere Bedeutung zukommt.
In Bezug auf die Energieproduktion aus erneuerbaren Quellen sind die Potenziale und die Prioritäten für deren Nutzung in den kantonalen Energiekonzepten und deren räumliche Koordination in den kantonalen Richtplänen festzulegen. In den kantonalen Richtplänen sind geeignete Gebiete für Grossanlagen sowie Kriterien für den Ausschluss sensibler Gebiete zu bestimmen. Die Richtplanung soll auch das Vorgehen für die Planung auf regionaler oder kommunaler Ebene bestimmen.
Die Errichtung kleinerer Einzelanlagen, sei es innerhalb oder ausserhalb des Siedlungsgebiets, soll weiterhin im Einzelfall geprüft werden. Allgemeine Kriterien für die Integration der Anlagen ins Landschafts- und Siedlungsbild werden auf kantonaler Ebene definiert.
Die Energieversorgung im Siedlungsgebiet wird in kommunalen bzw. überkommunalen Energierichtplänen geregelt. Diese legen fest, welche Gebiete wie versorgt werden und an welchen Standorten Anlagen zur Energieproduktion vorgesehen sind. Insbesondere bezeichnen diese Energierichtpläne auch die Gebiete, die mit Abwärme aus grösseren Infrastrukturanlagen versorgt werden.
Damit sich der energetische Standard von Neubauten und von bestehenden Gebäuden verbessert, müssen die kommunalen Bauvorschriften entsprechend verschärft werden. Finanzielle Anreize für Gebäuderenovationen sollen die strengeren Bestimmungen begleiten.

Empfehlungen

- Sichtbare Anlagen zur Produktion erneuerbarer Energie können die Bevölkerung sensibilisieren und den Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und -produktion hervorheben. Dazu braucht es auch eine verbesserte Information der Bevölkerung sowie die Ausbildung von Energieberatern, insbesondere zur Förderung energieeffizienter Bauten.

- Die Energieproduktion ist an jenen Standorten zu fördern, wo sie energietechnisch sinnvoll und bezüglich Auswirkungen auf den Raum möglichst unproblematisch ist. So gibt es beispielsweise für Solaranlagen genügend geeignete Dach- und Fassadenflächen, um die Nutzung der Sonnenenergie massiv auszubauen, ohne dass dazu Solaranlagen in der freien Landschaft in Betracht zu ziehen sind. Standorte sind anhand

Tabelle 4.1: Konflikte, Lösungsansätze sowie Chancen und Synergien bei der Nutzung verschiedener erneuerbarer Energien in Siedlungsgebieten. Die Konflikte sind klassiert bezüglich ihrer Bedeutsamkeit (fett: sehr bedeutsam, unterstrichen: mittel bedeutsam, ohne Auszeichnung: wenig bedeutsam) und vorhandener Lösungsmöglichkeiten (grün: gute Lösungsansätze sind vorhanden; violett: Konflikte können teilweise gelöst werden; rot: Probleme bleiben bestehen).

	Konflikte bezüglich	**Lösungsansätze**	**Chancen und Synergien**
Windkraft	**Landschaftsbild**: Veränderung/Beeinträchtigung der Landschaft; Beeinträchtigung der Fauna (Vögel, Fledermäuse) **Schattenwurf und Geräusch**	Gute Einordnung von Einzelanlagen in der Nähe bestehender Infrastrukturen; Vogelzüge und Fledermausvorkommen bei der Planung berücksichtigen Nicht in unmittelbarer Nähe von Siedlungen/ Wohngebäuden	Symbol nachhaltiger Energieproduktion, Anziehungspunkt für Tourismus und Bevölkerung Leichtwindanlagen in der Nähe bestehender Infrastruktur oder von Einzelgehöften
Solaranlagen ausserorts Solaranlagen innerorts	**Landschaftsbild** Ortsbild-/Denkmalschutz	Logische «Lesbarkeit»: Verbindung mit anderen Anlagen (Transportanlagen, Lärmschutzwänden, etc.) **Integration in Dächer und Fassaden, Beschränkung auf nicht geschützte Objekte**	Symbol nachhaltiger Energieproduktion; Einnahmequelle in strukturschwachen Regionen; Doppelnutzung von bestehenden Infrastrukturen; Sichtbarkeit nachhaltiger Energieproduktion; dezentral verfügbar
Wasserkraft	Restwassermengen; Naherholung	Naherholungsgebiete mit Gewässernutzung aufwerten	(Ökologische) Aufwertung der Erholungslandschaft und Naherholungsgebiete
Abwasser, Wasserwirbel	-	-	Unbedingt zu fördern, keine Konflikte
Biomasse (Abfall) (Kompost) Holz	**Geruchsimmissionen** **Transportwege**	Optimierung im Rahmen der Ortsplanung und der Baubewilligung; kurze Transportdistanzen; Holz aus Nutzwäldern	**Synergien mit Gastronomie und Grünabfuhr** **Bessere Holznutzung**
Tiefe Geothermie	Erschütterungen, Grundwasser, grosse Baustelle und lange Bauphase		Bandenergie, grosse Energiemenge
Untiefe Geothermie	Konflikt mit Grundwasser	In geeigneten Gebieten unbedingt zu fördern	**Bandenergie, dezentral verfügbar, keine Probleme**

von Kriterien zu beurteilen, die zumindest auf kantonaler, wenn nicht sogar auf höherer Ebene festzulegen sind.

- Doppel- und Mehrfachnutzungen (z. B. Flachdächer mit Dachbegrünung sowie Strom- und/oder Wärmeproduktion) sind einer Einfachnutzung (z. B. Errichtung von Photovoltaikanlagen in der freien Landschaft) vorzuziehen.

- Für Energieanlagen in der freien Landschaft sind Standorte in der Nähe bestehender Bauten und Anlagen zu bevorzugen. Ausserdem ist eine multifunktionale Nutzung der Landschaft anzustreben, z. B. indem in der Umgebung von Wasserkraftwerken auch dem Erholungswert der Landschaft Bedeutung beigemessen wird. Ein ökologischer Ausgleich soll im Zusammenhang mit der Anlage stehen.

- Auf kantonaler Ebene regeln Energiekonzepte, kantonale Richtpläne und Energiegesetze, lokale bzw. überkommunale Energierichtpläne sowie kommunale Bauvorschriften die Energienutzungsplanung. Die bereits existierenden finanziellen Anreize sind wichtig und daher weiterzuführen. Daneben sind interkommunale Planungs- und Koordinationsinstrumente zu fördern. Die Instrumente sind so auszurichten, dass Grossanlagen bevorzugt werden, sofern die Energieproduktion mit demselben erneuerbaren Energieträger möglich ist. Damit lässt sich verhindern, dass eine Vielzahl von unkoordiniert gestreuten Anlagen entsteht.

- Wenn auf den Grundwasserschutz und auf einen effizienten Betrieb der Wärmepumpen geachtet wird, sind diese in den Wohngebieten zu fördern. Dies gilt insbesondere, wenn die elektrische Energie für den Betrieb der Wärmepumpen aus erneuerbaren Quellen (Sonne, Wind, Wasser) stammt.

- In den kommunalen Bauvorschriften sind die Standards für Neubauten und Renovationen bezüglich Energieeffizienz zu verschärfen.

- Die verbesserte Integration von Sonnenkollektoren und Photovoltaikanlagen in bestehende Bauten ist weiter zu fördern. Energieberater sowie kantonale und kommunale Energiefachstellen sollen die entsprechenden Informationen verbreiten.



5 Erneuerbare Energien in Land- und Forstwirtschaftsgebieten (inklusive Sömmerungsgebiete)

Für die Land- und Forstwirtschaft kann der Ausbau der erneuerbaren Energien einen interessanten zusätzlichen Produktionszweig darstellen. Synergien mit der Nutzung von Natur und Landschaft können entstehen, wenn bestehende Infrastrukturen zusätzlich zur Energiegewinnung genutzt werden (z. B. Solardächer auf bestehenden Landwirtschaftsgebäuden), die Mehrfachnutzung der Rohstoffe gefördert wird (sogenannte Kaskadennutzung beim Holz), anfallende land- und forstwirtschaftliche Neben- und Abfallprodukte energetisch genutzt werden (z. B. Gülle, Holzernterückstände) oder Flächen durch eine angepasste, energetische Nutzung ökologisch aufgewertet werden (z. B. mittelwaldähnliche Bewirtschaftungsformen). Zudem wird die Ansiedlung technologisch orientierter Unternehmen mit gut qualifizierten Arbeitsplätzen gefördert. Allerdings sind mögliche Nachteile für die Landschaftsqualität, die Biodiversität und die Umwelt zu beachten. Besonders problematisch sind Neubauten oder Neuanlagen in der freien Landschaft (mit entsprechenden Erschliessungen), eine Intensivierung der land- oder forstwirtschaftlichen Bewirtschaftung zu Energieversorgungszwecken oder eine Auslagerung der Produktion ins Ausland durch Flächenkonkurrenz (insbesondere in der Landwirtschaft). Wo die land- und forstwirtschaftliche Nutzung Vorrang hat, sind folgende Energieträger am wenigsten konfliktträchtig und zeigen manchmal sogar Synergien: Solaranlagen auf landwirtschaftlichen Bauten, Windkraftanlagen sowie Anlagen zur Nutzung der feuchten und trockenen Biomasse, sofern sie natur- und umweltverträgliche Kriterien erfüllen und einer kantonalen und interkantonalen Planung unterliegen.

Ausgangslage und spezifische Problemstellung

Für die Schweiz sind die vielfältigen, von der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung geprägten Kulturlandschaften ein identitätsstiftendes Markenzeichen. Gleichzeitig sind sie von grosser ökologischer, ästhetischer und wirtschaftlicher Bedeutung. Gut ein Drittel der Schweizer Landesfläche wird durch die Landwirtschaft mehr oder weniger intensiv genutzt, ein Drittel durch eine naturnahe Waldwirtschaft. Die multifunktionalen Aufgaben der Land- und Waldwirtschaft sind in der Bundesverfassung bzw. im Bundesgesetz über den Wald festgehalten. Neben der Erhaltung der Waldfläche in ihrer räumlichen Verteilung und der Förderung der Waldwirtschaft werden die Schutz-, Wohlfahrts- und Nutzfunktionen sowie die Erhaltung der natürlichen Lebensgemeinschaften als wichtige Funktionen des Waldes erkannt. Für die Landwirtschaft legt die Verfassung fest, dass sie einen Beitrag zur sicheren Versorgung der Bevölkerung, zur Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen,

zur Pflege der Kulturlandschaft und zur dezentralen Besiedlung des Landes zu leisten hat.

Das Ausbauszenario (Kapitel 2) beruht auf der Annahme, dass die technischen Möglichkeiten zur Nutzung der Biomasse sowie der Solar- und Windenergie in Land- und Forstwirtschaftsgebieten maximal ausgenutzt werden, unabhängig von Einschränkungen durch bestehende Infrastrukturnetze, Kosten oder rechtlichen und gesellschaftlichen Vorgaben. Der Ausbau der erneuerbaren Energieproduktion in den Land- und Forstwirtschaftsgebieten beeinflusst nicht nur das Landschaftsbild, sondern auch die Art und Weise, wie Agrar- und Waldökosysteme genutzt werden. Insbesondere sieht das Ausbauszenario vor, Wind, Wasser, Holz und Sonnenenergie viel stärker zu nutzen. Dieses Kapitel betrachtet, welche Konflikte und Chancen in Bezug auf Landschaftsqualität, Biodiversität und Umweltqualität (Luft, Boden, Wasser) sich durch einen solchen Ausbau in Gebieten mit einer ausgeprägten land- oder forstwirtschaftlichen Nutzung ergeben und welche Lösungsansätze sich dabei anbieten.

Konflikte und Chancen

Biomasse

Das Ausbauszenario schliesst den Anbau von Energiepflanzen aus, weil diese Energiequelle ineffizient ist. Somit ergeben sich durch dieses Szenario auch keine Konflikte mit der Nahrungsproduktion (Verdrängung von Flächen), mit der Biodiversität und der Umwelt (mehr Monokulturen und Intensivierung der Produktion). Im Gegensatz dazu bietet sich für Landwirtschaftsbetriebe an, Hofdünger (Gülle, Mist) vermehrt für die Produktion von Biogas zu verwerten. Dadurch entsteht eine Möglichkeit zur Diversifizierung der Betriebe. Synergien mit der Umweltqualität ergeben sich dadurch, dass auch Emissionen von Treibhausgasen und Luftschadstoffen (N_2O, CH_4, NH_3) vermieden werden, einerseits direkt durch die Lagerung und Ausbringung, andererseits indirekt über die Substitution fossiler Energie (CO_2). Längerfristig, d.h. bis zum Jahr 2050, wird, unter Berücksichtigung ökologischer Aspekte, das energetisch nutzbare Potenzial aus Biomasse auf rund 35 TWh geschätzt.[21] Konflikte aus der energetischen Nutzung der Biomasse in der Landwirtschaft könnten sich einzig ergeben, wenn Biogasanlagen als standortfremde Bauten in Naherholungs- und naturnahen Tourismusgebieten oder in Siedlungsnähe einen erheblichen Einfluss auf das Landschaftsbild haben (vgl. Kapitel 4 sowie Kapitel 6), die Transportwege lang sind, die Nutzung die nachhaltig verfügbare Menge an Biomasse übersteigt[22] oder wenn die Vergärung von grossen Mengen Co-Substraten in landwirtschaftlichen Biogasanlagen in Regionen mit grossem Nutztierbestand zu Nährstoffüberschüssen führt.[23] Zu berücksichtigen ist allerdings, dass Abfall-Biomasse und die für die Gärung notwendigen Co-Substrate auch in Zukunft nur in beschränkter Menge verfügbar sind und verschiedene Nutzungen zueinander in Konkurrenz stehen.

In der Forstwirtschaft stellt die Verwertung von Waldenergie- und Restholz zur Produktion erneuerbarer Energie (hauptsächlich von Wärme) den Hauptnutzen dar. Deren Ausbau kann zu Synergien mit der Zielgrösse Umweltqualität (Substitution) führen, besonders wenn Waldenergieholz im Sinne einer Mehrfachnutzung (z.B. zuerst Nutzung als Bauholz, später als Energieholz) optimal genutzt wird. Positive Effekte können sich für die Biodiversität ergeben, wenn licht- und wärmebedürftige Arten von den veränderten Umgebungsbedingungen durch die Waldbewirtschaftung profitieren. Weniger ertragreich, aber biodiversitätsfördernd wäre eine Flurholznutzung auf einwachsenden Landwirtschaftsflächen (oder Sömmerungsgebieten) in höheren Lagen. Auch Agroforstsysteme mit

[21] Akademien der Wissenschaften Schweiz (2012). Zukunft Stromversorgung Schweiz. 180 S. (www.proclim.ch/4dcgi/proclim/all/Media?2402)

[22] Steubing, B., R. Zah, P. Waeger, and C. Ludwig (2010): Bioenergy in Switzerland: Assessing the domestic sustainable biomass potential. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol.14 (8), pp. 2256–2265.

[23] Ernst Basler + Partner (2010): Grundlagen für ein Biomasse- und Nährstoffmanagement in der Schweiz – Schlussbericht. Bern, Bundesamt für Umwelt (BAFU).

einheimischen Baumarten liefern Holz und gelten als naturnah und ökologisch wertvoll.[24] Ihre Auswirkung auf Landschaft und Umweltqualität hängt stark von der jeweiligen Lage ab und sie bedeuten eine Flächenkonkurrenz für andere landwirtschaftliche Kulturen.

Eine Maximierung des Energieertrags aus Holz würde zu einer Intensivierung der Waldnutzung führen, was die Lebensräume von gefährdeten holzbewohnenden Arten stark beeinträchtigen könnte und zu einer Verkürzung der Umtriebszeiten führen würde, also zu einer Verjüngung des Waldes. Sowohl die Aufgabe der naturnahen Waldwirtschaft als auch der Anbau von schnellwüchsigen, nicht einheimischen Baumarten beeinträchtigen die Biodiversität und dadurch die Leistungen des Ökosystems Wald sowie das Landschaftsbild. Durch einen erhöhten Holzaustrag wird auch die Nährstoffversorgung des Bodens gefährdet, was zu instabilen Wäldern und verschlechterten Wachstumsbedingungen führt. Konfliktsituationen ergeben sich u. a. durch Eingriffe wie Zufahrtswege und Bodenbeschädigungen, wenn alte Bäume und Totholz auf Kosten natürlicher Lebensgemeinschaften zur Energiegewinnung entfernt werden, wenn Waldenergieholz andere Holznutzungen konkurrenziert, wenn ein Wald seine Schutz- oder Erholungsfunktion einbüsst oder wenn Restholz nicht mehr für die Weiterverarbeitung (z. B. Spanplattenproduktion) zur Verfügung steht. Angesichts des wachsenden Interesses an der Verwendung von Bauholz anstelle von Stahl und Beton würde der Mangel an inländischem Bauholz den Import von Bauholz erhöhen, mit negativen Folgen für die Umwelt, da beim Transport zusätzliche Emissionen entstehen. Die Problematik der übermässigen Holznutzung würde so ins Ausland verlagert.

Insgesamt wächst heute mehr Holz nach als genutzt wird bzw. abstirbt. Der Grund dafür ist, dass der Wald nicht mehr genutzte Landwirtschaftsflächen im Berggebiet zurückerobert. 2010 wurden in der Schweiz 5,1 Mio. m^3 Holz genutzt, 1,6 Mio. m^3 davon wurde für die Energieproduktion benötigt.[25] Dabei gibt es grosse regionale Unterschiede: So ist die Holznutzung (einschliesslich Absterberate) in den Voralpen und im Mittelland bereits höher als der Holzzuwachs.

Gemäss Modellrechnungen, die auf verschiedenen Zukunftsszenarien basieren, liegt das nachhaltig verfügbare Nutzungspotenzial im Schweizer Wald theoretisch zwischen 7,1 und 8,1 Mio. m^3 pro Jahr.[26] Dies würde einer Zunahme im Vergleich zu heute von ca. 50 Prozent entsprechen. Allerdings wurden bei diesen Berechnungen sowohl eine angemessene Menge an Habitatbäumen und Totholz für die Biodiversität als auch die Wirtschaftlichkeit nicht berücksichtigt.

Fazit: Eine verstärkte Energieholznutzung ist in Bezug auf die Biodiversität und die Landschaft nur dann einigermassen konfliktfrei, wenn ausreichend Totholz und Habitatbäume bei der Holzernte auf der Fläche verbleiben. Synergien ergeben sich durch die Förderung von Mittelwäldern, Wytweiden und Niederwäldern, die eine gewisse energetische Holznutzung erlauben und gleichzeitig eine traditionelle Kulturlandnutzung darstellen. Zusätzlich birgt die energetische Verwertung von Hofdünger ein vielversprechendes Potenzial. Allerdings ist dieses durch die hohe Konkurrenz um Co-Substrate limitiert.

Solarintensive Variante

Mit der solarintensiven Variante nimmt der Druck auf die land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen ab, weil ein grösserer Anteil der benötigten Energie durch die Nutzung von Dachflächen generiert wird und so die Biomassenutzung gegenüber dem Ausbauszenario um 30 Prozent weniger stark genutzt werden muss. Damit können zwar weiterhin bestehende Potenziale der Biomassenutzung

[24] Ernst Basler + Partner (2009). Biomassekulturen in der Schweiz: Potenziale, Technologie und Auswirkungen. Schlussbericht.

[25] Bundesamt für Umwelt (BAFU) und Bundesamt für Statistik (BFS; Hrsg.) (2012): Forststatistik 2011 (www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/news/01/nip_detail.html?gnpID=2012-114)

[26] Bundesamt für Umwelt (BAFU, Hrsg.) (2011): Holznutzungspotenzial im Schweizer Wald. Bern, 80 S. (www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01618/index.html?lang=de)

verstärkt genutzt werden, aber mögliche Konflikte werden reduziert.

Solarenergie

In der Landwirtschaft können die Dächer von Betriebsgebäuden vermehrt für die Energieproduktion genutzt werden, ohne dass dies zu Konflikten mit anderen Zielgrössen führt. Grundsätzlich muss die Gestaltung und Einpassung der Solardächer aber sorgfältig erfolgen. Die entstehende Wärme kann abgeführt und ebenfalls genutzt werden, z.B. zum Trocknen von Gras. Bei der kombinierten Nutzung (elektrisch-thermisch) beträgt der Wirkungsgrad 50 bis 70 Prozent.[27] Mit der Gewinnung von Solarenergie könnte die Wirtschaftlichkeit der bestehenden Infrastruktur von landwirtschaftlichen Betrieben verbessert werden.

Freiflächen werden in Zukunft immer begehrter. Verschiedene Nutzungen stehen in Konkurrenz zueinander: Das Land wird für die Landwirtschaft gebraucht, als Erholungsraum genutzt, oder es soll als Bauland und als Flächen zur Erhaltung der Biodiversität zur Verfügung stehen. Die Energieproduktion sollte in erster Linie auf bebauten Flächen und auf Infrastrukturen erfolgen, allenfalls auch auf wenig produktiven Flächen, wie Brachen oder ehemaligen industriell oder militärisch genutzten Flächen. Mit dem Bau von Solaranlagen auf Landwirtschaftsland könnte nicht nur die Wertschöpfung erhöht werden, sondern es könnten auch die negativen Umweltwirkungen reduziert werden, wenn die Flächen heute landwirtschaftlich intensiv genutzt werden, etwa mit Monokulturen, die einen hohen Einsatz von Dünger und Maschinen erfordern. Allerdings steht die Errichtung von Solaranlagen auf fruchtbarem Landwirtschaftsland in direkter Konkurrenz zur Nahrungsmittel- und Futterproduktion. Auf ökologisch und landschaftlich wertvollen Flächen (extensive Kulturen, ökologischer Ausgleich) birgt die Errichtung von grösseren Solarparks Konfliktpotenzial bezüglich Landschaftsqualität und Biodiversität. Die Energieanlagen führen zur Veränderung und je nach Lage auch zur Zerschneidung von Lebensräumen und mindern den ökologischen und ästhetischen Wert der Landschaft. Der Konflikt mit der Biodiversität ist besonders auf



Abbildung 4.1: Geplantes Solarkraftwerk im luzernischen Inwil. (Fotomontage, Quelle: Centralschweizerische Kraftwerke AG)

[27] Van Caenegem L., Bolhalder H., Dörfler, R., Gazzarin, C., Nydegger, F., Ott, H.R., Pasca, A., Schmidlin, A. (2009). Thermische Nutzung von In-Dach-Photovoltaikanlagen. ART-Berichte 709, Agroscope Reckenholz-Tänikon, Ettenhausen.

Flächen gross, die ein geringes landwirtschaftliches Ertragspotenzial aufweisen, da solche Flächen eine Förderung und Erhaltung der Biodiversität in der Kulturlandschaft ermöglichen. Wenn die extensive Nutzung von Wiesen und Weiden zugunsten von Solarparks aufgegeben wird, kann dies das Verschwinden von Arten und Lebensräumen begünstigen, da diese auf eine solche Nutzung angewiesen sind. Im ist Einzelfall zu prüfen, ob extensive Weiden (z.B. Schafweiden) im Sinne einer Zusatznutzung mit Solaranlagen kombiniert werden können.

Solarintensive Variante

Ein Ausbau der Solarenergiegewinnung auf bestehenden Dachflächen landwirtschaftlicher Gebäude birgt keine wesentlichen Konflikte. Moderne technologische Bauelemente sollen auf bestehenden Bauten und Anlagen harmonisch in die vorhandene Umgebung integriert werden, so dass ein Konflikt mit Ortsbild und Denkmalschutz in den meisten Fällen vermieden werden kann. Im Landwirtschaftsbereich könnten längerfristig (d.h. bis zum Jahr 2030) mehrere Tausend Solardächer auf Gebäuden betrieben werden.

Windenergie

Die Nutzung der Windenergie lässt sich räumlich gut mit der Landwirtschaft kombinieren, da Windenergieanlagen im Betrieb nur wenig Fläche beanspruchen und die landwirtschaftliche Nutzung der dazwischen liegenden Flächen kaum beeinträchtigt wird (siehe auch Kapitel 4). In Landwirtschaftsgebieten können kleine Leichtwindanlagen zur Selbstversorgung von landwirtschaftlichen Betrieben beitragen. Sie gelten in diesem Fall als zonenkonforme Anlagen. Konflikte können sich aus der Sichtbarkeit der Anlagen ergeben. Beim Ausbau der Windenergie sind bestehende Landschaftswerte, die Biodiversität und die soziale Akzeptanz zu berücksichtigen, damit die Lebensräume und das Landschaftsbild nicht übermässig beeinträchtigt werden. In forstwirtschaftlich genutzten Gebieten gelten für Windenergieanlagen heute besonders strenge gesetzliche Anforderungen. Der Bau solcher Anlagen würde zwar zu geringeren Lärmbelastungen führen, dafür jedoch den Lebensraum und die Landschaft stärker belasten (z.B. durch Rodung oder durch eine physische und visuelle Störung). Dies kann zu erheblichen Konflikten mit dem Natur- und Landschaftsschutz sowie mit der Bevölkerung führen.

Interessensabwägung, Massnahmen und Instrumente

Die wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen bestimmen, ob es in der Landwirtschaft durch eine verstärkte Energieproduktion zu einer Diversifizierung kommen wird. Ob und in welchem Ausmass auf intensiv bewirtschaftetem Agrarland Bioenergie produziert wird, hängt von den finanziellen Anreizen (Subventionspolitik), vom Energiepreis und von den Agrarpreisen ab. Grundsätzlich ist eine Verlagerung von der Nahrungsmittel- hin zur Bioenergieproduktion weder politisch, sozioökonomisch noch ökologisch erwünscht, und angesichts des geringen Bioenergiepotenzials ist eine staatliche Förderung auch nicht vertretbar (siehe «Biomassestrategie Schweiz» und Zurückhaltung der Schweiz bei der Förderung von biogenen Treibstoffen).

Grössere Akzeptanz geniesst die Verwertung von biogenen Abfällen für die Energieproduktion. Dazu gehört die Vergärung von Gülle und Mist, bei der Biogas entsteht und als Nebenprodukt der Gärrest, der als Dünger verwertet wird. Allerding ist es vordringlich, dass die Anlagen und Transportwege unter Berücksichtigung des regionalen Stoffhaushalts und der Bodenfruchtbarkeit räumlich koordiniert werden. Die alleinige Vergärung von Gülle und Mist ist heutzutage wirtschaftlich nicht interessant; die Verwendung von Co-Substraten ist jedoch limitiert, besteht in diesem Bereich doch eine grosse Konkurrenz.

Im Forstbereich ist die vermehrte energetische Verwertung holzartiger Biomasse dann zu begrüssen, wenn das Prinzip der Mehrfachnutzung befolgt wird und keine Abkehr von einer naturnahen Waldbewirtschaftung erfolgt. Dabei dürfen alte Bäume und Totholz nicht vergessen werden.

Bei der vermehrten Solarenergiegewinnung auf bestehenden landwirtschaftlichen Gebäuden entste-

Tabelle 5.1: Konflikte, Lösungsansätze sowie Chancen und Synergien der Nutzung verschiedener erneuerbarer Energien in landwirtschaftlich und forstwirtschaftlich genutzten Gebieten. Die Konflikte sind klassiert bezüglich ihrer Bedeutsamkeit: fett: sehr bedeutsam, unterstrichen: mittel bedeutsam, normal: wenig bedeutsam.

	Konfliktbereiche	**Lösungsansätze**	**Chancen und Synergien**
Feuchte Biomasse	a) Übersteigen der nachhaltig verfügbaren Menge an Biomasse b) Regionale Nährstoffüberschüsse durch Vergärung grosser Mengen Co-Substrate c) Standortfremde Bauten sowie Infrastruktur für den Transport	a) Berücksichtigung des regionalen Stoffhaushalts und der Bodenfruchtbarkeit b) Berücksichtigung des regionalen Stoffhaushalts und der Bodenfruchtbarkeit c) Räumliche Koordination der Anlagen, kurze Transportwege	- Vermeidung von Treibhausgasemissionen - Diversifizierung der Landwirtschaft
Trockene Biomasse (Holz)	a) **Intensivierung der Waldnutzung auf Kosten der Biodiversität und der Nährstoffversorgung des Bodens** **b) Konkurrenz zur Nutzung als Bau- und Industrieholz; Beeinträchtigung der Schutz- und Erholungsfunktion des Waldes** c) Infrastruktur für den Transport d) Beeinträchtigung des Landschaftsbildes	a) Berücksichtigung einer flächendeckenden, naturnahen Waldbewirtschaftung mit genügend Totholz und Biotopbäumen b) Überregionale Planung unter Berücksichtigung der Anliegen der Forstwirtschaft, der Waldeigentümern, des Landschaft- und Naturschutz c) Kurze Transportwege	- Förderung von licht- und wärmebedürftigen Arten (nur unter bestimmten Voraussetzungen)
Solarenergie Einzelanlagen	a) Beeinträchtigung des Landschaftsbildes, Denkmalschutz	a) Gestaltung und Einpassung der Solardächer muss sorgfältig erfolgen	- Nutzung der Wärme für Trocknungszwecke - Diversifizierung der Landwirtschaft
Solarenergie Freiflächenanlagen	**a) Veränderung und Zerschneidung der Landschaft** **b) Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion** **c) Konkurrenz zur extensiven Nutzung von Landwirtschaftsflächen**	a) Verzicht, solange Einzelanlagen auf Bauten und Infrastrukturen möglich sind; wenn nötig, sich auf sorgfältig ausgewählte Flächen beschränken b) Verzicht, solange Einzelanlagen auf Bauten und Infrastrukturen möglich sind; wenn nötig, sich auf sorgfältig ausgewählte Flächen beschränken; mögliche nachhaltige Doppelnutzung prüfen c) Planung ausserhalb solcher Gebiete	
Windkraft	**a) Beeinträchtigung oder Zerschneidung von Lebensräumen** b) Beeinträchtigung des Landschaftsbildes c) Störung durch Schatten und Lärm	a) Frühzeitige Abklärung; Standort und Grösse der Anlagen auswählen und Betriebseinschränkungen in Betracht ziehen	- Diversifizierung der Landwirtschaft

hen keine wesentlichen Konflikte. Anders sieht es beim Bau von Solaranlagen auf Agrarland aus: Dort entstehen Konflikte mit der landwirtschaftlichen Nutzung und dem Landschaftsbild und der langfristigen Sicherung der Nahrungsmittelproduktion. Auf derartige Anlagen sollte in der Regel verzichtet werden.

Ähnliches gilt für die Nutzung der Windenergie. Der uneingeschränkte Bau von Windparks auf Agrarland und in Waldgebieten beeinträchtigt das Landschaftsbild, hat Auswirkungen auf die Biodiversität und die Ökosysteme und führt zu Beeinträchtigungen der Bevölkerung durch Geräusche und Beschattung. Dort, wo viele durchziehende, rastende oder nächtigende Tiere vorkommen (vor allem Vögel und Fledermäuse), wo besonders gefährdete oder störungssensible Tier- und Pflanzenarten leben oder wo allgemein eine grosse Artenvielfalt anzutreffen ist, spricht das Konfliktpotenzial gegen die Errichtung von Windparks (siehe auch[28]). Wie stark sich eine Windenergieanlage auf das Landschaftsbild, die lokalen Tier- und Pflanzenbestände oder temporär anwesende Individuen auswirkt, hängt weitgehend von den Verhältnissen am entsprechenden Standort ab. Mögliche Auswirkungen sollen frühzeitig, d.h. bereits während der Planungsphase, detailliert abgeklärt werden.

Empfehlungen

- Die energetische Verwertung von biologischen Abfällen aus der Landwirtschaft (z.B. Gülle und Mist) soll gefördert werden, ohne dass dadurch die ökologischen, biodiversitäts- und landschaftsfördernden Leistungen der Landwirtschaft beeinträchtigt werden. Die Einrichtung von Biogas-Grossanlagen sollte einer kantonalen, allenfalls auch interkantonalen (Raum-) Planung unterliegen, welche die Grösse des Einzugsgebietes und die zur Verfügung stehende Biomasse berücksichtigt.

- Die energetische Nutzung von Holz soll gefördert werden, solange nach der Holzernte ausreichend Totholz und Habitatbäume auf den Flächen verbleiben. Zusätzlich ist insbesondere die Mehrfachnutzung, die Nutzung von Holzrückständen und die Bewirtschaftung schwieriger oder weniger ertragsreicher Flächen (z.B. eingewachsene Landwirtschaftsflächen, Wytweiden) zu unterstützen. Auch die Holzbewirtschaftung sollte einer kantonalen Planung unterliegen, welche die Anliegen der Forstwirtschaft, der Waldeigentümer und des Landschaft- und Naturschutzes berücksichtigt.

- Anlagen zur Produktion von erneuerbaren Energien sollen vorrangig in bestehenden Bauten und Anlagen integriert und in der Umgebung von Siedlungen errichtet werden. (Solaranlagen in Landwirtschaftszonen sind in Art. 18a Raumplanungsgesetz geregelt.) So lassen sich zusätzliche Erschliessungs- und Übertragungsanlagen vermeiden.

- Für den Bau von Anlagen zur Wind- und Solarenergiegewinnung im Freiland braucht es eine umfassende Standortbewertung, damit den Anliegen des Natur- und Landschaftsschutzes angemessen Rechnung getragen werden kann. Dabei sollen auch Standorte einbezogen werden, die zwar einen geringeren Energieertrag erbringen, dafür aber auch weniger Konfliktpotenzial mit dem Natur- und Landschaftsschutz und der Bevölkerung aufweisen. Die ausgewiesenen Flächen sollten raumplanerisch festgelegt werden.

[28] Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bundesamt für Raumplanung (ARE) und Bundesamt für Energie (BFE, Hrsg.) (2010): Empfehlungen zur Planung von Windenergieanlagen. Bern. (www.bfe.admin.ch/themen/00490/00500/index.html?lang=de&dossier_id=04426)

Weiterführende Literatur

Bundesamt für Energie (BFE, Hrsg.) (2007): Ökobilanzen von Energieproduktion. Ökologische Bewertung von Biotreibstoffen. Bern. (www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/8514.pdf)

Kampa A., Wolfensberger, U. (2007). Biotreibstoffe – Grundlagen für die Beurteilung aus Schweizer Sicht. ART Schriftenreihe 5, 66 S.

Lachat et al. (2010). Wandel der Biodiversität in der Schweiz. Ist die Talsohle erreicht? Haupt Verlag, Bern.

Peter, S. (2008). Bioenergieproduktion auf Agrarland – Utopie oder bald Realität? Agrarforschung 15(8), 414–416.

Meyerhoff, J., Cornelia Ohl, Volkmar Hartje (2008). Präferenzen für die Gestaltung der Windkraft in der Landschaft – Ergebnisse einer Online-Befragung in Deutschland. (www.landschaftsoekonomie.tu-berlin.de/fileadmin/a0731/uploads/publikationen/workingpapers/WP_24_Meyerhoff_Ohl_Hartje_Praeferenzen_fuer_die_Gestaltung_der_Windkraft.pdf)

TA-Swiss (2010): Future Perspectives of 2nd Generation Biofuels. Vdf-Hochschulverlag der ETH-Zürich, 328 S.



6 Erneuerbare Energien und Tourismus

Für die touristische Nutzung sind vor allem die Folgen auf das Landschaftsbild und die natürliche Umgebung von Bedeutung, wenn die erneuerbare Energieproduktion markant ausgebaut wird. Veränderungen in der Nutzung der Landschaft können die Attraktivität je nach dem vermindern oder erhöhen. Bei intensiver touristischer Nutzung erleichtert die vorhandene Infrastruktur die Realisierung von Anlagen zur Energieerzeugung (z. B. Installation und Netzanbindung in Gebirgsgebieten). Überdies sind solche Tourismuslandschaften bereits durch technische Anlagen geprägt und eignen sich daher besonders für eine Nutzung erneuerbarer Energien. Dazu kommt die Möglichkeit, die Symbolwirkung von erneuerbaren Energieanlagen in Bezug auf das Umweltbewusstsein, die Modernität und Nachhaltigkeit für das Marketing zu nutzen.
Für die Diskussion der Chancen und Risiken, die sich aus der Nutzung der erneuerbaren Energien ergeben, empfiehlt sich, die Tourismusregionen zu unterteilen in einerseits stark genutzte Gebiete mit einem hohen Ausbaugrad an technischen Anlagen sowie andererseits in naturnahe Regionen mit traditionellem und naturnahem Landschaftsbild. Im Weiteren wird empfohlen, Vorschriften für die Nutzung von erneuerbaren Energien beim Betrieb touristischer Infrastrukturen auszuarbeiten. Die Nutzung von Anlagen, bei welchen Wasser über grössere Höhenunterschiede fliesst, für die Stromgewinnung ist zu fördern (z. B. bei Beschneiungsanlagen aus Speicherseen). Tourismusverbände und -gemeinden sind aufgefordert, Empfehlungen und Anleitungen zur Verbesserung der Energieeffizienz, inklusive Massnahmen im Reiseverkehr, und zur Nutzung erneuerbarer Energien zu erarbeiten und an ihre Mitglieder bzw. Anbieter abzugeben.

Ausgangslage und spezifische Problemstellung

Das Landschaftsbild mit seinen kulturellen Einflüssen und die Naturelemente (Gletscher, Berge, Wälder, Geländeformen, Flora und Fauna, etc.) sind für die Attraktivität des schweizerischen Tourismus von herausragender Bedeutung und müssen deshalb bei Eingriffen und geplanten Veränderungen entsprechend gewichtet werden. Für einen Teil der Besucher steht hingegen nicht das Natur- und Landschaftsbild, sondern die Nutzung von technischen Anlagen und Infrastrukturen (Hotels, Sportanlagen, Seilbahnen, etc.) im Vordergrund. Es stellt sich deshalb die Frage, wie die Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energie neben anderen Infrastrukturen optimal in die Landschaft integriert werden können, ohne das Landschaftsbild und die Naturräume (inkl. Biodiversität) nachteilig zu verändern. Dabei darf in Bezug auf die Wahrnehmung der Landschaft durch die Touristen von einem Gewöhnungseffekt ausgegangen werden, d. h. die Bewertung des Natur- und Landschaftsbildes ist nicht statisch. Heute stören sich in stark mit Transportanlagen ausgebauten Gebieten nur wenige Touristen am Bild von Seilbahnmasten, da diese für die Besucher mit einem Nutzen verbunden sind. Leute, die sich daran stören, fahren eher in naturnähere Gebiete. Verän-

derungen in der Nutzung der Landschaft können die Attraktivität wesentlich beeinträchtigen (z.B. durch Installationen in naturnahen Landschaften), aber auch erhöhen, z.B. indem sie das Bild von moderner, umweltgerechter und nachhaltiger Technik vermitteln.

In gewissen Fällen können Anlagen zur Energieerzeugung sportliche Aktivitäten beeinträchtigen. So haben beispielsweise grosse Windanlagen je nach Standort Auswirkungen auf das Gleitschirmfliegen. Zudem sind die Anliegen und Regelungen des Landschafts-, Heimat- und Denkmalschutzes zu beachten (z.B. bei Solaranlagen in traditionellen Bergdörfern oder in touristisch wichtigen historischen Stadtteilen).

Auch für touristisch genutzte Gebiete stellt sich die grundsätzliche Frage, ob eher eine Konzentration von Anlagen in bestimmten Tourismus-Gebieten (Schaffung von «Typgebieten» oder «Eignungsgebieten») oder eine möglichst unauffällige breite Verteilung anzustreben ist.

Die Tourismusindustrie sieht sich in den letzten Jahren einem stark wachsenden Energiebedarf (Seilbahnen statt Skilifte, Beschneiung, Wellnessangebote u.a.) und gleichzeitig steigenden Energiepreisen gegenüber. Der effiziente Energieeinsatz und die Gewinnung erneuerbarer Energien wird auch aus ökonomischen Gründen zu einem zentralen Thema. Die Tourismusindustrie beginnt sich deshalb in diesem Bereich vermehrt zu engagieren. Kürzlich hat z.B. Seilbahnen Schweiz eine ausführliche Studie zum Energiemanagement von Bergbahnen erarbeiten lassen.[29] Viele Tourismusfachleute sind gegenüber erneuerbaren Energien grundsätzlich positiv eingestellt.

Das Kapitel diskutiert für verschiedene Energieformen Konflikte und Synergien in Bezug auf verschiedene Raumnutzungsarten (z.B. als «Kulisse» oder als «Aktivitätsraum»), entsprechende Lösungsansätze, vorhandene Planungsinstrumente und allfälligen Änderungsbedarf.

Konflikte und Chancen

Windkraft

Bisher gibt es erst sehr wenige Windkraftanlagen in touristisch genutzten Gebieten. Windkraftanlagen sind häufig auf relativ weite Distanz sichtbar. Sie können für Besucher eine touristische Attraktion darstellen (Beispiel Mont Crosin) und daher auch als Symbol genutzt werden. Windenergie hat (wie auch andere erneuerbare Energien) einen gewissen Sympathiebonus. Verschiedene Destinationen wünschen sich daher heute diese Sichtbarkeit. Damit lässt sich zeigen, dass eine Region Verantwortung für Nachhaltigkeit und eine umweltgerechte Energieversorgung übernimmt und z.B. die Energie für den Betrieb der touristischen Infrastruktur erneuerbar und selber produziert (z.B. Skigebiet Sattel-Hochstuckli[30]). In gewissen Regionen kann auch symbolisiert werden, dass die Region für windverbundene Sportarten (Segeln, Surfen, Drachenfliegen, Kitesurfen u.ä.) geeignet ist. Windkraftanlagen wirken allerdings nur so lange attraktiv, als nicht überall solche Anlagen stehen. Sie stellen nämlich auch einen sehr markanten Eingriff in das Landschaftsbild dar und haben diesbezüglich eine negative Wirkung. Aus Sicht des Landschafts- und Heimatschutzes sind Einzelsymbole, wie zum Beispiel eine einzelne Windanlage, als «Werbeträger» weniger erwünscht. Energieparks hingegen, die sich im Idealfall nicht auf einen Energieträger konzentrieren, könnten sich als Attraktion zusätzlich hervorheben lassen.

Die positive (als Symbol) oder negative Wahrnehmung (als Störfaktor) hängt von der persönlichen Einstellung des Betrachters sowie auch stark vom Standort ab. Die Standortwahl ist deshalb sehr wichtig. Eine Rolle spielt dabei die «logische Lesbarkeit» der Anlage, d.h. eine Verbindung mit anderen Energieanlagen (z.B. Speicherseen) oder technischen Anlagen (Seilbahnen, Skilifte, Stromleitungen). Im Jura könnten beispielsweise auch reine «Windlandschaften» ein «logisches» Bild ergeben.

---

[29] Seilbahnen Schweiz SBS und Grischconsulta (Hrsg.), 2010: Energiemanagement Bergbahnen. SBS Schriften 05_d, 162 S.

[30] www.nzz.ch/nachrichten/zuerich/stadt_und_region/aus_wind_schnee_erzeugen_1.8593973.html

Eine Umfrage[31] in den österreichischen Skigebieten Salzstiegl und Lachtal (269 ausgefüllte Fragebögen) ergab eine hohe Akzeptanz einer Windenergieanlage durch die Skitouristen. Die rund 100 Meter hohe Anlage auf einer Krete oberhalb des Skigebiets wurde von 95 Prozent der Befragten bewusst wahrgenommen. Über 90 Prozent der Skitouristen haben eine gute bis sehr gute Meinung zur Anlage (über 60 Prozent «sehr gut»). Lediglich 7,6 Prozent fühlten sich durch die Anlage «belästigt». Knapp 80 Prozent befürworteten generell den Einsatz von Windkraftanlagen auch im alpinen Bereich. In einer neueren Studie in vier österreichischen Skigebieten[32] waren die Teilnehmer etwas skeptischer gegenüber der Windkraft (allerdings befragt zu einer «hypothetischen Situation» ohne sichtbare Anlage), aber allgemein gegenüber erneuerbaren Energien positiv eingestellt. Weitere Umfragen in Deutschland zeigen, dass viele Touristen die Windkraft mit Modernität, Innovation und Umweltschutz verbinden.

In einigen Regionen kann die Windenergie, deren geeignetste Standorte vor allem in wirtschaftlich eher schwachen Gebieten liegen (z.B. abgelegenen Berggebiete, Jura), für kleine Gemeinden eine zusätzliche Einnahmenquelle darstellen. Arbeitsplätze werden dadurch jedoch kaum generiert.

In touristisch stark genutzten Gebieten der Schweiz sind vor allem Passlagen für Windenergie geeignet. Gleichzeitig werden Passlagen häufig von Zugvögeln genutzt, was zu Konflikten mit dem Naturschutz führt. Tallagen sind hingegen nur ausnahmsweise geeignet (z.B. im Oberwallis) und bieten auch mehr Konfliktpotenzial mit der lokalen Bevölkerung (Lärm u.a.). Die Bedeutung von Passlagen für das gesamte Landschaftsbild einer Region sowie die Bedeutung des Landschaftsbildes für Durchreisende ist je nach Region abzuklären. So ist beispielsweise der Grimselpass für grosse Teile des Oberwallis kaum einsehbar und für das Landschaftsbild des Oberwallis deshalb eher von untergeordneter Bedeutung.

2010 hat das Bundesamt für Energie (BFE) überarbeitete Empfehlungen für Windenergieanlagen[33] veröffentlicht. In diesen Empfehlungen sind die potenziellen Konflikte gut repräsentiert, es fehlen jedoch allfällige positive Aspekte und Synergien. So wird der Standortfaktor «Erholungs- und Tourismusgebiet» ausschliesslich als Vorbehalts- bzw. Ausschlusskriterium dargestellt. Der bewusste Einsatz von alternativen Energieanlagen in Tourismusgebieten aufgrund ihrer Symbolwirkung wird nicht aufgeführt. Ebenso fehlt ein Hinweis darauf, dass die Schaffung von «Energiepärken» bzw. -zonen in Tourismusgebieten eine positive Wirkung haben kann. Diese Punkte sollten berücksichtigt und in kantonalen Richt- und Sachplänen aufgenommen werden.

Touristisch genutzte Gebiete mit grösseren Infrastrukturanlagen sind in vielen Fällen Gebiete, die sich in Gebirgsgegenden aufgrund vorhandener Erschliessung und bereits vorhandener Anlagen technisch und wirtschaftlich für den Bau von Windanlagen relativ gut eignen (unter Vorbehalt der Windverhältnisse und der Auswirkungen auf die Umwelt). Es scheint deshalb sinnvoll, einen Teil der geplanten Anlagen in touristisch genutzten Gebieten im Gebirge zu platzieren und entsprechende Abklärungen (inkl. Umweltauswirkungen) vorzunehmen.

Wasserkraft

Die Wasserkraft leistet in der Schweiz den grössten Beitrag zur Stromproduktion. In vielen Bergregionen hat die Nutzung der Wasserkraft die Landschaft stark verändert. Ein Beispiel dafür ist das Grimselgebiet mit seinen zahlreichen Stauseen (Oberaarsee, Grimselsee, Räterichsbodensee, Gelmersee). Die mit Stauseen verbundene Landschaftsveränderung

---

[31] Frühwald, O., 2009: Windenergienutzung in Schigebieten. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 59. Wien, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. www.nachhaltigwirtschaften.at/publikationen/view.html/id756

[32] Pröbstl, U. et al. 2011: Renewable energy in winter sports destinations – desired, ignored or rejected? In: Borsdorf, A. et al. (eds.): Managing Alpine Future II, IGF-Forschungsberichte Band 4, Wien, S. 309–318.

[33] Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bundesamt für Raumplanung (ARE) und Bundesamt für Energie (BFE, Hrsg.) (2010): Empfehlungen zur Planung von Windenergieanlagen. Bern. (www.bfe.admin.ch/themen/00490/00500/index.html?lang=de&dossier_id=04426)

hat aus der Sicht des Tourismus sowohl positive als auch negative Effekte. Seen und insbesondere deren Ufer sind sehr beliebte Ausflugsziele, in den Bergen vor allem im Sommer. Diverse Stauseen ziehen daher viele Ausflugsgäste an. Nachteilige Auswirkungen auf das Landschaftsbild haben hingegen die Staumauern. In Einzelfällen lassen sich diese Nachteile mit der Anpreisung als technisches Wunderwerk, mit «Rekorden» (z.B. grösste, höchste, breiteste, älteste Staumauer in den Alpen) oder mit touristischen Attraktionen (Bungee Jumping, Kletterroute) kompensieren. Vor allem im Frühsommer können auch die vegetationslosen Seeufer bei tiefem Wasserstand störend wirken. Bei stark schwankendem Wasserstand kann sich keine artenreiche und attraktive Uferlandschaft entwickeln wie dies bei natürlichen Seen der Fall ist. Nachteilig für den touristischen «Wert» der Landschaft wirkt sich auch die Trockenlegung von Bächen aus. Fliessendes Wasser mit entsprechender Fauna und Flora ist ein sehr wichtiges Element einer lebendigen Landschaft. Eine stark schwankende Wasserführung kann die Nutzung von Fliessgewässern als touristisches Element sogar verhindern, da der Aufenthalt an diesen Gewässern lebensgefährlich sein kann.

Es bieten sich verschiedene Möglichkeiten, die Wasserkraft in Kombination mit touristischen Anlagen zu nutzen. In den letzten Jahren wurden immer mehr Speicherseen für die winterliche Beschneiung von Skipisten gebaut. Solche Speicherseen können im Sommer touristisch genutzt werden (Bsp. Engelberg), sie bieten aber auch das Potenzial für die Nutzung als Energiequelle durch kleine Elektrizitätswerke in den Leitungen (Bsp. Rauris/AUT oder das Projekt Elmer Hydro).

Der vermehrte Bau von Kleinwasserkraftwerken (KWK) kann in touristischen Gebieten v.a. dort sinnvoll sein, wo das Wasser auch für andere Zwecke (Beschneiung, Trinkwasser, etc.) genutzt wird oder wo das Wasser bereits heute relativ stark genutzt wird. Das Instrument der Schutz- und Nutzungsplanung gemäss Gewässerschutzgesetz[34] soll einen ökologisch sinnvollen Ausbau regeln. Die Erfahrung zeigt jedoch, dass dieser Anspruch nicht immer erfüllt wird und dieses Instrument deshalb verbessert oder ergänzt werden müsste.



Abbildung 5.1: Pilotanlage Bellwald: Photovoltaikanlage an bestehenden Lawinenverbauungen. Quelle: Enalpin AG.

[34] Bundesamt für Umwelt (Hrsg.), 2009: Schutz- und Nutzungsplanung nach Gewässerschutzgesetz. Erfahrungen, Beurteilungskriterien und Erfolgsfaktoren. Bern, BAFU, 72 S.

Solarenergie

Solarkraftwerke

Werden Solarkraftwerke auf Freiflächen ins Auge gefasst, stellt sich die Frage, wo es mögliche Standorte gäbe. Im Mittelland ist der Boden relativ teuer und die Besonnung vor allem im Winter ziemlich niedrig. In den Alpen hingegen ist die Sonneneinstrahlung relativ hoch. In Österreich wurden vereinzelt bereits Kraftwerke in Tourismusgebieten gebaut (Beispiel Solarkraftwerk Werfenweng[35]).

Eine weitere Möglichkeit ist die kombinierte Nutzung mit Schutzbauten. So könnten Photovoltaikanlagen auf Lawinenverbauungen installiert werden. Zurzeit gibt es dazu Pilotanlagen in St. Antönien (GR) und Bellwald (VS) (siehe Abb. 5.1). Auch alte Steinbrüche können als Standort in Frage kommen (Projekt in Quinten).

Sonnenkraftanlagen (insbesondere auf Freiflächen) verändern das Landschaftsbild. Sie beeinträchtigen einerseits das Bild einer naturnahen Landschaft, so wie jede andere technische Infrastrukturanlage auch. Andererseits können sie in touristischen Regionen – vor allem in Verbindung mit technischer Infrastruktur – auch als Positionierungsmerkmal dienen. Allenfalls könnten auch Stauseeflächen im Sinne einer Mehrfachnutzung für grössere PV-Anlagen genutzt werden. Dazu gibt es bisher jedoch keine konkreten Projekte. Wie bei den Windanlagen weisen stark touristisch genutzte Gebiete in Bergregionen auch bei der Sonnenenergie Standortvorteile auf (bestehende Infrastruktur, technisch geprägtes Landschaftsbild).

Einzelanlagen Solarenergie (Wärme und Strom)

Wärme wird wegen der Transportverluste am sinnvollsten dort produziert, wo sie genutzt wird, d.h. am beheizten Gebäude. Solarwärme hat ein grosses Potenzial für den Tourismus, insbesondere für das Beheizen von Hotels, Ferienwohnungen, SAC-Hütten, etc. In Österreich nutzen bereits 7 Prozent der Hotels Solarwärme für das Heizen.

Ein beträchtlicher Teil des heutigen Stromverbrauchs kann auf geeigneten Gebäuden produziert werden. Bevor Freiflächen und insbesondere landwirtschaftliche Flächen ins Auge gefasst werden, sollte deshalb primär dieses Potenzial genutzt werden. Vor allem bei Neubauten ist die Verbindung mit Design eine grosse Chance im Tourismusbereich. Die Schweiz kann sich als innovativ präsentieren. Highlights wie beispielsweise die neue Monte-Rosa-Hütte können in dieser Hinsicht ein positives Image vermitteln. Die Hotellerie in der Schweiz ist bisher vergleichsweise wenig aktiv. Auch bei Ferienhäusern und Zweitwohnungen besteht Potenzial, Sonnenenergie für die Stromproduktion zu nutzen.

Bei der Installation von Solaranlagen in Tourismusorten sollte auf eine sorgfältige Integration ins Ortsbild geachtet werden. Auch ursprüngliche Dörfer ertragen moderne Bauten, und die Wahrnehmung wandelt sich mit der Zeit. In Städten können bei einem grossen Potenzial von Gebäudeflächen historische Stadtkerne ausgespart werden.

Für die Stromproduktion eignen sich auch Flächen von Transportanlagen (z.B. Seilbahnstationen, Masten). So wurde in St. Moritz unter dem Label «Clean Energy» das ganze Trassee sowie die Berg- und Talstation der Bahn zum Piz Nair mit Photovoltaikzellen versehen. In Tenna im Safiental wurde im Dezember 2011 ein «Solarskilift» in Betrieb genommen.[36] Vor allem die geringe Wirtschaftlichkeit ist bisher noch ein Hindernis für eine verbreitete Einführung solcher Anlagen.

Biomasse

Biomasse-Produktionsanlagen wie z.B. das Heizwerk «Holzwärme Grindelwald»[37] (Betrieb seit Herbst 2010; Biogasanlage in Interlaken ist projektiert) sind Einzelanlagen, die kaum eine Konkurrenz für andere Raumnutzungen darstellen. Die Nutzung von Grünabfällen kann mit der Nutzung landwirtschaftlicher Flächen und damit mit dem Erhalt eines abwechslungsreichen Landschaftsbildes insbesondere in Berggebieten einhergehen (Verwendung landwirtschaftlicher Rest-

[35] Solarkraftwerk (235 KW) in der kleinen Pongauer Tourismusgemeinde Werfenweng im Salzburgerland www.sharp.de/cps/rde/xchg/de/hs.xsl/-/html/7848.htm

[36] www.solarskilift.ch/

[37] www.holzwaerme-grindelwald.ch/HWG/Home.aspx

stoffe; siehe Kapitel 5). In Tourismusgebieten hat die Biomassenutzung auch ein grosses Synergiepotenzial mit der Gastronomie, weil Speisereste und Küchenabfälle verwertet werden können.

Geothermie und Umgebungswärme

Da sich grössere Anlagen für die Produktion von Strom aus tiefer Geothermie vor allem an Standorten mit Abnehmern für Wärmeenergie eignen, kommen für solche Anlagen primär grössere (Tourismus-)Orte und Städte in Frage, wo die Möglichkeit einer Fernwärmenutzung besteht. Auch Seen können für die Wärmeversorgung genutzt werden: In St. Moritz wird ein Hotel sowie ein Schulhaus mit Wärme aus dem St. Moritzersee beheizt.

Interessensabwägung, Massnahmen und Instrumente

Für Tourismusregionen ist die Schaffung von Energielandschaften zu empfehlen, da für diese Regionen eine Charakterisierung (naturnahe Gebiete vs. moderne, klimafreundliche Gebiete) ein wichtiges Vermarktungsinstrument sein kann.

Energieproduktionsanlagen in Kombination mit touristischer Infrastruktur (z.B. Solaranlagen auf Transportinfrastruktur, Nutzung von Beschneiungsanlagen für Wasserkraft) sind förderungswürdig und sollten bei der Ausgestaltung von Förderinstrumenten berücksichtigt werden.

Verschiedene touristisch geprägte Regionen setzen sich das Ziel der «Energieautonomie», d.h. sie wollen ihren Bedarf mit regionalen, erneuerbaren Energien decken (z.B. Goms, Toggenburg).[38] Der regionale Tourismus ist von dieser Entwicklung in mehrfacher Hinsicht betroffen: Auf der einen Seite muss er die «Energiewende» mittragen; auf der anderen Seite kann er von Produkten (z.B. E-Mobilität), einem Imagegewinn (z.B. Vorreiterrolle) und – wie einige Beispiele aus dem benachbarten Ausland zeigen – vielleicht auch von einem eigentlichen Energietourismus profitieren.

Energielandschaften können auf zwei Ebenen positive Wirkungen zeigen: Erstens dienen sie dem Image und der Positionierung und zweitens ermöglichen sie den nachhaltigen Umgang mit Energie bzw. die Erzeugung von Energie als touristisches Zusatzprodukt. Grundsätzlich kann man zwischen einem fachorientierten (z.B. Güssing, Burgenland) und einem erlebnisorientierten «Energietourismus» unterscheiden. Beispiele aus der Schweiz sind der Energie-Erlebnispfad zwischen dem Mont Soleil und dem Mont Crosin, das «Erlebnis Energie Entlebuch»[39] oder die Wasserkraftanlagen auf der Grimsel und an der Grande Dixence. Grossanlagen haben diesbezüglich mehr Wirkung als Kleinanlagen, die – vor allem wenn sie an vielen Orten vorkommen – nicht mehr als einzigartig wahrgenommen werden.

Neben den üblichen Kriterien (Ökologie, Schutzstatus etc.) gibt es für touristisch stark genutzte Gebiete auch spezifische Aspekte, die bei einer Interessensabwägung berücksichtigt werden sollten:

- Die Wirkung auf Touristen muss sorgfältig abgeklärt werden, insbesondere durch das veränderte Landschaftsbild sowie durch Lärmemissionen (Windenergie) und Geruchsemission (Biomasse). Dabei ist zu berücksichtigen, wie stark die Landschaft bereits durch vergleichbare touristische Anlagen beeinträchtigt wird (v.a. Transportanlagen). In Bezug auf das Landschaftsbild ist mit einem gewissen Gewöhnungseffekt zu rechnen (Indikatoren: Anlagengrösse, Auffälligkeit, Lärmemissionen der geplanten Energieanlagen im Vergleich zu der vorhandenen Infrastruktur).

- Die Konzentration von Anlagen zur Energieproduktion (Energiezonen vs. naturnahe Zonen) sollte in Gebieten stattfinden, die bereits durch technische Anlagen, Ferienanlagen oder Zweitwohnungen geprägt sind, d.h. vorwiegend in intensiv genutzten Tourismusgebieten. Ökologische Beeinträchtigungen fallen hier weniger stark ins Gewicht als in weitgehend unberührten Gebieten (spezifischer Indikator: Lage in definierten Energiezonen).

[38] http://blog.100-prozent-erneuerbar.de/wordpress/2009/08/05/mit-energie-tourismus-betreiben-%E2%80%93-energie-landschaft-morbach/.

[39] www.erlebnisenergie.ch

- Die Nutzung erneuerbarer Energien hat Symbolwirkung, indem sie Umweltbewusstsein und Modernität assoziiert; sie bietet damit auch Chancen für neue Produkte und Positionierungen («first mover advantage»).

- Bereits vorhandene Infrastruktur (Zufahrtsstrassen, Stromleitungen, Gebäude, Einrichtungen u.a.) in schwierig zugänglichen Gebirgsregionen kann die Installation und Netzanbindung erheblich erleichtern.

Abgesehen von den Möglichkeiten zur Förderung und Nutzung der erneuerbaren Energien in Tourismusgebieten weist die Tourismusindustrie selbst ein grosses Potenzial im Bereich Energieeffizienz auf, das am Beispiel der Seilbahnen ausführlich untersucht und beschrieben wurde[40] und das es auszunutzen gilt. Die Sensibilisierung und Informationsaufbereitung, insbesondere durch Branchenverbände, ist daher wichtig. Grosse Einsparungen sind auch in Bezug auf die An- und Rückreise der Touristen möglich, die einen bedeutenden Anteil des Energieaufwandes im Tourismus ausmachen.

Verbleibende oder unvermeidbare Konflikte

Die Nutzung erneuerbarer Energien, insbesondere die Windkraft und teilweise die Wasserkraft, allenfalls Solaranlagen auf Freiflächen, verändern das Landschaftsbild. Auch Solaranlagen, die in bestehende Gebäude oder Infrastrukturen integriert werden, können das Ortsbild und die besiedelte Landschaft beeinflussen.

Empfehlungen

- Sowohl aus touristischer wie auch aus landschaftsschützerischer Sicht ist es sinnvoll, die touristisch genutzten Gebiete aufzuteilen: a) Gebiete mit einem vergleichsweise starken Ausbau der regenerativen Energiegewinnung einschliesslich der Schaffung von «Energiepärken» als Attraktion (siehe Beispiel «Energielandschaft Morbach»[41]); b) Gebiete mit einem sehr zurückhaltenden Ausbau der erneuerbaren Energien, in denen das charakteristische, evtl. naturnahe Landschaftsbild erhalten wird.

- Für die Festlegung der Nutzungsintensität einer Region sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:
  - Eignung für die Energiegewinnung: Wie ist die Sonneneinstrahlung? Wie sind die Windverhältnisse? Wie ist die Anbindung an das Stromnetz? Wie ist die Region bereits erschlossen?
  - Bestehende Gegebenheiten bzw. Bauten: Handelt es sich um eine bereits stark von Anlagen geprägte Landschaft wie das Grimselgebiet oder die Region Zermatt oder um eine naturnähere und noch wenig anthropogen beeinflusste Landschaft wie das Kiental, das Safiental oder das Binntal?
  - Schutzgebietsstatus: Ist das Gebiet geschützt?
  - Wirtschaftliche Entwicklungsmöglichkeiten und Chancen: Lassen sich zusätzliche Einkommen schaffen? Lässt sich die touristische Attraktivität verbessern? Können einmalige Gegebenheiten erschaffen werden (Nationalpark, Energielandschaft u.ä.)?

- Tourismusregionen sollten die Möglichkeiten von Werbeeffekten (z.B. Zeichen von ökologischer Ausrichtung bzw. Modernität; CO_2-freie Anlagen/Infrastrukturen als Marke) und die Schaffung von Attraktionen durch Anlagen der Energiegewinnung in ihrer Region (bis hin zur Schaffung von Energielandschaften) prüfen. Dabei ist jeweils die landschaftsschonendste Variante herauszuarbeiten.

- Tourismusverbände und -organisationen (z.B. Hotellerie, Seilbahnverbände, usw.) sind aufge-

[40] Seilbahnen Schweiz SBS und Grischconsulta (Hrsg.), 2010: Energiemanagement Bergbahnen. SBS Schriften 05_d, 162 S.

[41] Auf dem ehemaligen Munitionsdepot der US-Airforce in Europa entsteht seit 2002 die «Morbacher Energielandschaft», ein innovativer Park für regenerative Energien und Gewerbe (ca. 150 ha, 14 Windräder der 2 MW-Klasse, ca. 1 ha Photovoltaikanlagen, eine Biogasanlage). Seit 2003 haben bereits über 18 000 Besucherinnen und Besucher aus 60 Ländern die Energielandschaft besichtigt (http://blog.100-prozent-erneuerbar.de/wordpress/2009/08/05/mit-energie-tourismus-betreiben-%E2%80%93-energielandschaft-morbach/)

rufen, sich zur Energieeffizienz und zur Nutzung erneuerbarer Energien zu bekennen.

- Die Nutzung von erneuerbaren Energien auf Gebäuden, Bauten und Infrastrukturen sollte vorgeschrieben werden.

- Energieintensive Touristik-Infrastrukturen (z.B. Wellnessanlagen, Hotels, Bahnen) ist die Nutzung von erneuerbaren Energien zu empfehlen oder eventuell vorzuschreiben.

- Unter Berücksichtigung der ökologischen Auswirkungen ist die touristische Nutzung von Wasser mit der Nutzung der Wasserkraft wo möglich zu kombinieren.

- Die Möglichkeit für den Bau von Solarkraftwerken in den Alpen ist abzuklären (inkl. Störeffekte wie z.B. Spiegelungen). Entsprechende Zonen sind auszuscheiden, vorzugsweise in Gebieten mit bestehenden Infrastrukturen wie z.B. Lawinenverbauungen.

Tabelle 6.1: Konflikte, Lösungsansätze sowie Chancen und Synergien bei der Nutzung verschiedener erneuerbarer Energien in touristischen Gebieten. Die Konflikte sind klassiert bezüglich ihrer Bedeutsamkeit (fett: sehr bedeutsam, unterstrichen: mittel bedeutsam, ohne Auszeichnung: wenig bedeutsam) und vorhandener Lösungsmöglichkeiten (grün: gute Lösungsansätze sind vorhanden; violett: Konflikte können teilweise gelöst werden; rot: Probleme bleiben bestehen).

	Konflikte bezüglich	**Lösungsansätze**	**Chancen / Synergien**
Wasserkraft	a) **Landschaftsbild**: Trockenlegung von Bächen; Veränderung naturnaher Landschaften; vegetationslose Seeufer; unansehnliche Talsperren b) Gefahr für Touristen (Abflussschwankungen)	a) Restwassermengen; Kleinwasserkraft-Nutzung nur in bereits genutzten oder verbauten Gewässern b) Signalisation; Anlage von Wanderwegen, Aufenthaltsorten (Feuerstellen, Picknickanlagen)	- Seen als attraktives Landschaftselement, wenn der See gefüllt ist - Staumauern als technische Attraktion, sofern exklusive Attribute vorhanden (Grösse, Alter, etc.)
Windkraft	a) **Landschaftsbild**	a) Logische «Lesbarkeit»: Verbindung mit anderen Anlagen (Stauseen, Transportanlagen)	- Symbol für nachhaltige Energieversorgung - Touristenattraktion - Zusätzliche Einnahmequelle in strukturschwachen Gemeinden
Solarenergie Einzelanlagen	a) Ortsbild-/Denkmalschutz	a) Technische Möglichkeiten für Integration von Solarelementen in Gebäude und Anlagen	- Symbol für nachhaltige Energieversorgung
Solarenergie Freiflächenanlagen	a) **Landschaftsbild** b) Blendwirkung	a) Zurückhaltender Einsatz, vorzugsweise in Energielandschaften b) Technische Lösungen	- Symbol für nachhaltige Energieversorgung
Biomasse Abfall	a) Geruchsimmissionen	a) Optimierung im Rahmen von Ortsplanung und Baubewilligung	- **Synergien mit Gastronomie** (Reste, Küchenabfälle)
Geothermie	-		
Erschliessung	a) Landschaftsbild (sofern überirdische Neuanlagen nötig)	a) Bau von Anlagen in Gebieten mit vorhandener technischer Infrastruktur; Erdverlegung von Transportleitungen wo möglich	- **Oft bereits vorhanden** (in Verbindung mit touristischen Infrastrukturen)





7 Erneuerbare Energien in Natur- und Landschaftsschutzgebieten sowie in unproduktiven Gebieten

Werden Anlagen zur Gewinnung erneuerbarer Energien an Orten erstellt, die dem Natur-, Landschafts- oder Ortsbildschutz unterstehen oder die sich in noch unerschlossenen Hochlagen befinden, ergeben sich fast ausnahmslos erhebliche Konflikte. Davon sind rund 40 Prozent der Landesfläche betroffen. Bevor in diesen Gebieten der Bau von (freistehenden bzw. grösseren) Anlagen ins Auge gefasst wird, sollten sämtliche Möglichkeiten der Energiegewinnung in nicht geschützten oder bereits erschlossenen Gebieten ausgeschöpft werden. Dennoch: Soll die Produktion von erneuerbaren Energien massiv gesteigert werden, sind Interessens- und Güterabwägungen auch in geschützten Natur- und Kulturlandschaften und in Hochlagen unumgänglich.

Auf einem Viertel der Landesfläche der Schweiz sind Natur, Landschaft oder Ortsbilder geschützt. Die unterschiedlichen Schutzgebietskategorien müssen bezüglich der Verträglichkeit von Energieanlagen differenziert beurteilt werden, weil sich ihre Ziele unterscheiden. In den national oder kantonal ausgewiesenen Vorranggebieten mit höchstem Schutzstatus, wo es um den Schutz von Eigenwerten der Natur und um das Natur- und Kulturerbe geht, ist auf Anlagen zur Gewinnung erneuerbarer Energien zu verzichten. In den weiteren geschützten Gebieten braucht es klare Rahmenbedingungen, aufgrund derer eine Interessenabwägung möglich ist. In Gebieten, die speziell der nachhaltigen Entwicklung verpflichtet sind (v. a. regionale Naturpärke), sollten dezentrale Anlagen in besiedelten, gut erschlossenen und bewirtschafteten Bereichen im Sinn von Modellregionen explizit gefördert werden. In Bezug auf den Ortsbildschutz sind geeignete Lösungen zu entwickeln.

In unproduktiven Gebieten (v. a. in Hochlagen, die rund 25 Prozent der Landesfläche ausmachen) bestehen – neben der bereits weitgehend ausgeschöpften Wasserkraft – erhebliche Potenziale für die Energiegewinnung aus Sonne und Wind. Solche Anlagen sind aber in der Regel mit hohen Investitionskosten verbunden; es kommen daher fast nur Grossanlagen in Frage. Da es sich durchwegs um landschaftlich heikle Gebiete handelt, müssen auch für diesen Fall klare Rahmenbedingungen formuliert werden, unter denen solche Anlagen ins Auge gefasst und geplant werden können.

Die erwähnten Rahmenbedingungen sind rechtzeitig festzulegen. Kann die solarintensive Variante realisiert werden, bedeutet dies für den Natur- und Landschaftsschutz eine erhebliche Entlastung.

Ausgangslage und spezifische Problemstellung

Im Zentrum dieses Kapitels stehen Konflikte, die sich aus der Produktion erneuerbarer Energien auf der einen Seite und dem Natur-, Landschafts- und Ortsbildschutz sowie der Freiraumnutzung in unproduktiven Gebieten auf der anderen Seite ergeben. Das Konfliktpotenzial in diesen Gebieten ist grundsätzlich hoch, aber je nach Schutzzielen und Schutzstatus unterschiedlich. Konflikte sind besonders dort zu erwarten, wo grosse (natürliche oder technische) Potenziale für die Energieproduktion bestehen, die aber aufgrund des Schutzstatus oder der Schutzziele (Art. 5, 18 und 23 NHG, Art. 11 JSG, etc.) nicht genutzt werden können. In diesem Zusammenhang zu berücksichtigen ist auch die von der Schweiz unterzeichnete Biodiversitätskonvention. Um den fortschreitenden Biodiversitätsverlust zu stoppen, sollen bis 2020 17 Prozent der Landfläche unter ausreichenden Schutz gestellt werden. Die Strategie Biodiversität Schweiz (SBS),[42] die der Bundesrat im April 2012 verabschiedet hat, sieht denn auch vor, das bestehende Schweizer Schutzgebietssystem hinsichtlich einer ökologischen Infrastruktur zu ergänzen und aufzuwerten. Hierzu sollen bestehende Flächen erweitert oder zusätzliche Schutzgebiete geschaffen werden.

Um die Beurteilung der Konflikte sowie Empfehlungen für Lösungsansätze möglichst differenziert vornehmen zu können, werden bezüglich der Schutzziele bzw. dem Schutzstatus folgende Kategorien unterschieden:

Kategorie A

Vorranggebiete des Natur- und Landschaftsschutzes (international, national, kantonal und kommunal): Gebiete, in denen natürliche oder kulturelle Eigenwerte geschützt werden (z.B. Arten oder Landschaftstypen, die grossen Seltenheitswert oder kulturelle Bedeutung haben);

Kategorie B

Geschützte Natur- und Kulturlandschaften: Gebiete, die als übergeordnete Einheit für die Gesellschaft einen besonderen ästhetischen oder kulturellen Wert besitzen (in der soziokulturellen Bewertung durch die ansässige Bevölkerung);

Kategorie C

Pärke bzw. Parkzonen: Gebiete, in denen eine nachhaltige Entwicklung angestrebt werden soll;

Kategorie D

Unproduktive Gebiete: Gebiete, die gemäss Arealstatistik als unproduktiv gelten und keinen Schutzstatus aufweisen.

Kategorie A: Vorranggebiete des Natur- und Landschaftsschutzes

Bei den Gebieten der Kategorie A steht der Schutz des Eigenwertes der Natur oder der Landschaft im Vordergrund. In diese Kategorie fallen:

- Wildnisgebiete (Totalreservate mit Prozessschutz) wie der Schweizerische Nationalpark sowie Waldreservate;
- die Kernzonen von (zukünftigen) Nationalpärken und UNESCO-Biosphärenreservaten;
- Ramsargebiete (Vogelschutzgebiete);
- Wasser- und Zugvogelreservate von internationaler und nationaler Bedeutung (Verordnung WZVV, 1991[43]);
- eidgenössische Jagdbanngebiete und kantonale Wildruhezonen;
- Smaragdgebiete;
- kantonal, kommunal oder privat geschützte Gebiete zum Schutz von besonderen oder seltenen Arten oder Biotopen sowie Gebiete zum Schutz des nationalen Natur- und Kulturerbes;
- Flächen von nationaler Bedeutung aus folgenden nationalen Inventaren: Hoch- und Flachmoore, Moorlandschaften, Auen, Gletschervorfelder,

[42] Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2012): Strategie Biodiversität Schweiz (SBS) (www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01662/index.html?lang=de)

[43] Verordnung vom 21. Januar 1991 über die Wasser- und Zugvogelreservate von internationaler und nationaler Bedeutung (WZVV) (www.admin.ch/ch/d/sr/c922_32.html)

Trockenwiesen und -weiden, Amphibienlaichgebiete, Ortsbilder (ISOS) und historische Verkehrswege (IVS).

Zur Kategorie A gehören auch streng geschützte kantonale und kommunale Gebiete, die bei der Beurteilung, ob sie für die Energieproduktion genutzt werden können, gleich behandelt werden sollen wie die nationalen Schutzkategorien.

Kategorie B: Geschützte Natur- und Kulturlandschaften

Die Schutzziele sind bei der Kategorie B darauf ausgerichtet, die Gebiete zum Vorteil des Menschen langfristig zu erhalten. Zu diesen Vorteilen gehört auch der Erhalt der biologischen und landschaftlichen Vielfalt. In diese Kategorie fallen grössere zusammenhängende Gebiete, die einen eidgenössischen oder kantonalen Schutzstatus besitzen, insbesondere:

- Landschaftsschutzgebiete bzw. Landschaften aus dem Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN);
- Gebiete der UNESCO Weltnatur- und Weltkulturerben;
- die Umgebungszonen der Nationalpärke und die Pflegezonen der UNESCO-Biosphärenreservate;
- kantonale Landschaftsschutzgebiete.

Da die Schutzbestimmungen den Bau von Anlagen zur Energieproduktion nicht ausschliessen, besteht in diesen Gebieten ein relativ grosser Ermessensspielraum, inwieweit die Landschaft geschützt werden soll. Daraus ergibt sich ein erhebliches Konfliktpotenzial.

Kategorie C: Pärke bzw. Parkzonen mit Zielsetzung nachhaltige Entwicklung

Der Schutz zielt hier auf die nachhaltige Entwicklung ab (u. a. Art. 23 NHG[44]). In diese Schutzkategorie fallen die nicht speziell geschützten Bereiche der Pärke von nationaler Bedeutung und die Entwicklungszonen der UNESCO Biosphärenreservate.

Kategorie D: Unproduktive Gebiete gemäss Arealstatistik ohne Schutzstatus

Unproduktive Gebiete sind primär Gebiete in Hochlagen, die heute durch den Alpinismus genutzt werden. Viele Wasserkraftanlagen befinden sich in unproduktiven Gebieten.

Insgesamt fallen rund 25 Prozent der schweizerischen Landesfläche unter gesetzliche Bestimmungen aus dem Natur- und Landschaftsschutz (Bund und Kantone). Ebenfalls 25 Prozent der Landesfläche, die sich teilweise mit den geschützten Gebieten überlagern, sind landwirtschaftlich unproduktiv. Zusammen machen geschützte und unproduktive Flächen rund 40 Prozent der Gesamtfläche aus. Es ist davon auszugehen, dass diese Fläche nicht in ihrer Gesamtheit der Produktion erneuerbarer Energie entzogen werden kann. Daher wird nachfolgend eine entsprechende Nutzung in geschützten und unproduktiven Gebieten diskutiert.

Aufgrund der Schutzbestimmungen (Bund, Kantone) gibt es auf diesen Flächen grundsätzlich keine Vorranggebiete für die alternative Energieproduktion. Damit steht zur Diskussion, welche Gebiete für die Energieproduktion nicht in Frage kommen, in welchen Gebieten eine entsprechende Nutzung unter bestimmten Voraussetzungen möglich sein soll und wo die erneuerbare Energieproduktion sogar Teil der Schutzziele sein kann. Um eine entsprechende Beurteilung zu ermöglichen, ist zu prüfen, inwiefern die Produktion erneuerbarer Energien mit den Schutzbestimmungen vereinbar ist.

In den unproduktiven Gebieten sind Konflikte vor allem in Bezug auf eine ungestörte Freiraumnutzung zu erwarten, insbesondere wenn bisher nicht erschlossene Gebiete zum Zweck der Energiegewinnung neu erschlossen werden sollen. Für diese Gebiete besteht die Aufgabe darin, Rahmenbedingungen für eine raumverträgliche Produktion zu definieren.

Konflikte und Chancen

Wasserkraft

Grosse Wasserkraftwerke befinden sich häufig in wenig produktiven oder unproduktiven Gebieten. Das

[44] www.admin.ch/ch/d/sr/451_1/a23.html

Ausbauszenario geht davon aus, dass künftig primär bestehende Anlagen erweitert werden, vor allem weil das Potenzial für grosse Wasserkraftwerke bereits weitgehend ausgeschöpft ist. Erweiterungen und Vergrösserungen von bestehenden Anlagen können Flora und Fauna der Gewässer tangieren, vor allem wenn die Restwassermengen reduziert werden, die Durchgängigkeit unterbrochen oder verringert wird oder wertvolle Biotope beeinträchtigt werden.[45] Dennoch scheint ein konzentrierter Ausbau in Kombination mit dem Ausbau der Speicherkapazitäten aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes sinnvoller als der Bau von Kleinwasserkraftwerken. Der Ausbau der grossen Wasserkraftwerke kann mit Anlagen zur Nutzung der Wind- oder Sonnenenergie kombiniert werden, wodurch Synergieeffekte entstehen.

Windkraft

Windkraftanlagen werden aufgrund der Sichtbarkeit und der Lärmimmissionen bevorzugt in der freien Landschaft gebaut. Sie können dort einen erheblichen Eingriff in das Landschaftsbild bedeuten. Die Installation kleiner Anlagen auf Gebäuden ist technisch noch zu wenig weit fortgeschritten.

Für Einzelanlagen ist es einerseits einfacher, umwelt- und landschaftsverträgliche Lösungen zu finden als für Windparks mit mehreren gekoppelten Anlagen. Anderseits ist aus einer überregionalen Sicht des Landschaftsschutzes eine Konzentration der Anlagen vorzuziehen. Konflikte entstehen dort, wo prioritär traditionelle Kulturlandschaften oder besondere Naturlandschaften geschützt werden. Bei Windkraftanlagen an exponierten Stellen (Passlagen, Kreten) und in der Nähe von Vogelschutzgebieten ist das Konfliktpotenzial aufgrund der Gefährdung des Vogelzugs und der Brutgebiete besonders gross.[46]

Wenn ausgehend vom Ausbauszenario rund 600 Windturbinen (an den Standorten mit dem geringsten Konfliktpotenzial) installiert werden, können die nationalen Schutzgebiete weitgehend respektiert werden. Die Nutzung unproduktiver Gebiete ist aber notwendig; entsprechend entsteht dort ein gewisses Konfliktpotenzial. Im Falle der solarintensiven Variante reduziert sich das Konfliktpotenzial.

Solarenergie

Wärmeproduktion

Solaranlagen zur Wärmeproduktion sind nur lokal und im Zusammenhang mit bestehenden und vor allem neuen Gebäuden wirtschaftlich. Grossanlagen kommen daher in dünn besiedelten Gebieten kaum in Frage. In Gebieten der Kategorie B besteht hingegen ein erhebliches Konfliktpotenzial mit dem Ortsbild- und Landschaftsschutz. Anlagen an bestehenden Bauten sollten in diesen Gebieten so installiert werden, dass sie keine visuelle Beeinträchtigungen verursachen. In den übrigen Schutzkategorien weist die Nutzung der Solarwärme ein geringes Konfliktpotenzial auf.

Stromproduktion

Das Potenzial zur Nutzung der Photovoltaik ist in geschützten und unproduktiven Gebieten und insbesondere in den Hochlagen wegen der tiefen Temperaturen und der hohen Einstrahlung gross. Aus wirtschaftlichen Gründen sind insbesondere Investitionen in grössere Anlagen sinnvoll und rentabel. Deren Installation und Betrieb erfordert Erschliessungstrassen und Übertragungsleitungen. Dadurch ergeben sich beim Ausbau an gut geeigneten Standorten gemäss dem Ausbauszenario erhebliche bis grosse Konflikte mit dem Natur- und Landschaftsschutz sowie dem Ortsbildschutz. In den landschaftlich empfindlichen Hochlagen können die Konflikte reduziert werden, wenn Photovoltaikanlagen mit bestehenden Anlagen (z. B. Lawinenverbauungen, Stauseen) kombiniert werden.

---

[45] Scheurer T., Molinari P. 2003: Experimental floods in the River Spöl, Swiss National Park: Framework, objectives and design. Aquatic Sciences – Research across boundaries, Volume 65, Number 3, 183–190, DOI: 10.1007/s00027-003-0667-4

[46] Horch P. & F. Liechti (2008): Windenergienutzung und Vögel. Standpunkt der Schweizerischen Vogelwarte Sempach. Schweizerische Vogelwarte, Sempach; Vogelwarte Sempach (2011): Konfliktpotenzialkarte Windenergie – Vögel. Schweizerische Vogelwarte Sempach, im Auftrag des BAFU.

Tabelle 7.1: Konflikte, Lösungsansätze sowie Chancen und Synergien bei der Nutzung verschiedener erneuerbarer Energien in Natur- und Landschaftsschutzgebieten. Die Konflikte sind klassiert bezüglich ihrer Bedeutsamkeit: fett: sehr bedeutsam, unterstrichen: mittel bedeutsam, ohne Auszeichnung: wenig bedeutsam.

	Konfliktbereiche	**Lösungsansätze**	**Chancen/Synergien**
Wasserkraft	a) **Biodiversität/ Gewässerökologie (Abflussregime, Durchgängigkeit, fehlende Dynamik)** b) **Konnektivität (Talsperren)** c) **Landschaftsbild (Anlagen, Abfluss)**	- Kaskadenplanung: Anlagen in definierten geschützten Gebieten nur wenn andernorts nicht möglich - Erhöhte Anforderungen für Anlagen in intakten/geschützten Gebieten: a) Technische Optimierung, erhöhte Restwassermenge zur Dynamisierung des Abflussregimes b) Fischtreppen c) Integration des Bauwerks in die Landschaft; Landschaftspflege (Ufergestaltung etc.)	a) und c): Schaffung ökologischer Werte durch Aufwertungen und Neuanlagen im Zuge von Kompensationsmassnahmen
Windkraft	a) **Landschaftsbild** b) **Vogelzug und Brutgebiete**	a) Kaskadenplanung (siehe oben) b) Befolgung der BAFU-Leitlinien[47]	
Solarenergie	a) **Landschaftsbild** b) **Ortsbild- und Denkmalschutz**	- Keine Grossanlagen in Natur- und Landschaftsschutzgebieten (Kaskadenplanung, siehe oben) - hohe Anforderungen an die ästhetische Integration der Solarelemente in Gebäude und Anlagen	
Biomasse	a) Orts- und Landschaftsbild b) Geruchsimmissionen	a) Optimierung im Rahmen von Ortsplanungen und Baubewilligungen	Je nach Ort der Verarbeitungsanlage kann es regional zu einer Reduktion der Nährstoffbelastung kommen.
Geothermie	-		
Erschliessung	a) <u>Landschaftsbild (v. a. Transportleitungen, neue Strassen)</u>	a) Erdverlegung von Transportleitungen in Schutzgebieten mit hohem Schutzstatus	

Biomasse

Die Energieproduktion aus Biomasse (Holz, Kompost, Gülle, etc.) ist vor allem dann wirtschaftlich und sinnvoll, wenn sie in grösseren Anlagen erfolgt und regional anfallende Biomasse und Abfälle aus nahen Holzverarbeitungsbetrieben genutzt werden. Die Energieproduktion mit importierter Biomasse wird hier nicht berücksichtigt, da sie als nicht nachhaltig erachtet wird. Wo Land- und Forstwirtschaft möglich sind, ist auch die Energie-

[47] Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bundesamt für Raumplanung (ARE) und Bundesamt für Energie (BFE, Hrsg.) (2010): Empfehlungen zur Planung von Windenergieanlagen. Bern. (www.bfe.admin.ch/themen/00490/00500/index.html?lang=de&dossier_id=04426)

produktion aus Biomasse sinnvoll. Konflikte können sich bei grosser Nachfrage durch die relativ grossen Anlagen mit dem Ortsbild- und Landschaftsschutz ergeben (vor allem in Gebieten der Kategorien B und C) sowie bei verstärkter Biomassenutzung und Walderschliessung mit dem Natur- und dem Wildschutz (in Gebieten der Kategorie A).

Geothermie

Die Nutzung der Erdwärme ist im ländlichen Raum und ausserhalb der streng geschützten Gebiete der Kategorie A sinnvoll, wenn Konflikte mit Grundwasservorkommen vermieden werden können. Bezüglich Grossanlagen zur Stromproduktion sind Konflikte mit dem Ortsbild- und Landschaftsschutz möglich.

Erschliessung der Anlagen

Bei der Beurteilung, ob in geschützten oder unproduktiven Gebieten erneuerbare Energien genutzt werden sollen oder nicht, sind nicht nur die Produktionsanlagen selbst, sondern auch die erforderliche Zugangs- und die Transportinfrastruktur (Übertragungsleitungen) zu berücksichtigen.

Zugangsinfrastruktur

Wo der Bau von Produktionsanlagen neue Erschliessungsstrassen erfordert, ergeben sich in geschützten Gebieten und in bisher nicht erschlossenen Gebieten grundsätzliche Konflikte.

Transportinfrastruktur

Übertragungsleitungen über grössere Strecken sind nur für die Stromproduktion (z.B. Wind, Solar, Geothermie) nötig. Sofern für neue Produktionsanlagen zusätzliche Leitungen erstellt werden müssen, ergeben sich Konflikte mit dem Natur- und Landschaftsschutz.

Güter- und Interessensabwägung, Massnahmen und Instrumente

Bei der Produktion erneuerbarer Energien ergeben sich nur wenige Synergien mit dem Natur- und Landschaftsschutz. Dazu gehören beispielsweise Kompensationsmassnahmen beim Ausbau von Wasserkraftanlagen oder die mögliche Reduktion der Nährstoffbelastung durch Nutzung von Abfall-Biomasse. Bereits existierende Anlagen, insbesondere Anlagen zur Nutzung der Wasserkraft, könnten durch entsprechende Sanierungen sowohl hinsichtlich des Wirkungsgrads wie auch hinsichtlich des Natur- und Landschaftsschutzes noch beträchtlich verbessert werden. Das Gewässerschutzgesetz ist in den letzten Jahren deutlich verschärft worden in Bezug auf Restwassermengen, Schwall-Sunk-Betrieb und Fischwanderung. Die verschärften Vorschriften kommen sowohl bei Neukonzessionen wie auch – mit einer Übergangsfrist – bei bestehenden Kraftwerken zur Anwendung.

In den auf eine nachhaltige Entwicklung ausgerichteten Schutzgebieten oder in den unproduktiven Gebieten (Kategorien C und D) können Synergien in folgenden Bereichen entstehen:

- Zusätzliches Erwerbseinkommen in der Land- und Forstwirtschaft durch die Produktion erneuerbarer Energien; neue qualifizierte Arbeitsplätze durch die Gründung von lokalen Technologieunternehmen (Kategorie C)
- Nutzung bestehender Gebäude und Infrastrukturen wie etwa Lawinenverbauungen für den Bau von Anlagen zur erneuerbaren Energieproduktion (ausser bei Kulturgütern)
- Kombination der Wasserkraftnutzung mit dem Wasserbau (Hochwasserschutz) und anderen Wassernutzungen (Bewässerung, Trinkwasserversorgung, Beschneiung, etc.)
- Installation von Solar- oder Windanlagen auf bestehenden Wasserkraftanlagen (Stauseen, etc.)
- Gemeinsame Erschliessung von verschiedenen Produktionsanlagen
- Nutzung der Geothermie in Tunnelbauten

Kategorie A: Vorranggebiete des Natur- und Landschaftsschutzes

In Schutzgebieten der Kategorie A (national, kantonal, kommunal) ist auf die Erstellung von Anlagen zur Energieproduktion zu verzichten.

Kategorie B: Geschützte Natur- und Kulturlandschaften

Geschützte Natur- und Kulturlandschaften sind grundsätzlich zu schonen. Wie weit diese Schonung gehen soll, ist unter den beteiligten Experten umstritten. Von der einen Seite wird empfohlen, diese Landschaften als Vorranggebiete analog zur Kategorie A zu behandeln; die andere Seite beruft sich unter anderem auf einen Bundesgerichtsentscheid (1A.122/2005), der festhält, dass es bei den Bundesaufgaben Umwelt- und Landschaftsschutz sowie Energieversorgung keine Hierarchie gibt und demnach Interessenabwägungen in jedem Fall vorgenommen werden können.
Geschützte Natur- und Kulturlandschaften sind, zusammen mit den Gebieten der Kategorie D, jene mit dem höchsten Konfliktpotenzial. Um hier Konflikte und langwierige Bewilligungsverfahren zu vermeiden, sollten durch den Bund und die Kantone klare Rahmenbedingungen festgelegt werden, wie in diesen Gebieten Interessenabwägungen vorgenommen werden sollen. Im Grundsatz sollte eine Interessensabwägung zwischen Landschaftsschutz und nationaler oder kantonaler Energieversorgung nur dann möglich sein, wenn die Energieproduktion in Gebieten ohne Landschaftsschutzauflagen ausgeschöpft ist (Prioritätensetzung). Zudem sind vorgängig strenge Anforderungen in Bezug auf die Natur- und Landschaftsverträglichkeit festzulegen, etwa hinsichtlich der Grösse der Anlagen, der Erschliessung (keine neuen Erschliessungsstrassen) oder der Übertragungsleitungen (Bodenverlegung bzw. Kompensationsmassnahmen).
In Bezug auf geschützte Kulturlandschaften ist zudem eine grundsätzliche Diskussion zu führen, wie sich solche Kulturlandschaften entwickeln können und welche Rolle Anlagen zur Energiegewinnung in dieser Entwicklung spielen sollen. Eine Schlüsselfrage dabei ist, was als visuelle Beeinträchtigung angesehen wird.

Kategorie C: Pärke bzw. Parkzonen mit Zielsetzung nachhaltige Entwicklung

In den Schutzgebieten, die der nachhaltigen Entwicklung verpflichtet sind (regionale Naturpärke, Entwicklungszonen von UNESCO-Biosphärenreservaten), ist die Produktion erneuerbarer Energie grundsätzlich zu fördern. Für die Realisierung von Anlagen sind klare Rahmenbedingungen festzulegen, die dem Natur- und Kulturlandschaftsschutz und den örtlichen Gegebenheiten Rechnung tragen. In kulturlandschaftlich wertvollen Gebieten sollen nur dann Anlagen zur Produktion erneuerbarer Energien errichtet werden, wenn sich diese ohne visuelle Beeinträchtigung des Landschafts- oder Ortsbildes in bestehende oder neue Gebäude integrieren lassen.
Die Rahmenbedingungen sind in einem geeigneten Instrument (z. B. regionaler Energierichtplan) verbindlich zu regeln, je nachdem als Positivplanung (Bezeichnung besonders geeigneter Gebiete und Fördermittel) respektive als Negativplanung (Bezeichnung wertvoller Natur- und Kulturlandschaftsgebiete und Ortsbilder, die es zu meiden gilt).

Wichtige Grundsätze sind analog zu Kategorie B:

- Priorität haben dezentrale Kleinanlagen in der Nähe des Abnehmers.
- Für Grossanlagen gelten restriktive Bedingungen: keine zusätzlichen Erschliessungsstrassen, nur kurze neue Übertragungsleitungen.
- Günstige Einspeisekonditionen werden an Auflagen gekoppelt, die den Natur-, Landschafts- und Ortsbildschutz berücksichtigen.

Kategorie D: Unproduktive Gebiete gemäss Arealstatistik ohne Schutzstatus

Aufgrund der natürlichen Eignung und aus wirtschaftlichen Gründen kommen in unproduktiven Gebieten vor allem grössere Photovoltaik- und Windkraftanlagen in Frage. In noch weitgehend unerschlossenen Gebieten beinhalten solche Anlagen, insbesondere exponierte, grössere Windanlagen,

ein sehr grosses Konfliktpotenzial, v.a. mit Freiraumnutzungen wie dem Alpinismus. Deshalb sind heute noch unerschlossene Gebiete grundsätzlich zu meiden. Von Vorteil wäre eine entsprechende Ausweisung von nicht erschlossenen Gebieten in den kantonalen Richtplänen gemäss Vorgaben bzw. Kriterien, die durch das Bundesamt für Raumentwicklung festzulegen wären.
Konflikte mit dem Landschaftsschutz und der Freiraumnutzung (Alpinismus, Tourismus) können vermieden oder vermindert werden, wenn der Bau von Solar- oder Windparks auf Gebiete mit bereits bestehenden und damit bereits erschlossenen Anlagen (Wasserkraftwerke, Lawinenverbauungen, etc.) beschränkt wird. Wenn dies nicht möglich ist, sind in jedem Fall verkehrs- oder energietechnisch bereits erschlossene bzw. leicht erschliessbare Standorte zu bevorzugen.

Bleibende oder unvermeidbare Konflikte

Die Nutzung der neuen erneuerbaren Energien wird, wie die Nutzung der Wasserkraft, gesamtschweizerisch gesehen dezentral erfolgen. Vor allem Wind- und Solaranlagen samt den dazugehörenden Transportanlagen, aber auch zusätzliche oder ausgebaute Wasserkraftwerke werden die Landschaften und Ortsbilder der Schweiz verändern und direkt oder indirekt auch heute intakte oder geschützte Landschaften und Ortsbilder beeinflussen. Biomasse- und Geothermieanlagen lassen sich indessen weitgehend im Rahmen bestehender Siedlungsgebiete (Umnutzung, Gewerbe- oder Arbeitszonen) realisieren und führen bei guter Planung in der Regel zu keinen bleibenden oder unvermeidbaren Konflikten.

Empfehlungen

- Grundsätzlich sollen erneuerbare Energien möglichst ausserhalb der heute geschützten und noch nicht erschlossenen Natur- und Kulturlandschaften (inkl. Ortsbilder) genutzt werden. In Vorranggebieten des Natur- und Landschaftsschutzes (Kategorie A) ist auf den Bau von Produktionsanlagen jeglicher Art zu verzichten.

- In Regionen, in denen die nachhaltige Landschaftsentwicklung Teil der Schutzziele ist (Kategorie C, regionale Naturpärke, Entwicklungszonen von Biosphärenreservaten), kann die Nutzung erneuerbarer Energien in geeigneten Gebieten gezielt und modellhaft gefördert werden.

- Für nicht streng geschützte Gebiete (Kategorien B, C und D) braucht es klare übergeordnete Rahmenbedingungen, wie eine Interessenabwägung zwischen Schutzbestimmungen (Natur, Landschaft, Ortsbild, etc.) und Energieproduktion vorgenommen werden soll. Dazu sind folgende Möglichkeiten prüfenswert:
  - Auf nationaler und kantonaler Ebene soll das Prinzip der Prioritätensetzung zur Anwendung kommen: Gestützt auf entsprechende Konzepte für die technische Eignung (z.B. Empfehlung zur Planung von Windenergieanlagen, ARE 2010[48]) werden Standorte mit Natur- und Landschaftsschutzbestimmungen (Kategorie B und C) oder unberührte Hochlagen erst dann genutzt, wenn die Potenziale an geeigneten Standorten ausserhalb dieser Gebiete ausgeschöpft sind, so dass dort keine weiteren Anlagen mehr gebaut werden können. Dazu bietet sich auf Bundes- und Kantonsebene u.a. das Instrument des Richt- bzw. Sachplans an.
  - Auf kantonaler und regionaler Ebene scheinen sich Instrumente wie regionale Energiekonzepte oder Energierichtpläne zu bewähren. Diese ermöglichen eine gemeinsame Planung und eine angemessene Berücksichtigung des Natur- und Landschaftsschutzes auf kantonaler, regionaler und kommunaler Ebene.

[48] Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bundesamt für Raumplanung (ARE) und Bundesamt für Energie (BFE, Hrsg.) (2010): Empfehlungen zur Planung von Windenergieanlagen. Bern. (www.bfe.admin.ch/themen/00490/00500/index.html?lang=de&dossier_id=04426)

- Wenn die solarintensive Variante realisiert werden kann, bedeutet dies für den Natur- und Landschaftsschutz eine erhebliche Entlastung, sofern die Anlagen national oder interkantonal geplant werden.

- In den geschützten Natur- und Kulturlandschaften und in noch nicht erschlossenen unproduktiven Gebieten (Kategorien B und D) ist das Konfliktpotenzial am grössten. Wie die divergierenden Ansichten der Experten zeigen, dürften sich in diesen Gebieten die Konflikte zwischen jenen, die Landschaften und Ortsbilder ohne neue Anlagen erhalten möchten, und jenen, die auf die erneuerbare Energieproduktion setzen, verschärfen. Der Dialog über die zukünftige Gestaltung der Landschaft kann sich dadurch polarisieren. Diesen Gebieten ist in Zukunft besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Eine transparente (gutachterliche) Güterabwägung ist dabei wichtig.

- Eine am Rande dieses Projekts durchgeführte, ergänzende Studie zum Umgang alpiner Pärke mit Produktionsanlagen für erneuerbare Energien[49] kam zum Schluss, dass in Gebieten mit strengem Schutz (Kategorie A) der Bau von Produktionsanlagen (bisher) kein Thema ist. Die Schutzgebietsverwaltungen verfügen jedoch bezüglich Energieanlagen in der Regel über keine Entscheidungskompetenzen und nehmen daher im Prozess der Interessensabwägung oft eine passive Rolle ein. Hier gilt es aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes die Rahmenbedingungen zu verbessern. In Bezug auf die verschiedenen Schutzkategorien zeigte sich, dass Gebiete mit einem durch Zonierung abgestuften Schutz (Nationalpärke, Biosphärenreservate) für Lösungen besser gerüstet sind als nicht zonierte Gebiete (wie z.B. regionale Naturpärke oder Welterbegebiete). Für letztere könnten differenzierte Prioritäten im Natur-, Landschafts- und Ortsbildschutz ein mögliches Instrument zur gezielteren Planung von Energieanlagen im Parkperimeter sein.

[49] ISCAR & ALPARC 2011: Erneuerbare Energien in Pärken der Alpen. Akademien der Wissenschaften Schweiz, Bern. Bericht d, f, i.





8 Lösungsansätze zur Konfliktminderung

8.1 Zugrunde liegende Annahmen

Die folgenden Empfehlungen sind immer im Zusammenhang mit den diesem Bericht zugrunde liegenden Annahmen bzw. Szenarien zu sehen, die hier noch einmal kurz aufgeführt sind:

- Im Hinblick auf die Energiezukunft der Schweiz stehen die Senkung des Energieverbrauchs und die Steigerung der Energieeffizienz an erster Stelle; den Energiespar- und -effizienzmassnahmen kommt höchste Priorität zu. Der Bericht setzt voraus, dass in allen Bereichen die Effizienzpotenziale optimal genutzt werden.

- Die erneuerbaren Energien werden primär dafür eingesetzt, den Restbedarf an Energie zu decken. Die nachfolgenden Empfehlungen haben zum Ziel, deren Produktion möglichst sinnvoll, schonend und konfliktarm zu steigern.

- Der Fokus des Berichts liegt auf den raumrelevanten Aspekten der erneuerbaren Energien. Andere Aspekte wie z. B. wirtschaftliche oder gesellschaftspolitische Themen werden hier nicht diskutiert.

- Ebenso wenig werden hier die Vor- und Nachteile verschiedener Gesamt-Energiestrategien diskutiert. Das in diesem Bericht verwendete Ausbauszenario bezieht sich nur auf die erneuerbaren Energien und stellt kein Szenario für die Gesamt-Energieproduktion der Schweiz dar. Das Ausbauszenario soll lediglich aufzeigen, wie sich bei einem entsprechenden gesellschaftspolitischen Entscheid ein starker Ausbau der erneuerbaren Energien im Raum auswirken würde und wie dieser Ausbau allenfalls umgesetzt werden könnte.

- Die möglichen Energiepreisentwicklungen und das politisch-gesellschaftliche Umfeld kommen in diesem Bericht nicht zur Sprache. Die Preisentwicklungen sind weitgehend abhängig von technischen, wirtschaftlichen und politischen Entwicklungen, die für die Zukunft schwer abzuschätzen sind.

- Die Schweiz ist ein kleines, dicht besiedeltes Land mit vergleichsweise vielen konkurrenzierenden Ansprüchen an die Flächennutzung. Diese Konkurrenz wird in Zukunft weiter zunehmen. Der zum Teil flächenintensive Ausbau der erneuerbaren Energien wird – neben anderen Faktoren – zu dieser Entwicklung beitragen. Wie bei allen anderen raumwirksamen Tätigkeiten ist deshalb auch beim Ausbau der erneuerbaren Energien der Flächenverbrauch zu minimieren und die Flächennutzung zu optimieren. Zielkonflikte müssen raumplanerisch entschärft werden.

8.2 Empfehlungen für eine koordinierte Planung

Aufgrund der landschaftlichen Heterogenität der Schweiz und des nationalen Interesses an einer nachhaltigen Energieversorgung ist es empfehlenswert, dass der Bund eine koordinative Führungsrolle in der Energiepolitik übernimmt und vor allem die Planungsprozesse begleitet. Andernfalls können unterschiedliche natürliche und land-

schaftliche Voraussetzungen dazu führen, dass in einzelnen Kantonen aus einer gesamtschweizerischen Sicht eher ungünstige Standorte bebaut werden oder umgekehrt günstige Standorte gemieden werden, da eine Beurteilung allein aus kantonaler Sicht andere Massstäbe setzt. Zudem ist eine Koordination über alle Energieformen hinweg anzustreben. Der von der Schweiz angestrebte Umbau der Energieproduktion ist ein Paradigmenwechsel: Es braucht neue Koordinationswege in der Energiepolitik. Dies betrifft vor allem grössere Anlagen, die über ihren Standort selbst hinaus räumliche (z.B. ästhetische oder ökologische) Auswirkungen haben.

a) Kriterien für die Raumaufteilung

Für die Nutzung erneuerbarer Energiequellen ist eine übergeordnete Gesamtsicht zwingend. Davon ausgenommen sind Einzelsolaranlagen und dezentrale Anlagen zur Biomassenutzung. Die Autoren des vorliegenden Berichts erachten eine gesamtschweizerisch koordinierte Raumaufteilung in Vorrang-, Reserve- und Ausschlussgebiete für die Energieproduktion als sinnvoll. Diese Raumaufteilung soll der Eignung von Gebieten für die Energiegewinnung, der gegenwärtigen Raumnutzung sowie dem Natur- und Landschaftsschutz angemessen Rechnung tragen. Der Bund soll dazu Kriterien vorgeben, aufgrund derer die Kantone die Raumaufteilung (als Grundlage für ihre Richt- und Sachpläne) vornehmen oder allenfalls anpassen können. Die Nutzungsintensität für bestimmte Gebiete könnte anhand folgender Kriterien erfolgen:

- Eignung für die Energiegewinnung: Wie gross ist das Potenzial für die Energiegewinnung, z.B. aufgrund der Sonneneinstrahlung oder der Windverhältnisse? Wie gut lassen sich Anlagen an das Stromnetz anbinden? Sind die Flächen bereits erschlossen? Wie gross ist der Flächenbedarf, um eine bestimmte Energiemenge zu erzeugen?

- Kundennähe: Wie leicht lässt sich die erzeugte Energie zu den Kunden bringen?

- Bestehende Flächennutzung: Wie stark ist die Landschaft bereits durch den Menschen geprägt? Inwieweit tragen neue Anlagen zur Energieproduktion zur weiteren Zersiedelung und Zerschneidung der Landschaft bei?

- Schutzstatus: Welche Schutzbestimmung in Bezug auf den Natur-, Landschafts- und Heimatschutz gibt es?

- Wirtschaftliche Entwicklungsmöglichkeiten: Lassen sich durch neue Anlagen zur Energieproduktion zusätzliche Einkommen schaffen? Kann damit auch die touristische Attraktivität verbessert werden?

- Bestehende Natur- und Landschaftswerte: Welchen Wert haben die betroffenen Landschaften und Naturräume?

- Reversibilität des Eingriffs: Wie gut lassen sich geplante Anlagen später wieder zurückbauen?

Im Hinblick auf die anstehende Raumaufteilung könnten Organisationen und Institutionen, die sich mit Fragen des Landschafts- und Denkmalschutzes befassen, Kriterien erarbeiten, wie sich der «Erhaltungswert» von Zonen bzw. Regionen festlegen liesse. Damit würden sie wichtige Grundlagen schaffen, anhand derer – unter Berücksichtigung der Eignung für die Energienutzung – eine sinnvolle Zuordnung der Flächen möglich würde.

b) Prioritätensetzung im Ausbau

Der Ausbau der Energieproduktion soll in einer rollenden Planung mit Prioritätensetzung erfolgen, d.h. sich zunächst auf jene Standorte konzentrieren, wo der Bau von Energieanlagen wenig raumwirksam und daher vergleichsweise unproblematisch ist. Wenn diese Standorte grösstenteils ausgeschöpft sind, können gegebenenfalls auch Standorte mit Konfliktpotenzial evaluiert werden. Als Grundlage für eine prioritäre respektive eine spätere Nutzung dienen die oben erwähnten gesamtschweizerischen Kriterien sowie die darauf

abgestützte kantonale Raumaufteilung mit den entsprechenden Richtplänen. Ebenfalls sollten energiespezifische Kriterien definiert werden, in welcher Situation Flächen in Reservegebieten bebaut werden können.

Grundsätzlich ist eine Mehrfachnutzung von bereits bestehenden Infrastrukturen und Flächen anzustreben, insbesondere in Siedlungsgebieten (z.B. Industrieanlagen, Landwirtschaftsbetriebe, Flachdächer mit Dachbegrünung sowie kombinierte Strom- und Wärmeproduktion). Bei laufenden Stadt- und Agglomerationsplanungen ist der Ausbau der erneuerbaren Energien deshalb miteinzubeziehen. Zu vermeiden ist hingegen die ausschliessliche Nutzung des Raumes zum Zwecke der Energieproduktion (Anbau von Energiepflanzen, Solaranlagen auf fruchtbarem Agrarland). Wenn Standorte in der freien Landschaft notwendig sein sollten, sind Flächen in der Nähe von bestehenden Bauten und Anlagen vorzuziehen. Es ist ausserdem eine möglichst multifunktionale Nutzung der Landschaft anzustreben, z.B. durch eine Verbesserung des Natur- und Erholungswertes der Landschaft in der Nähe von Wasserkraftwerken oder durch eine energetische Nutzung von landwirtschaftlichen Grenzertragslagen, die gleichzeitig biodiversitätsfördernd wirken (z.B. Entbuschung von Wiesen).

Bei der Planung ist auch zu berücksichtigen, dass der Ausbau der erneuerbaren Energien nicht nur zu einem zusätzlichen Druck auf die Raumnutzung, insbesondere auf Natur und Landschaft, führt, sondern auch Chancen bietet. Diese Art der Energieproduktion lässt sich mit anderen Wirtschaftsbereichen und Initiativen verknüpfen, z.B. mit der Land- und Forstwirtschaft, mit dem Tourismus, mit regionalen Naturpärken, etc. Die Nutzung einheimischer erneuerbarer Energiequellen reduziert die Abhängigkeit vom Ausland und stärkt zudem das Image der Schweiz als nachhaltigen Standort. Um diese Werte zu kommunizieren und die Bevölkerung für eine nachhaltige Energiegewinnung und -nutzung zu sensibilisieren, eignet sich die dezentrale und sichtbare Produktion erneuerbarer Energien in der Nähe oder auf bestehenden Infrastrukturen, vor allem in denjenigen Gebieten, die sich vorrangig für die Energieproduktion eignen.

Wird erneuerbare Energie ausserhalb bestehender Infrastrukturen produziert, sind Grossanlagen kleineren Installationen tendenziell vorzuziehen. (Ausgenommen davon sind Anlagen zur Verwertung der Biomasse sowie Einzelsolaranlagen, bei denen eine dezentrale Nutzung oft sinnvoller ist.) Mit Grossanlagen wird der Flächenbedarf insgesamt reduziert[50] und der ungeordnete Bau von Anlagen kann vermieden werden. Dazu braucht es jedoch eine entsprechende nationale respektive regionale Koordination.

c) Planungssicherheit

In Bezug auf die politischen Vorgaben und Rechtsgrundlagen erfordern die langfristige Planung und der Bau von Energieanlagen, die über Jahrzehnte hinaus betrieben werden sollen, dass die Betreiber von einer gewissen Planungssicherheit ausgehen können. Dazu tragen folgende Punkte bei:

- Die Politik bekennt sich klar zur «Energiewende».
- Sie bekennt sich auch klar zum Schutz von Natur, Landschaft und Biodiversität und entwickelt verpflichtende Standards darüber, welche natur- und landschaftsschützerischen Anforderungen bei der Energieproduktion eingehalten werden müssen.
- Es werden verbindliche Energieziele formuliert (inkl. Zeitplan), in Koordination mit anderen Politiksektoren (Raumplanung, Nahrungssicherheit, Naturschutz, Mobilität, etc.).
- Die Kompetenzen zwischen Bund, Kantonen und Gemeinden werden klar geregelt, wobei der Bund sachlich notwendige Koordinations- und Planungskompetenzen erhalten sollte.

[50] Bosch und Peyke, 2010: Raum und erneuerbare Energien. Standort 34: 11–19.

- Bestehende Gesetze und Ausführungsbestimmungen auf nationaler, kantonaler und kommunaler Ebene (z.B. Raumplanungsgesetz, kantonale Richt- und Sachpläne, kommunale Bauvorschriften) werden angepasst bzw. ergänzt.

- Die entsprechenden Sachplanungen (z.B. Sachplan Energie) werden ergänzt oder geschaffen.

- Für Energieanlagen werden Effizienzkriterien formuliert, die z.B. den zulässigen Energieinput im Verhältnis zum erzielten Output definieren. Es gibt Vorschriften zur Energieeffizienz (verbindliche Standards z.B. für neue Bauten, Geräte oder Infrastrukturanlagen). Vorgeschrieben wird auch der Einbau von Anlagen zur Gewinnung erneuerbarer Energien auf dafür geeigneten Gebäuden und Infrastrukturen, wenn diese neu gebaut oder saniert werden. Der Einbau solcher Anlagen kann allenfalls auch als Erschliessungsvoraussetzung definiert werden.

- Die Förderung von privaten Investitionen durch finanzielle Anreize wird weitergeführt. Allfällige unerwünschte Nebeneffekte, wie sie bei der Kostendeckenden Einspeisevergütung (KEV) festzustellen sind, gilt es zu vermeiden, damit keine Anlagen mehr gefördert werden, die an Orten zu stehen kommen, die aus ökologischer oder raumplanerischer Sicht problematisch sind.[51]

- Es werden Regeln für den Rückbau von Anlagen definiert, welche die gesetzlichen Grundlagen und die Bedingungen für Baubewilligungen nicht einhalten.

- Die Entschädigungen und das Betriebsrecht bei der Nutzung von lokalen Ressourcen, bzw. Ansprüche, die sich aus einem Nutzungsverzicht ergeben, sind neu zu definieren und klar zu regeln. Die Regelung erfolgt vorzugsweise auf nationaler Ebene, die Entschädigungen werden auf kommunaler Ebene ausgeschüttet. Diskutiert werden muss auch, ob das Bundesgesetz über die Nutzbarmachung der Wasserkräfte (WRG) angepasst werden muss und inwieweit die Erhebung von Wasserzinsen auf andere Energiequellen ausgeweitet werden soll.

8.3. Instrumente und Massnahmen auf nationaler Ebene

Für den Ausbau der erneuerbaren Energieproduktion braucht es auf Bundesebene dringend ein griffiges Koordinationsinstrument, das die Bedürfnisse der Energieproduktion mit der Erhaltung und Förderung der Natur, der Landschaft und der Biodiversität verbindet. Eine bundesweite Koordination ist aufgrund der unterschiedlichen Gegebenheiten und relativ geringen Flächen der Kantone sinnvoll.
Es gibt zwei mögliche Wege, wie dieses Ziel erreicht werden kann, beide haben jeweils ihre spezifischen Vor- und Nachteile: den nationalen Sachplan und die Anpassung bzw. verbesserte Umsetzung bestehender Instrumente.

A. Nationaler Sachplan erneuerbare Energien

Ein nationaler Sachplan für die Nutzung erneuerbarer Energiequellen würde eine Gesamtsicht über alle Energieformen ermöglichen. Ein Sachplan ergänzt Empfehlungen und Pläne für einzelne Energieformen (Sonne, Wind, Wasser, etc.), da diese keine Aussagen machen, welche Energieform an einem bestimmten Standort am sinnvollsten sind und welche Energieformen kombiniert werden könnten. Auch die Schaffung von spezifischen Energiezonen setzt eine Gesamtsicht über alle Energien voraus.
Ein Sachplan sollte folgende Informationen enthalten:

- *Vorranggebiete* bzw. Energiezonen: In diesen Zonen steht die Nutzung einer oder mehrerer erneuerbarer Energien bei Interessensabwägun-

[51] Vgl. auch SATW (2012): Wie soll Strom aus erneuerbaren Energien gefördert werden? Zürich, Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften.

gen im Vordergrund und wird daher bevorzugt behandelt bzw. sogar auferlegt («Erschliessungspflicht»). Solche Zonen können andere Landschaften entlasten und ermöglichen allenfalls grössere Ausschlusszonen.

- *Reservegebiete:* Ist bei einer weitgehenden Ausschöpfung der Vorranggebiete ein weiterer Ausbau notwendig, können diese Gebiete auch erschlossen werden.

- *Ausschlussgebiete:* In diesen Gebieten wird der Bau von erneuerbaren Energieanlagen ausgeschlossen, z.B. in Schutzgebieten der Kategorie A oder auf Fruchtfolgeflächen.

- *Energiespezifische Eignungskarten:* Diese Karten bezeichnen diejenigen Flächen, die für spezifische Energieformen geeignet sind. Eventuell unterscheiden sie auch prioritär zwischen den empfohlenen Flächen und den Reserve-Flächen und definieren Kriterien, unter welchen Umständen Reserve-Flächen genutzt werden dürfen.

- Potenziale der verschiedenen Energieformen.

Vorteile: Ein nationaler Sachplan kann einerseits den erneuerbaren Energien zum Durchbruch verhelfen und andererseits im Zusammenhang mit anderen Interessen, insbesondere auch dem Natur- und Landschaftsschutz, Konflikte mindern sowie Lösungen und Kompromisse erleichtern. Ebenso erleichtert ein solcher Sachplan in der nationalen Diskussion, welche Prioritäten in der Nutzung gesetzt werden sollen, da z.B. Gebiete mit hohem Schutzstatus ungleich auf die Kantone verteilt sind. Gleichzeitig fördert ein nationaler Sachplan auch den effizienten Umgang mit Flächen.

Nachteile: Für die Erstellung eines nationalen Sachplans Energie fehlen bisher die Rechtsgrundlagen. Diese müssten erst geschaffen werden. Die Erarbeitung eines nationalen Sachplans beansprucht viel Zeit und beinhaltet klare räumliche Vorgaben, was eine Vielzahl von schwierig zu koordinierenden kantonalen, regionalen und lokalen Güterabwägungen mit sich bringt. Einzelne Kantone (z.B. Bern) haben bereits Energiestrategien erarbeitet, die einen festen Bestandteil der allgemeinen kantonalen Strategien bilden. Die kantonalen Grundlagen für eine einheitliche Interessensabwägung auf nationaler Ebene sind unterschiedlich oder fehlen gänzlich und müssten zuerst erarbeitet werden. Ein nationaler Sachplan kann zu Konflikten mit solchen Gesamtstrategien und mit anderen kantonalen Gegebenheiten führen. Eine weitere Schwierigkeit ist, dass nationale Sachpläne von der Bevölkerung häufig als Top-down-Vorgabe wahrgenommen werden.

B. Anpassung und verbesserte Umsetzung bestehender Instrumente

Eine bundesweite Koordination kann auch erreicht werden, wenn das Raumplanungsgesetz und das Energiegesetz angepasst werden und ein Energiekonzept Bund-Kantone (evtl. integriert in ein Raumkonzept) erarbeitet wird. Eines dieser Instrumente bzw. die entsprechenden Verordnungen können Kriterien enthalten, wie die Flächen als Ausschluss-, Vorrang- sowie Empfehlungs- bzw. Reserve-Gebiete eingeordnet werden (siehe Definition oben und Beispiel in Tabelle 8.1). Diese Kriterien dienen als Vorgabe und Orientierungshilfe für die kantonale Richtplanung sowie für die Erarbeitung der kantonalen und kommunalen Vorschriften. Die angestrebte Definition von Kriterien für Ausschlussgebiete bedingt allenfalls Änderungen der entsprechenden gesetzlichen Regeln.
Eine besondere Bedeutung kommt der Raumplanung zu. Diese konzentriert sich bislang v.a. auf die Koordination zwischen Siedlung und Verkehr (wie kürzlich im Entwurf zum Raumkonzept Schweiz) sowie auf die Bezeichnung von Schutzflächen und -objekten. Die Produktion und Verteilung von Energie muss zu einer integrierten Aufgabe der Raumplanung werden, wobei der Bund allgemeine Grundsätze festzulegen hat. Zu diesen Grundsätzen gehören z.B. die raumplanerischen Rahmenbedingungen zur Ausscheidung von Energielandschaften oder Vorranggebieten, oder die Verpflichtung zur

koordinierten Planung der Bereiche Energie, Siedlung, Verkehr sowie Biodiversitäts-, Natur- und Landschaftsschutz. Diese Vorgaben können dann von den Kantonen durch eine Überarbeitung der kantonalen Richtpläne umgesetzt werden. Der Bund koordiniert dabei die notwendigen Anpassungen bzw. Überarbeitungen der Richtpläne. In diesem Zusammenhang ist die Schaffung einer Plattform zur Förderung der Umsetzung zu prüfen, an der sich auch die Kantone beteiligen. Für die Zuteilung von regionalen Vorranggebieten für die Energienutzung ist ein Bottom-up-Wettbewerbsansatz zu prüfen, wie er etwa bei den Pärken von nationaler Bedeutung angewendet wurde. Im Raumplanungsrecht könnte auch, im Sinne einer Erschliessungspflicht, eine Verpflichtung auf Erstellung bzw. Duldung des Erstellens von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien durch Dritte verankert werden.

Vorteile: Die Vermeidung konkreter räumlicher Zuordnungen auf nationaler Ebene ermöglicht ein rascheres Vorgehen und tangiert kantonale und kommunale Hoheiten weniger stark. Sie ermöglicht flexiblere Lösungen mit einem gewissen Handlungsspielraum.

Nachteile: Die Konzepte sind nicht verbindlich, und es ist unklar, ob die bestehenden Richtlinien genügen.

Weitere Empfehlungen

Mitwirkung: Bei der Erstellung von nationalen Plänen, Konzepten und Richtlinien sowie der Festlegung von Vorrang- bzw. Ausschlussgebieten müssen nicht nur die Kantone einbezogen werden, sondern auch die betroffenen Stakeholder aus den Bereichen Natur- und Landschaftsschutz, Wissenschaft, Wirtschaft und Bevölkerung.

Forschung: Die Wissenschaft kann für die Ausarbeitung der «Energiericht- bzw. Energiesachpläne», für die Festlegung der verschiedenen Nutzungsintensitäten (z.B. Kriterienkatalog) sowie für die Planung und Umsetzung von Projekten zur Nutzung erneuerbarer Energie wichtige Grundlagen erarbeiten. Forschung und Innovation in diesem Bereich sollten daher gefördert werden.

8.4 Massnahmen auf kantonaler Ebene

Die Kantone sollten aufgrund bestehender Pläne (Energiestrategie, Richt- und Sachplanung) Vorschläge zu einem allfälligen nationalen Sachplan und eine vorläufige Einordnung von Gebieten in Vorrang- und Ausschlussgebiete aus kantonaler Sicht erarbeiten. Diese Vorschläge können dann zu einer nationalen Gesamtsicht verarbeitet werden. Ein Beispiel dazu bildet die Wassernutzungsstrategie des Kantons Bern.[52] Bei der Erarbeitung dieser Vorschläge sollten die Gemeinden einbezogen werden.

Die kantonalen Richtplanungen können, basierend auf den nationalen Kriterien, diejenigen Gebiete festlegen, die für die Produktion erneuerbarer Energien geeignet sind oder ausgeschlossenen werden sollten. Sie definieren auch das Vorgehen zur Planung auf kommunaler Ebene. Hierzu könnten sich kommunale bzw. überkommunale Energierichtpläne eignen, die bisher primär Fragen der Versorgung behandeln. Diese Energierichtpläne legen fest, in welchen Gebieten mit welcher Energieart produziert werden soll und an welchen Standorten Einzelanlagen oder grössere Anlagen zur Energieproduktion vorzusehen sind. Diese Pläne müssen mit verschärften kommunalen Bauvorschriften zum energetischen Standard von neuen und zu renovierenden Gebäuden ergänzt werden.

Die kantonalen Definitionen in den Richtplänen sowie die Richtlinien beim Bau von Energieanlagen sind zu vereinheitlichen, in Zusammenarbeit mit den kantonalen Raumplanungs- bzw. Energiedirektorenkonferenzen. Die bestehende Arbeitsgruppe zu den kantonalen Richtplänen, deren Entwurf Angaben zu Energie in Richtplänen enthält,

[52] Amt für Wasser und Abfall (AWA) des Kantons Bern (Hrsg.), (2010): Wassernutzungsstrategie des Kantons Bern. Bern, 43 S. (www.bve.be.ch/bve/de/index/direktion/ueber-die-direktion/dossiers/wasserstrategie.html)

kann dazu wichtige Grundlagenarbeit leisten. Diese Grundlagen sollten auch in die nationale Planung einfliessen.

Bei denkmalgeschützten Häusern sind in vielen Fällen sinnvolle energetische Anpassungen wegen des strengen Schutzes nicht möglich. Hier besteht Handlungsbedarf bei der Beurteilung von Gebäudesanierungen. Eine Interessensabwägung sollte im Denkmalschutz geregelt werden. Dazu gehört auch die Festlegung von Kriterien, in welchen Fällen der Schutz Vorrang hat.

8.5 Massnahmen auf kommunaler Ebene

Die kommunalen Bauvorschriften und Zonenplanungen und die entsprechenden Erfahrungen, die auf dieser Ebene bei der Regelung von Energiefragen gemacht wurden, sollten bei der Erarbeitung von nationalen Richtlinien berücksichtigt werden. Dort wo Regelungen zu Energiefragen noch fehlen, sollten sie anhand der nationalen und kantonalen Vorgaben entsprechend ergänzt werden. Die Vertreterinnen und Vertreter der Gemeinden sollten bei der Erarbeitung dieser Vorgaben einbezogen werden.

Zudem sollte in den Bauvorschriften grundsätzlich vorgeschrieben werden, dass bei nicht denkmalgeschützten Wohn- und Geschäftshäusern sowie geeigneten Infrastrukturen in Siedlungsgebieten Anlagen zur Gewinnung erneuerbarer Energien installiert werden müssen.

In der kommunalen Nutzungsplanung ist ein frühzeitiger Einbezug möglicher Betroffener wichtig, da dadurch die Akzeptanz stark verbessert werden kann.

Verschiedene Gemeinden und Regionen engagieren sich für die «Energiewende». Viele Gemeinden sind «Energiestädte», andere streben die «Energieautonomie» bzw. die «CO_2-Neutralität» an. Solche Initiativen können für die Politik, aber auch für die Bewohner, einen Anreiz darstellen, in erneuerbare Energien zu investieren, und sind demzufolge zu unterstützen. Die zweckmässige Zusammenführung und Weiterentwicklung dieser Labels ist zu prüfen. Dabei ist darauf zu achten, dass bei der Bewertung dieser Initiativen auch Kriterien ausserhalb der Energieversorgung berücksichtigt werden, etwa aus dem Bereich Natur- und Landschaftsschutz und zur räumlichen Eignung. Zudem müssen die konkreten Inhalte klar definiert und überprüfbar sein, damit ein «Etikettenschwindel» vermieden werden kann.

8.6 Lösungsansätze für spezifische Energieformen

Solarenergie

Solaranlagen sind heute bei gut integrierter Installation auf Dach- und Fassadenflächen weitgehend unumstritten. Sie stossen auf breite Zustimmung in der Bevölkerung und sind gesetzlich klar geregelt (Art. 18a RPG[53]). Solaranlagen werfen keinen Schatten, machen keinen Lärm und haben eine lange, praktisch wartungsfreie Lebensdauer von 30 bis 50 Jahren. Konflikte können sich ergeben, wenn Anlagen auf geschützten Bauten oder in der freien Landschaft erstellt werden sollen. Während noch vor wenigen Jahren einzelne Baubehörden die Blendwirkung von Solaranlagen für störend hielten, gibt es inzwischen Solarziegel und Fassadenelemente, die sich in die Gebäudehülle integrieren lassen. Denkmalpflege sowie Natur- und Heimatschutzbehörden haben – je nach Region – trotzdem nach wie vor viele Vorbehalte.

Weil das Potenzial der geeigneten Dach- und Fassadenflächen von Gebäuden und Infrastrukturen gross ist und noch wenig genutzt wird, sollte sich die Energieproduktion zunächst auf diese Flächen konzentrieren. Gebäudegebundene Anlagen sind der Freiflächennutzung grundsätzlich vorzuziehen. Wenn dennoch grössere, gebäudeunabhängige Solaranlagen erstellt werden, ist eine Doppelnutzung vorzusehen: Auf unproduktiver Fläche ist eine Kombination mit Lawinenverbauungen, Bergbahnen oder Skiliften anzustreben.

[53] Art. 18a RPG: In Bau- und Landwirtschaftszonen sind sorgfältig in Dach- und Fassadenflächen integrierte Solaranlagen zu bewilligen, sofern keine Kultur- und Naturdenkmäler von kantonaler oder nationaler Bedeutung beeinträchtigt werden.

Auf landwirtschaftlichen Flächen ist die Einrichtung von grossen Solaranlagen heikel: Sie bedeuten einen grossen Eingriff in die Landschaft, konkurrenzieren die Nahrungsmittelproduktion und können zu einer Verteuerung der Landwirtschaftsflächen führen. Gleichzeitig darf der Bau solcher Anlagen nicht zulasten extensiv genutzter Flächen gehen. Es muss daher stets geprüft werden, ob die Anlagen mit einer gleichzeitigen landwirtschaftlichen Nutzung sowie mit dem Erhalt der Biodiversität vereinbar sind.
Die Nutzung der Sonnenenergie für die Strom- und Wärmeproduktion könnte stärker gefördert werden. Im Vergleich zu Deutschland und Österreich, wo die zahlreichen Solaranlagen auf den Dächern augenfällig sind, weist die Schweiz in dieser Hinsicht ein grosses Manko auf. Die Förderung sollte dabei folgende Aspekte berücksichtigen:

- Die technischen Möglichkeiten für eine gute Integration von Solaranlagen in Dächer und Fassaden sind zu nutzen und weiter zu verbessern. Konflikte, die auf architektonischen oder denkmalschützerischen Argumenten beruhen, lassen sich dadurch reduzieren.

- Pilotanlagen in der freien Landschaft sollten ausschliesslich der Forschung dienen. Bei unvorhergesehenen Problemen muss der vollständige Rückbau möglich sein.

Die obenstehenden Empfehlungen haben die gleiche Stossrichtung wie ein kürzlich erarbeitetes Positionspapier der betroffenen Bundesämter.[54]

Windenergie

Die Nutzung der Windenergie ist im Vergleich zur Solarenergie stark standortgebunden und generell konfliktträchtiger. Windanlagen sind in der Landschaft deutlich sichtbar, sie machen Lärm und können den Lebensraum von Vögeln und Fledermäusen beeinträchtigen. Wie stark diese Auswirkungen ins Gewicht fallen, hängt vom Standort und der Grösse der Anlagen sowie den Zufahrtswegen ab. Zudem ist die Wahrnehmung stark von der persönlichen Einstellung der Betrachtenden geprägt. Bei der Planung und Realisierung von Windenergieanlagen sollten aufgrund des Konfliktpotenzials folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Eine übergeordnete, schweizweite Koordination bzw. Abstimmung der kantonalen und allenfalls auch kommunalen Planungen für Windparks mit mehr als 3 bis 5 Turbinen ist für die Nutzung der Windenergie von zentraler Bedeutung. Zurzeit sind die Bewilligungsverfahren in den einzelnen Kantonen sehr unterschiedlich, und es werden in den Richtplänen unterschiedliche Definitionen verwendet. Die Wahl von optimalen Standorten ist nur mit einer überregionalen, vereinheitlichten kantonalen Richtplanung möglich.

- Diese Richtplanung muss die Zugangsinfrastruktur, die Möglichkeiten für den Netzanschluss sowie visuelle und akustische Beeinträchtigungen berücksichtigen. Dabei müssen die zu erwartenden Beeinträchtigungen mit anderen vergleichbaren Beeinträchtigungen (Autobahnen, Bahnlinien, Industrieanlagen, Starkstromleitungen, Skiliftmasten, etc.) verglichen werden. Dadurch kann beurteilt werden, ob eine geplante Anlage zu einer klaren Verschlechterung der bestehenden Situation führen würde. Die Anwendung von Pauschalabständen (z. B. zu Wohnbauten) als alleiniges Kriterium ist hingegen nicht empfehlenswert, weil damit andere Beeinträchtigungen nicht berücksichtigt werden.

- Die Konflikte mit dem Vogelschutz lassen sich mit einer sorgfältigen Überprüfung der Standorte und verbesserten Zugvogelprognosen vermindern. Letztere können helfen, in kritischen Perioden oder nachts die Windturbinen abzustellen und somit Konflikte zu vermindern.

[54] Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bundesamt für Energie (BFE), Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) (2012): Positionspapier freistehende Photovoltaik-Anlagen vom 3.7.2012.

- Bei der Planung ist auf eine möglichst gute Integration in die Landschaft zu achten; auf Windkraftanlagen in Wäldern ist zu verzichten.

- Windenergieanlagen bieten auch Chancen: Sie können als sichtbares Symbol für die Nutzung erneuerbarer Energiequellen, aber auch als «Leuchtturm» innerhalb einer «Energielandschaft» wahrgenommen werden.

- In Schutzgebieten hängen die Möglichkeiten für den Bau von Anlagen vom Schutzstatus ab. Generell ist den Standorten ausserhalb der Schutzgebiete ein Vorrang einzuräumen. In streng geschützten Gebieten von nationaler Bedeutung sind auch in Zukunft keine Anlagen zuzulassen. Ausgenommen von dieser Empfehlung sind Pärke oder Parkzonen mit dem Ziel einer nachhaltigen Entwicklung. Dort ist die Produktion erneuerbarer Energien – innerhalb klarer Rahmenbedingungen – grundsätzlich zu fördern.

Neben der Richt- bzw. Sachplanung gibt es zurzeit verschiedene weitere Instrumente, die für die Planung von Windenergieanlagen relevant sind:

- Die Empfehlungen für Windenergieanlagen des BFE:[55] In diesen Empfehlungen wird der Standortfaktor «Erholungs- und Tourismusgebiet» ausschliesslich als Vorbehalts- bzw. Ausschlusskriterium dargestellt. Diese Beurteilung ist zu einseitig und berücksichtigt die entsprechenden Standortvorteile nicht.

- Die Lärmschutzverordnung: Diese verlangt keinen hundertprozentigen Schutz der Anwohnerinnen und Anwohner und berücksichtigt auch öffentliche Interessen, die z.B. in den Richtplänen festgehalten sind. Dabei besteht ein gewisser Interpretationsspielraum.

- Bei grösseren Anlagen (ab einer Leistung von 5 MW) und Windpärken ist eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) erforderlich.

Wasserkraft

Die Wasserkraft ist die in der Schweiz am besten etablierte und bis anhin wichtigste erneuerbare Energiequelle. Das Potenzial für Grosskraftwerke ist allerdings weitgehend ausgeschöpft. Die Produktion lässt sich primär nur noch durch den Ausbau und die Verbesserung dieser Grosskraftwerke sowie durch den Bau zusätzlicher Kleinwasserkraftwerke erhöhen. Beide Varianten führen zu Konflikten. Im Hinblick auf die zukünftige Nutzung der Wasserkraft sind folgende Aspekte von Bedeutung:

- Bezüglich der existierenden Grosskraftwerke ist zu bedenken, dass deren Ausbau und Verbesserung eine beträchtliche Produktionssteigerung mit sich bringt. Eine vergleichbare Energiemenge würde den Neubau vieler Kleinkraftwerke erfordern. Die Akzeptanz für Ausbauten bestehender Anlagen kann dadurch verbessert werden, dass im Gegenzug unerschlossene Gebiete verschont bleiben. Der Ausbau von Grosskraftwerken muss von Ersatzmassnahmen begleitet werden.

- Die Planung und Realisierung der Kleinwasserkraftwerken erfordert einen sorgfältigen Umgang mit der Landschaft und der Natur. Das Instrument der Schutz- und Nutzungsplanung gemäss Gewässerschutzgesetz[56] regelt einen ökologisch sinnvollen Ausbau. Zudem sollten für die Planung von Anlagen im Alpenraum die Leitlinien der Alpenkonvention beigezogen werden. Eine räumliche Konzentration von Kleinanlagen ist anzustreben; von der Nutzung bisher noch intakter Wasserläufe ist abzusehen.

---

[55] Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bundesamt für Raumplanung (ARE) und Bundesamt für Energie (BFE, Hrsg.) (2010): Empfehlungen zur Planung von Windenergieanlagen. Bern. (www.bfe.admin.ch/themen/00490/00500/index.html?lang=de&dossier_id=04426)

[56] www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01071/

- Die Kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) hat dazu geführt, dass Kleinwasserkraftwerke zum Teil an Standorten geplant werden, die sich – bezogen auf die produzierte Energiemenge – aus ökonomischen und ökologischen Gründen nicht für die Energieproduktion eignen. Eine Überprüfung der KEV-Strategie ist notwendig.

- Unabhängig davon erfordert die Nutzung der Kleinwasserkraft eine Planung auf kantonaler Ebene, um einen ungeordneten Ausbau in der Landschaft und den ineffizienten Einsatz finanzieller Ressourcen zu vermeiden. Eine solche Planung muss den Beitrag der Kraftwerke zur Energieproduktion sorgfältig gegen ihre negativen Auswirkungen abwägen. Beim Bau von Kleinwasserkraftwerken empfiehlt sich eine gleichzeitige ökologische und landschaftliche Aufwertung des Gebiets sowie eine Aufwertung für die Erholungsnutzung (zum Beispiel durch die Schaffung von attraktiven Wasserlandschaften).

- Bei Wasserkraftwerken mit einer Grösse von weniger als 3 MW installierter Leistung besteht keine Pflicht, eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) durchzuführen. Dies fördert einerseits die Projektierung von möglicherweise weniger umweltgerechten Anlagen auf Seiten der Initianten und vergrössert andererseits bei Vertretern von Natur- und Landschaftsschutzorganisationen die Skepsis gegenüber solchen Anlagen. (Letztere haben unabhängig von einer UVP die Möglichkeit, Einsprache gegen geplante Vorhaben zu erheben.) Die Erarbeitung von (allenfalls nationalen) Kriterien für Kleinwasserkraftwerke ist zu empfehlen.

- Die Klimaänderung könnte aufgrund der vorausgesagten Abnahme der Sommerniederschläge zu vermehrten Konflikten zwischen der Wasserkraftnutzung und anderen Ansprüchen führen (Bewässerung, Trinkwasserversorgung, Freizeitnutzung). Dieses Konfliktpotenzial erfordert eine langfristige und sorgfältige Planung der Wassernutzung. Die Grundlagen dazu werden zurzeit im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms NFP 61 erarbeitet. In der aktuell überarbeiteten Gewässerschutzverordnung werden mögliche Veränderungen im Wasserhaushalt aufgrund der Klimaerwärmung nicht behandelt.

Geothermie

Die Nutzung der untiefen Geothermie ist etabliert, während die Nutzung der tiefen Geothermie für die Stromproduktion technisch noch nicht ausgereift ist. Die Konflikte mit dem Landschaftsschutz und der Raumnutzung sind für beide Nutzungsarten gering, weil die Standorte an das Siedlungsgebiet gebunden sind und überdies nur einen geringen Flächenbedarf aufweisen. Könnte das enorme Potenzial der Geothermie genutzt werden, würde dies den Druck auf andere Energieproduktionsarten mindern. Im Hinblick auf die Planung und Realisierung von Anlagen sind folgende Punkte zu beachten:

- Kleine Anlagen zur Nutzung der Erdwärme (untiefe Geothermie, Luft-Wärmepumpen) können problemlos realisiert werden, sofern sie mit dem Grundwasserschutz vereinbar sind. Die Vervollständigung von Eignungskarten, die auf das Grundwasser und das Temperaturprofil Bezug nehmen, erleichtern die Abklärungen zum Bau von Erdsonden.

- Grössere Anlagen für die tiefe Geothermie eignen sich vor allem an Standorten, an denen die anfallende Wärmeenergie verwertet werden kann. Sie sind daher nur in der Nähe von grösseren Siedlungen sinnvoll. Gesetzliche Bestimmungen, wie z.B. die Möglichkeit eines Anschlusszwangs, sowie raumplanerische Vorgaben (Energierichtpläne, Erschliessungsplanung) sind zu empfehlen.

- Vordringlich für die Nutzung der tiefen Geothermie ist deren technische Weiterentwicklung,

und zwar sowohl hinsichtlich der Erkundung des Untergrundes als auch in Bezug auch das Risiko, dass bei der Anwendung des Hot-Dry-Rock-Verfahrens Erdbeben ausgelöst werden. Bei Probebohrungen ist die Bevölkerung umfassend zu informieren.

Biomasse

Die Biomassenutzung ist wenig umstritten, sofern sie gemäss Ausgangsszenario die Nutzung von Energiepflanzen ausschliesst und natürliche Kreisläufe berücksichtigt. Für die künftige Nutzung der Biomasse und die Planung von Anlagen ist Folgendes zu berücksichtigen:

- Ungenutzte Potenziale gibt es primär bei der Verwertung von Rückständen aus der Landwirtschaft sowie bei der Holznutzung. Eine nachhaltige Nutzung der Ressourcen sowie eine biodiversitätsfördernde Waldbewirtschaftung ist anzustreben.

- Es gilt, einen klugen Kompromiss zu finden zwischen der Nutzung des Holzes als Energieträger und Baumaterial sowie dem Belassen von Habitatbäumen und Totholz im Wald. Mit einer besseren Information von Energiekonsumenten soll die Mehrfachnutzung von Holz gefördert werden.

- Wo Holz anfällt, ist es sinnvoll, die dezentrale Wärmeproduktion mit Holz oder die Stromproduktion in Wärmekraftkopplungsanlagen zu fördern.

- Generell sollte feuchte Biomasse soweit möglich dezentral genutzt werden.

- Bei der Planung von Anlagen sind in erster Linie kurze Transportwege anzustreben. Im Weiteren ist auf eine gute Integration in das Siedlungsgebiet respektive in die Landschaft zu achten. In Tourismus- und Siedlungsgebieten ergeben sich Synergieeffekte, wenn Speisereste und Küchenabfälle verwertet werden.

- Im Hinblick auf die Skepsis der Anwohnerinnen und Anwohnern sind technisch ausgereifte Anlagen zu bauen, die keine nachteiligen Geruchsemissionen verursachen.

Empfehlungen für die Aufteilung in Vorrang- und Ausschlussgebiete für spezifische Energieformen

Tabelle 8.1: Mögliche Kriterien für die Kategorisierung von Vorrang- bzw. Ausschlussgebieten für die verschiedenen Energieformen; es besteht kein Anspruch auf Vollständigkeit. Die Kategorien A, B und D für Schutzgebiete werden in Kapitel 7 definiert.

Energieform	Vorranggebiete	Ausschlussgebiete
Solarenergie Einzelanlagen	• Industriegebiete und Landwirtschaftsgebäude • Geeignete Infrastrukturen • Alle Gebäude in Siedlungen (Ausnahme: denkmalgeschützte Bauten)	• Einzigartige Ortsbilder • Denkmalgeschützte Objekte
Solarenergie Freiflächen	• Energielandschaften[57]	• Fruchtfolgeflächen • Schutzgebiete der Kategorien A, B und D • Ökologische Ausgleichsflächen
Windkraft	• Bestehende technisch geprägte Landschaften • Energielandschaften • Gebiete mit bestehenden Zugangswegen und Netzanschluss • Gebiete mit genügender Windgeschwindigkeit	• Schutzgebiete der Kategorien A und B • Häufig benutzte Vogelzugrouten • Wald • Siedlungsgebiet
Wasserkraft gross	• Bestehende technisch geprägte Landschaften • Energielandschaften	• Schutzgebiete der Kategorien A und B
Wasserkraft klein	• Bestehende technisch geprägte Landschaften • Energielandschaften	• Schutzgebiete der Kategorie A • Intakte Wasserläufe
Biomasse	• Bestehende technisch geprägte Landschaften • Energielandschaften	• Fruchtfolgeflächen • Schutzgebiete der Kategorien A und B
Geothermie untief	• Nähe von Gebäuden (Ausnahme Grundwasserschutzgebiete)	• Grundwasserschutzgebiete
Geothermie tief	• Nähe von Siedlungen	

[57] Energielandschaften bzw. Energiezonen sind Gebiete, in denen der Nutzungsschwerpunkt bewusst auf die Energiegewinnung gelegt wird und diese Nutzung gegenüber anderen Interessen Vorrang hat.



9 Ausblick

Der vorliegende Bericht der Akademien der Wissenschaften Schweiz bietet kein ausgereiftes Konzept zur Lösung der anstehenden Raumnutzungskonflikte. Er zeigt aber Wege auf, deren Verfolgung zu erfolgreichen Lösungen führen könnten. Die Umsetzung der vorgeschlagenen Konzepte bedingt jedoch eine intensive Diskussion zwischen allen Beteiligten und die Bereitschaft, Kompromisse einzugehen. Dies betrifft einerseits das föderalistische System der Schweiz, wo sich die Neuregelung von gewissen Kompetenzen aus Sachgründen aufdrängt und anderseits die verschiedenen Interessensgruppen, die sich in den heutigen Diskussionen – dies hat die Erarbeitung des Berichts deutlich gezeigt – zum Teil diametral gegenüberstehen. Die verschiedenen Herausforderungen, denen sich die Gesellschaft heute gegenüber sieht, ergeben sich zu einem grossen Teil aus der Begrenztheit verschiedenster Ressourcen (beispielsweise der Luft-, Boden- und Wasserreservoire für die Entnahme von Stoffen und die Aufnahme von Abfällen). Der Anspruch der Gesellschaft, die Ressourcen für die Befriedigung der eigenen Bedürfnisse unbegrenzt nutzen zu können und diese Nutzung gleichzeitig nachhaltig zu gestalten, führt in vielen Fällen zu Zielkonflikten. Eine nachhaltige Energienutzung mit ihrem Flächenbedarf und ein kompromissloser Landschaftsschutz lassen sich heute kaum mehr vereinbaren. Da in einem demokratischen Land ein gesellschaftlicher Umbau nur freiheitlich vollzogen werden kann, wird die Schweiz nicht umhin kommen, einen Gesellschaftsvertrag für diesen Umbau zu erarbeiten. Eine Konkretisierung der von den akademien-schweiz vorgeschlagenen Wege stellt eine grosse Herausforderung dar und braucht eine Weiterführung der mit dieser Studie angestossenen Diskussion.

Anhang zu Kapitel 2: Ausbauszenarien der erneuerbaren Energien

Um die Konflikte und Chancen, die sich aus der Nutzung der erneuerbaren Energien ergeben, besser zu erkennen, wurden in Kapitel 2 die Potenziale der verschiedenen erneuerbaren Energieproduktionsarten und ihre Relevanz für den Raum kurz vorgestellt (Tabelle 2.1). Dieser Anhang gibt dazu nun vertiefende Informationen. Eine ausführlichere Diskussion der verschiedenen Produktionsarten findet sich im akademien-schweiz-Bericht «Stromversorgung Schweiz».[58]

Wasserkraft

Gegenwärtig sind 580 Zentralen mit jeweils mehr als 300 kW installierter Leistung in Betrieb (Abb. A1). Laufkraftwerke mit geringer Stauhöhe und konstantem Staupegel im Mittelland tragen gegenwärtig im Jahresmittel 47 Prozent zur Stromproduktion aus der Wasserkraft bei. Der Rest stammt von Speicherkraftwerken, die hauptsächlich im Gebirge liegen. Die Stromproduktion aus der Wasserkraft könnte durch Effizienzsteigerungen bestehender Anlagen und zu einem geringeren Teil durch den Bau von Kleinwasserkraftwerken (< 10 MW) um etwa 15 Prozent gesteigert werden.[59]

Mit dem wachsenden Anteil an erneuerbaren Energien mit stark schwankender und zum Teil stochastischer Energieproduktion (Wind, Photovoltaik und Kleinwasserkraft) gewinnen der Ausbau bestehender und der Bau neuer Pumpspeicherkraftwerke



Abbildung A1: Standorte von Wasserkraftwerken mit mehr als 10 MW Leistung [BFE 2012] www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_596125110.pdf].

[58] akademien-schweiz-Bericht «Zukunft Stromversorgung Schweiz» (2012) www.proclim.ch/news?2402

[59] BFE März 2008: Strategie Wasserkraftnutzung Schweiz www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_684024061.pdf

an Bedeutung. Mit den im Bau befindlichen grösseren Pumpspeicherkraftwerken Emosson, Linth-Limmern, Veytaux und Hongrin wird die Pumpspeicherleistung von heute bis 2015 auf 3,2 GW gut verdoppelt. Zählt man alle in verschiedenen Phasen der Projektierung befindlichen Anlagen hinzu, resultiert eine Pumpspeicherleistung von insgesamt 5 GW.

Der Klimawandel wird sich laut neuen Studien insgesamt bis 2050 kaum auf die Gesamtproduktion der Wasserkraft auswirken, wobei in einzelnen Regionen (Wallis, Tessin) mit einem gewissen Rückgang zu rechnen ist. Bis 2050 ist wegen der stärkeren Gletscherschmelze sogar eher mit einem Produktionsanstieg im Gletscher-Einzugsgebiet zu rechnen. Hingegen wird das Wasserangebot insbesondere in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts saisonal zum Winter hin verlagert, was gegenüber heutigen Verhältnissen den Bedarf an saisonalem Speichervolumen vermindert. Der Speicherbedarf steigt hingegen aufgrund der bedeutend höheren Sonneneinstrahlung im Sommer, da vermehrt Energie, die mit Photovoltaik erzeugt wird, vom Sommer in den Winter transferiert werden muss (siehe Tabellen A1 und 2.1). Schwierig einzuschätzen ist, ob vermehrte oder stärkere Extremereignisse allenfalls zu Produktionsverlusten führen werden.[60]

Windenergie

Die Energieleistung von Windenergieanlagen steigt bei Zunahme der Windgeschwindigkeit mit der dritten Potenz, d.h. eine Verdoppelung der Windgeschwindigkeit führt zu einer Verachtfachung der Energieleistung. Aus diesem Grund sind die mittlere Windgeschwindigkeit (Abb. A2) sowie das regelmässige Auftreten von Wind zentrale Indikatoren, mit welcher jährlichen Gesamtenergieproduktion an einem Standort gerechnet werden kann. Je nach Windcharakteristik gibt es technische Optimierungsmöglichkeiten, z.B. durch die Wahl der Masthöhe und des Rotordurchmessers.

Im Jahr 2011 sind in der Schweiz 28 grössere Windenergieanlagen in Betrieb. Moderne grosse Windenergieanlagen mit Masthöhen über 100 Meter und einer Nennleistung von mindestens 2,5 MW haben höhere Wirkungsgrade, da sie bereits bei geringen Windstärken von etwa 4 m/s zu arbeiten beginnen und mit grösserem Abstand zum Boden die Winde stärker und gleichmässiger wehen. Voraussetzung für den Bau von Windenergieanlagen ist eine gute Erschliessung des Standorts.

Windenergieanlagen liefern zeitlich fluktuierenden Strom mit stochastischem Anteil, da der Wind unregelmässig weht. Mit Netzverbünden über Distanzen von mehr als 1000 km liessen sich die unterschiedlichen Windverhältnisse grossräumig ausgleichen.

Das erwartete Windenergiepotenzial[61] der Schweiz liegt zwischen 1 bis 4 TWh. Bei einem langfristigen Potenzial von 4 TWh pro Jahr für das Jahr 2050 rechnet Suisse Eole mit rund 800 Anlagen mit einer Leistung von 2,5 MW.[62] Das BFE hat als Ziel bis 2030 einen Ausbau der Windenergie auf jährlich 600 GWh formuliert. Das setzt jährliche Neuinstallationen von 16 MW Leistung oder eine Zunahme in 20 Jahren um insgesamt 350 MW voraus. Dieses Ziel wird bei Realisierung der derzeit geplanten Projekte bei weitem übertroffen. Summiert man die erwarteten Strommengen aller geplanten Anlagen in der Schweiz, resultiert eine Stromproduktion von 1,8 bis 2,3 TWh pro Jahr (Stand Oktober 2011).

Solarenergie

Für die Nutzung der Solarenergie sind Verhältnisse wie in Südspanien mit einer jährlichen Einstrahlung von über 2000 kWh/m^2 optimal. In der Schweiz erreichen exponierte hochgelegene Standorte, insbesondere im Wallis und im Engadin, ebenfalls Werte über 1500 kWh/m^2 pro Jahr. Demgegenüber ist die Sonneneinstrahlung im Mittelland mit 1000

[60] Schweizerische Gesellschaft für Hydrologie und Limnologie (SGHL) und Hydrologische Kommission (CHy) (Hrsg.) 2011. Auswirkungen der Klimaänderung auf die Wasserkraftnutzung – Synthesebericht. Beiträge zur Hydrologie der Schweiz, Nr. 38, 28 S., Bern. ISBN 978-3-033-02970-5; www.proclim.ch/news?2072

[61] Wir verwenden hier verschiedene Potenzialbegriffe entsprechend der Definition des Energie-Trialogs[5] Abb. 12 und Text dazu.

[62] Swiss Eole: www.climate-change.ch/4dcgi/detail?1734



Abbildung A2: Verteilung der mittleren Windgeschwindigkeiten in der Schweiz. Günstige durchschnittliche Windgeschwindigkeiten über 4,5 m/s sind primär auf den Bergkuppen im Jura und im Alpenraum zu finden. (Beitrag Rigassi in Nowak 2011[63]; Karte: Meteotest)

bis 1200 kWh/m^2 pro Jahr rund 25 Prozent geringer (Abb. A3).[64] Die grossen Agglomerationen liegen in diesen weniger besonnten Regionen (Abb. A4). Solarenergie fällt tagsüber an und erreicht ihr Maximum zur Zeit der Bedarfsspitze am Mittag.

Die tägliche Leistungskurve lässt sich über den Vormittag und Nachmittag besser an den Bedarf anpassen, wenn Dach- und Fassadenflächen, die nicht optimal ausgerichtet sind, in Gebieten mit hoher Direkteinstrahlung (Gebirge) einbezogen werden. Solaranlagen produzieren im Mittelland im Juli rund viermal mehr Energie als im Dezember. An optimalen Lagen im Gebirge (z.B. häufig im Bereich von rund 1500 bis 2500 Meter über Meer) variiert die Einstrahlung über das Jahr hinweg nur um einen Faktor 1,5 bis 2 [Nowak 2011]. Durch steiler geneigte Module lässt sich die Produktion für den Winter optimieren; zudem rutscht dann auch der Schnee besser ab. Der Wirkungsgrad von Photovoltaikanlagen liegt heute zwischen 8 und 18 Prozent und wird sich mit der technologischen Entwicklung weiter verbessern.

Solarstrom (Photovoltaik)

Basierend auf der Studie «Stand und Perspektiven der Schweizer Solarstromproduktion 2009» und den neuesten Entwicklungen wurde das technische Potenzial der Stromproduktion mit Photovoltaik auf Dachflächen abgeschätzt. Im Mittelland beträgt der mittlere Flächenbedarf rund 8 km^2 für die Produktion von 1 TWh Strom. Dazu ist eine installierte Leistung von etwa 1,1 GW notwendig. Im heutigen Gebäudepark stehen 150 km^2 geeignete Dachflächen für die Photovoltaik zur Verfügung. Werden 80 Prozent davon genutzt (120 km^2), dann lässt sich darauf rund 15 TWh Strom pro Jahr erzeugen. Falls

[63] Nowak 2011: Hintergrundmaterial Photovoltaik und Windkraft. Nowak, Gutschner, Rigassi 2011 www.proclim.ch/news?2420

[64] Stand und Perspektiven der Schweizer Solarstromproduktion 2009

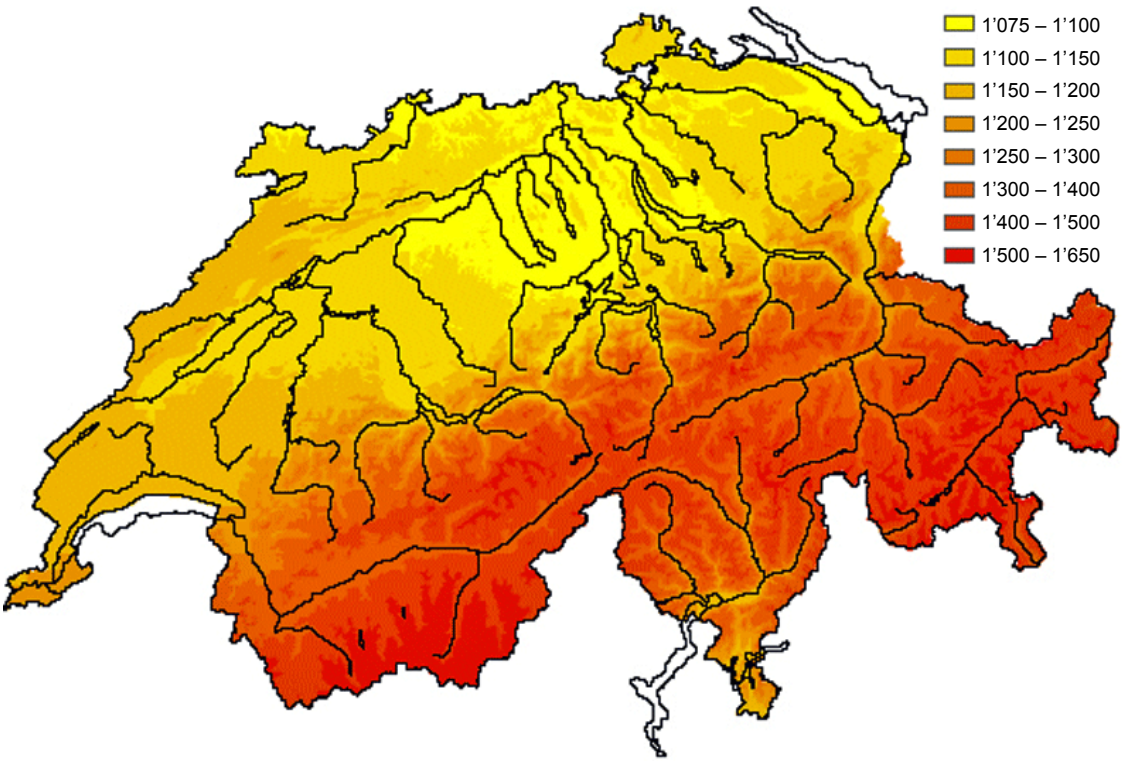


Abbildung A3: Jährliche Sonneneinstrahlung in der Schweiz. Die Solarenergie verteilt sich relativ gleichmässig auf die stark besiedelten Gebiete der Schweiz. Die Westschweiz und das Tessin erreichen Jahreswerte von rund 1200 kWh/m² (Gebiete in oranger Farbe), während das Dreieck Basel – Bern – Zürich rund 1100 kWh/m² erreicht (Gebiete in sattgelber Farbe). Eine überdurchschnittliche Einstrahlung haben die inneralpinen Täler mit rund 1300 kWh/m² (Gebiete in sattoranger Farbe). Quelle: Plot/Daten Meteonorm, Design: NET

die Preissenkungen auf kristallinen Anlagen weiter anhalten und die einzelnen Module optimiert bewirtschaftet werden,[65] könnte die Energieproduktion pro Fläche deutlich erhöht werden. Für 2050 kann ein höherer Wirkungsgrad im Technologiemix von 17 Prozent erwartet werden, was einem Flächenbedarf von 6,7 km² pro TWh entspricht. Die Stromproduktion könnte demnach auf den 120 km² Dachflächen noch höher ausfallen als oben festgelegt. Um die Produktion an den Verbrauch anzugleichen, sind Batterien in der Nähe der Photovoltaikanlagen zur Kurzzeitspeicherung des Stroms (sechs Stunden bis eine Woche) eine effiziente Option.

Durch den Einbezug von Dachflächen, deren Ausrichtung nicht optimal ist, kann der Tagesgang ausgeglichen und der Produktionsbeitrag erhöht werden. Sehr gut ausgerichtete Fassaden- und Infrastrukturflächen können zusätzlich über 10 km² Fläche für Photovoltaikanlagen beitragen, allerdings meist mit einem geringeren Energieertrag pro Modul.

Für eine allfällige Produktion von Solarstrom auf freien Landflächen eignet sich aufgrund der höheren Einstrahlung vor allem das Gebirge (siehe Abb. A3). Im Gebirge ist jedoch mit einem höheren Erschliessungsaufwand zu rechnen. Das Ausbauszenario geht davon aus, dass bei solchen Anlagen leistungsfähigere kristalline Zellen zum Einsatz kommen, mit denen auf einer Fläche von 6,5 km² jährlich 1 TWh Strom produziert werden kann. Mit einer teilweisen Bedeckung in mehreren Metern Höhe über dem Feld (gleichsam als «Pergola») liesse sich die darunterliegende Landfläche gleichzeitig für die Graswirtschaft nutzen. In diesem Falle erhöht sich die benötigte Fläche allerdings auf etwa das Doppelte.

[65] Durch individuelle Wechselrichter für jedes Panel lassen sich auch Flächen nutzen, welche zeitweise beschattet sind.

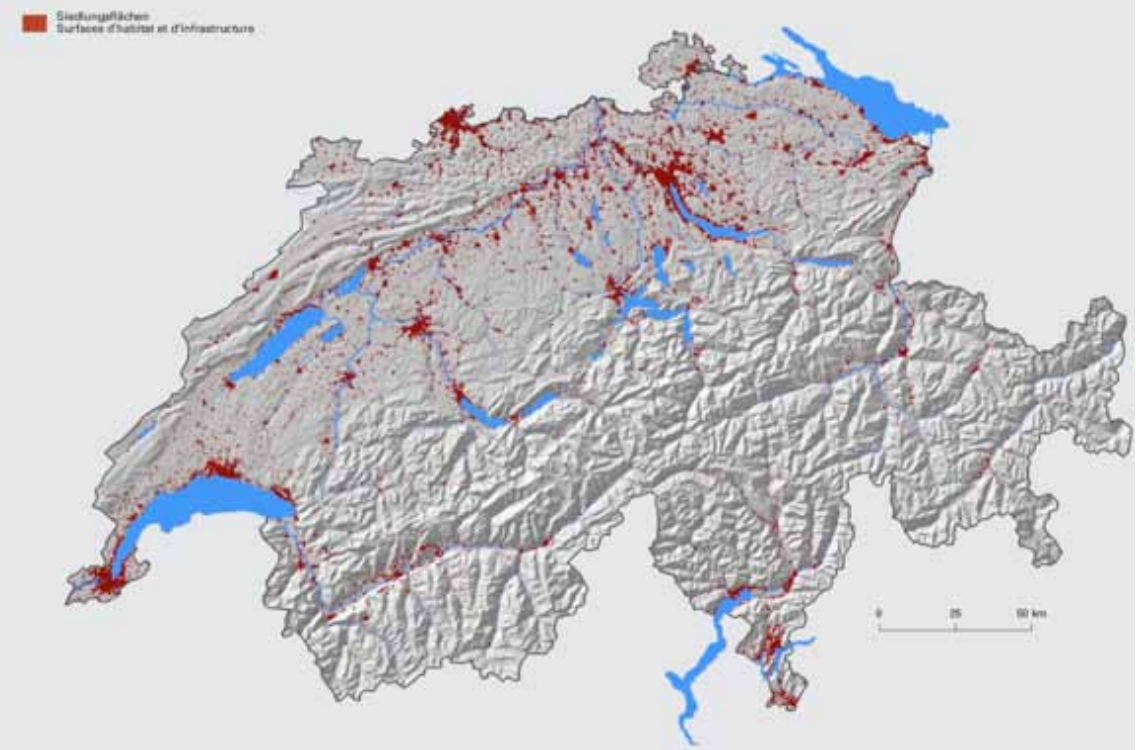


Abbildung A4: Siedlungsgebiete in der Schweiz. Die meisten grossen Agglomerationen liegen in den eher schwächer besonnten Regionen der Schweiz, wie der Vergleich mit Abbildung A3 deutlich macht. Die Dächer liegen zum grossen Teil an nicht optimal sonnenexponierten Lagen. Quelle: Arealstatistik

Solarwärme

Die Solarthermie, die mit Sonnenkollektoren auf Dächern genutzt wird, hat ein bedeutendes Potenzial. Im Vergleich zur Photovoltaik kann die Kollektortechnologie als reif bezeichnet werden.

Der Flächenbedarf für eine bestimmte Menge an solarthermischer Energie hängt von verschiedenen Faktoren ab. Bei der Aufbereitung des Warmwassers und der Vorwärmung des Heizwassers wird bereits heute ein jährlicher Nutzenergieertrag von 400 kWh/m^2 Kollektorfläche erreicht. Um 1 TWh nutzbare Solarwärme zu erzeugen, braucht es demnach eine Kollektorfläche von etwa 2,5 km^2, wobei die Wärme primär im Sommer anfällt. Mit Hilfe von Speichern kann sie auch für den Winter verfügbar gemacht werden. Der Entwicklung von hocheffizienten und wirtschaftlichen solarthermischen Systemen (grosse Speicher, Erdspeicher, Latentwärmespeicher, etc.) kommt daher eine grosse Bedeutung zu.

Die Solarthermie spielt insbesondere bei der solarintensiven Variante eine bedeutsame Rolle, lässt sich doch mit Hybridkollektoren auf derselben Fläche sowohl Strom als auch Wärme produzieren.

Geothermie (Wärmepumpen und Kraftwerke)

Die Nutzung der Erdwärme bis in Tiefen von etwa 300 Metern zu Heizzwecken ist in der Schweiz weit verbreitet. Im Sommer lassen sich Gebäude durch Abführen der Wärme in den Untergrund auch kühlen. Eingeschränkt ist die Nutzung der Erdwärme in Gebieten, in denen die Sonden grundwasserführende Schichten durchstossen. Wo das Grundwasser als Trinkwasser genutzt wird, sind Erdsonden bisher verboten, weil das Trinkwasser durch ein Leck im Erdsondenkreis mit Kühlmittel (z.B. Glykol) verseucht würde.

Wärme aus Boden, Luft und Wasser steht – zumindest theoretisch – praktisch unbeschränkt zur Verfügung, wobei das Potenzial der Erdwärme deutlich grösser ist als dasjenige der Umweltwärme.

Die Nutzung der tiefen Geothermie hat ebenfalls ein grosses Potenzial. Die tiefe Geothermie ab etwa 3 km Tiefe eignet sich für die Stromproduktion; im Gegensatz zu den übrigen erneuerbaren Energien erzeugt die tiefe Geothermie Bandenergie. Wegen der geringen Temperatur von unter 200 °C beträgt der Wirkungsgrad weniger als 13 Prozent. Wird die Restwärme von grossen Wärmeabnehmern (z. B. in Fernwärmenetzen) verwertet, wird die Energieproduktion aus der tiefen Geothermie effizienter.

Biomasse (Treibstoffe, Strom und Wärme)

Biomasse eignet sich sowohl zur Produktion von Strom als auch von Wärme und Treibstoff. Mögliche Ausgangsstoffe sind biogene Abfälle, Altholz, Holz aus der Forstwirtschaft, Nutzpflanzen, Algen, Ackerbaurückstände und Speisereste. Im Gegensatz zur Verwertung der trockenen Biomasse (z. B. Waldholz) ist die Verwertung von feuchter Biomasse (z. B. Hofdünger) dadurch erschwert, dass sie teilweise saisonal und meist dezentral anfällt. Feuchte Biomasse kann überdies nicht verbrannt, sondern nur über die biologische Vergärung beziehungsweise thermochemische Prozesse genutzt werden. Biomasse aus biogenen Abfällen sowie Alt- und Restholz werden heute bereits weitgehend genutzt. Ungenutzte Potenziale gibt es vor allem bei Ernterückständen und Hofdünger sowie beim Waldholz.[66] In der Schweiz sind Nutzpflanzen nur beschränkt für die Biomassenutzung zugelassen, damit die Nahrungsmittelproduktion nicht konkurrenziert wird.

Das nachhaltig nutzbare Potenzial der Biomasse ist in der Schweiz begrenzt und beträgt etwa 22,7 TWh; davon werden 11,8 TWh heute bereits genutzt. Übrig bleiben also noch 10,8 TWh. Alleine für die Energieholznutzung wird die maximale Potenzialausschöpfung bis 2025 auf 7,65 Mio. m^3 oder 13,8 TWh geschätzt, was mehr als einer Verdopplung im Vergleich zum Jahr 2005 entspricht. Heute geht man von einem kurz- bis mittelfristig verfügbaren Zusatzpotenzial von 2,5 Mio. m^3 Holz oder knapp 4,5 TWh Nutzenergie aus. Das technisch mögliche zusätzliche Potenzial liegt bei 3,5 Mio. m^3 oder rund 6,3 TWh Nutzenergie.[67] Da diesem Bericht kein Verbrauchsszenario zugrunde liegt, ist die Aufteilung der Produktion in Treibstoff, Strom und Wärme offen. Wir gehen allerdings davon aus, dass Wärme aus Biomasse primär in Kombination mit der Stromproduktion entsteht und ein bedeutender Biomasseanteil für Treibstoffe verwendet wird.

Transport, Versorgung und Speicherung (zentral/dezentral)

Je stärker die Stromproduktion fluktuiert und je weniger planbar sie erfolgt, desto leistungsfähiger müssen die Übertragungsnetze und Speicher sein, damit Angebot und Nachfrage aufeinander abgestimmt werden können. Je dezentraler die Speicherung erfolgt (im Idealfall in der Produktionsanlage selbst), desto geringer ist der Bedarf an Netzkapazitäten. Die Schweiz ist in der komfortablen Situation, dass sie eigene Pumpspeicher- und Speicherkraftwerke besitzt, die sehr rasch auf Nachfragespitzen reagieren können und die sehr grosse Energiemengen auch über Jahre hinweg lagern können. Zudem sind die Pumpspeicher mit 15–25 Prozent Energieverlust verglichen mit anderen Stromspeichern sehr effizient.

Ausbauszenario

Die vorliegende Studie diskutiert, welche Chancen und Konflikte sich in Bezug auf die Raumnutzung aus der Nutzung der erneuerbaren Energien ergeben. Diese Diskussion basiert auf einem Ausbauszenario, das ambitiöseste Annahmen zur Energieproduktion mit erneuerbaren Energien macht. Zusätzlich wird eine so genannte solarintensive Variante diskutiert, bei der die Sonnenenergie (Strom und Wärme) auf bebauten Flächen maximal genutzt

---

[66] Strategie für die energetische Nutzung von Biomasse in der Schweiz, Bundesamt für Energie, 2010.

[67] Pauli, B., Bürgi, S., Brühlhard, S., Thees, O., Lemm, R. & Rosset, C.: Holz als Rohstoff und Energieträger – Management Summary. Bundesamt für Energie und Bundesamt für Umwelt. 2010, 20p (www.umwelt-schweiz.ch/aktionsplan-holz); Steubing, B., R. Zah, et al. (2010). «Bioenergy in Switzerland: assessing the domestic sustainable biomass potential.» Renewable & Sustainable Energy Reviews 14:8. 2256–2265.

wird, damit der Druck auf den unbebauten Raum reduziert werden kann.

Auf der Produktionsseite setzt das Ausbauszenario die Nutzung der technischen Potenziale voraus, unabhängig davon, ob Kosten sowie politische und gesellschaftliche Vorgaben die Nutzung limitieren. Die Annahmen für die verschiedenen Produktionsarten sind in Tabelle A1 dargestellt. Für die Diskussion der Chancen und Konflikte in den verschiedenen Räumen werden die relevanten Daten in Tabelle 2.1 zusammengefasst.

Das Ausbauszenario geht davon aus, dass Speicherkraftwerke und Pumpspeicherkraftwerke in der Schweiz die Differenzen zwischen Verbrauch und Produktion ausgleichen und zwar sowohl die saisonalen Differenzen als auch die kurzfristigen Differenzen im Minutenbereich. Pumpspeicherkraftwerke weisen mit Verlusten zwischen 20 bis 30 Prozent eine vergleichsweise hohe Effizienz auf. Weiter wird angenommen, dass Pumpspeicherkraftwerke den Überschuss absorbieren können, ohne dass Photovoltaikanlagen oder Windkraftanlagen vom Netz genommen werden müssen.

Heute werden nur geringe Mengen an unregelmässig anfallendem Strom produziert, in erster Linie durch die Wasserkraft. Gemäss dem Ausbauszenario wird der Anteil der schwankenden Energieproduktion bis zum Jahr 2050 stark zunehmen: Bei vollem Sonnenschein im Sommer erreicht die Leistung aller Photovoltaikanlagen dannzumal 16 bis 20 GW. Die Windenergie trägt bei einer Auslastung von 60 Prozent zusätzlich 1 GW bei und die Laufkraftwerke produzieren bei hohem Wasseraufkommen weitere 3 GW. Diese Leistungen müssen auch an Wochenenden in den Sommerferien absorbiert werden, wenn der Stromverbrauch mit etwa 6 GW besonders tief ist. Die Stromspeicher müssen also eine ungenutzte Leistung von etwa 14 GW aufnehmen können. Dazu reichen die bestehenden und geplanten Pumpspeicherkraftwerke mit einer Pumpleistung von rund 5 GW nicht aus. Umgekehrt müssen die Stromspeicher im Winter bei schlechtem Wetter ohne Wind und bei minimaler Produktion der Laufkraftwerke einen Spitzenbedarf von rund 10 GW abdecken können. Dazu reichen die Leistungen der bestehenden Speicherkraftwerke mit rund 10 GW knapp aus.

Um die Fluktuationen der erneuerbaren Energien auszugleichen, ist die gute Einbindung der Schweiz in das europäische Stromnetz zentral. Dadurch lassen sich die Pumpspeicher (profitabel) für ganz Europa nutzen, was von Europa auch erwartet wird. Durch den grossräumigen Stromaustausch über Distanzen, die sich über die Ausdehnung von Hoch- und Tiefdruckgebieten erstrecken, lassen sich insbesondere die ausgeprägten Stromschwankungen von Windenergieanlagen, aber auch diejenigen von Photovoltaikanlagen dämpfen.

Inwieweit das europäische Stromnetz in der Lage ist, Produktions- und Verbrauchsschwankungen durch Importe und Exporte aufzufangen, ist nicht Gegenstand dieses Berichts. Auch die Energieverluste der Pumpspeicherkraftwerke und die Leitungsverluste werden hier nicht diskutiert. Zudem werden im Ausbauszenario und in der solarintensiven Variante alternative Speicherkonzepte als Ergänzung zu den Pumpspeicherkraftwerken nicht in Betracht gezogen.

Annahmen

Das Ausbauszenario basiert im Wesentlichen auf den ambitiösesten Einschätzungen der Potenziale der Kerngruppe des Energie Trialog Schweiz. Die Produktion der erneuerbaren Energien in der Schweiz wird von heute 51,5 TWh auf 125 TWh massiv erhöht. Die gesamte Stromproduktion soll 66 TWh pro Jahr betragen; es soll also gleich viel Elektrizität erzeugt werden wie heute, aber ohne die Kernkraftwerke. Die Reduktion des Bedarfs an Energie auf die Hälfte ist kompatibel mit der Energiestrategie des Bundesrats, welche bis 2050 50 Prozent der CO_2-Emissionen reduzieren und gleichzeitig auf die Kernkraftwerke verzichten will. Die Wasserkraft bleibt mit einem Anteil von 75 Prozent auch in der Mitte dieses Jahrhunderts die dominierende Stromproduktionsart. Die neuen Kleinkraftwerke mit Leistungen von weniger als 300 kW machen nur einen geringen Anteil an der Stromproduktion aus, der alleine durch die Effizienzsteigerungen bei den Grosskraftwerken übertroffen wird.

Kleinwasserkraftwerke werden auch in landschaftlich empfindlichen Gebieten weiter ausgebaut. Die vorgesehene Produktion von 2 TWh pro Jahr entspricht ungefähr zusätzlichen 1700 Kleinkraftwerken von durchschnittlich 250 kW.

Die Windenergie wird gemäss Ausbauszenario künftig eine Strommenge von 3 TWh pro Jahr produzieren. Dies Zahl basiert auf der Annahme, dass etwa drei Viertel des langfristigen Potenzials und die meisten Standorte in erschlossenen Gebieten mit einer mittleren Windgeschwindigkeit über 4,5 m/s für den Bau von Windenergieanlagen genutzt werden – auch in empfindlichen Landschaftsgebieten. Dazu sind ca. 600 neue Windmasten mit einer Leistung von 2,5 MW notwendig oder 75 Windparks, die den acht neuen Windturbinen auf dem Mont Crosin entsprechen und jeweils eine Leistung von 2 MW und eine Masthöhe von 95 Meter aufweisen.

Für die Geothermie wird angenommen, dass der Stand der Technik bis in 20 oder 30 Jahren soweit ausgereift ist, dass Heizkraftwerke an eine genügenden Anzahl von Standorten gebaut werden können. Für die Produktion der vorgesehenen 3 TWh Strom bräuchte es rund 100 Anlagen (mit einer elektrischen Leistung von jeweils 4 bis 8 MW), ähnlich wie sie z.B. in St. Gallen geplant oder in Unterhaching (D) in Betrieb sind. Das entspricht etwa einer Anlage pro 50 000 Stadtbewohner. Gleichzeitig liefern diese Kraftwerke jeweils rund fünf- bis zehnmal mehr Wärmeenergie als Strom.

Die Energieproduktion aus Biomasse wird von heute 11,8 TWh auf 22 TWh rund verdoppelt und nutzt damit vier Fünftel des ökologischen Gesamtpotenzials von Holz und Abfallbiomasse (gemäss BFE-Bericht[68]). Das ökologische Nettoproduktionspotenzial von Abfällen, Ernterückständen und Hofdünger wird dabei weitgehend ausgenützt. Die Nutzung von Waldholz wird gegenüber heute verdoppelt. Der Anbau von Energiepflanzen wird im Ausbauszenario aus unterschiedlichen Gründen ausgeschlossen (ineffiziente Energiequelle; Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion). In Unkenntnis der Energiebedürfnisse in 40 Jahren wird angenommen, dass das Potenzial zu je etwa einem Viertel für Strom, Wärme, flüssigen Treibstoff und Gas verwendet wird.

Für die Photovoltaik wird angenommen, dass im Jahr 2050 120 km^2 Dachflächen in der Schweiz, also 80 Prozent aller bereits heute geeigneten Dachflächen genutzt werden. Mit einem Mix aus verschiedenen Solarzellentechnologien lassen sich damit mindestens 15 TWh Strom pro Jahr produzieren. Diese Strommenge reicht nicht aus, um die im Ausbauszenario vorgegebene Strommenge von 66 TWh zu produzieren. Der Fehlbetrag von 4 TWh wird mit Photovoltaikanlagen auf offenen Landflächen erzeugt, idealerweise an sonnenreichen Gebirgshängen. Dazu sind weitere 26 km^2 Modulfläche bzw. das 2- bis 3fache an Landfläche erforderlich. Mit Sonnenkollektoren, die auch auf weniger günstig ausgerichteten Dach- und Fassadenflächen installiert werden können, wird ein Teil des Wärmebedarfs abgedeckt. Der Flächenbedarf für 5 TWh liegt bei ca. 15 km^2 oder 5 Prozent der verfügbaren Flächen.

Weiter wird angenommen, dass die Gebäude sehr gut isoliert werden, um den Wärmebedarf im Winter zu minimieren.

Solarintensive Variante

Die solarintensive Variante wird beispielhaft als eine technische Möglichkeit für die Optimierung des Flächenverbrauchs betrachtet. Sie unterscheidet sich vom Ausbauszenario durch die gleichzeitige Nutzung derselben Dach- und Fassadenflächen für die Strom- und die Wärmeproduktion. Die Photovoltaik erreicht einen Wirkungsgrad von weniger als 20 Prozent; die verbleibenden 80 Prozent der einfallenden Sonnenenergie werden für die Wärmeproduktion verwendet. Dies geschieht durch den Einsatz von Hybridkollektoren, welche aus einer «Sandwichkonstruktion» von Photovoltaikzellen und Solarkollektoren bestehen, wobei letztere die von der Photovoltaik nicht genutzten rund 80 Prozent der Sonnenenergie absorbieren. Da dank

[68] BFE 2010: Biomasse-Energiestrategie des Bundes www.proclim.ch/news?1761

dieser Absorption gleichzeitig die Photovoltaikanlagen gekühlt werden, steigt deren Wirkungsgrad um rund 10 Prozent. Überdies wird der Dachraum an sonnigen Sommertagen durch die Energieabsorption der Kollektoren weniger aufgeheizt als bei reinen Photovoltaikanlagen. Durch die effizientere Nutzung der Dachflächen wird der Druck auf den unbebauten Raum reduziert. Die Hybridtechnologie wird gegenwärtig in Prototypanlagen getestet.

Da die Wärme vorwiegend im Sommer anfällt, aber im Winter für Heizzwecke benötigt wird, ist eine saisonale Speicherung der Wärme erforderlich. Diese Speicherung erfolgt mit Hilfe von Erdsonden im Untergrund zwischen 300 und 400 Meter Tiefe. Die so gespeicherte Wärmeenergie erhöht im Folgewinter die aus der Erdsonde an die Wärmepumpe gelieferte sogenannte Vorlauftemperatur, was den Wirkungsgrad der Wärmepumpen um rund 30 Prozent erhöht und damit deren Stromverbrauch um 30 Prozent senkt.[69] In Bezug auf diese Technik gibt es noch keine Langzeiterfahrungen. Der Mehrbedarf an Strom für den Betrieb der Wärmepumpen anstelle einer fossilen Heizung ist somit bei der solarintensiven Variante geringer als bei der Variante Ausbauszenario. Damit sinkt auch der Bedarf, Strom vom Sommer auf den Winter umzulagern. Die erforderlichen Kapazitäten an Speicherkraftwerken sind im Vergleich zum Ausbauszenario daher weniger gross. Überdies führt die geringere Photovoltaik-Fläche zu einer Reduktion der Spitzenstromproduktion an schönen Sommertagen, was die Belastung der Netze verkleinert. Den höheren Kosten für die tiefen Erdsonden und die Energiespeicher steht ein geringerer Isolationsbedarf der Gebäude gegenüber.

Wie aus Abbildung A1 und Tabelle 2.1 ersichtlich ist, reduziert sich mit der solarintensiven Variante der Bedarf an Anlagen zur Produktion von erneuerbaren Energien im unbebauten Raum beträchtlich. Anstelle von etwa 1700 Kleinwasserkraftwerken werden rund 400 Kleinwasserkraftwerke von durchschnittlich 250 kW Leistung gebaut. Auch die Windenergie muss etwas weniger stark ausgebaut werden als im Ausbauszenario. Die Nutzung der Biomasse fällt um rund 30 Prozent geringer aus, so dass nur noch etwa die Hälfte des ökologischen Gesamtpotenzials benötigt wird. Die Nutzung von Waldholz wird nicht verdoppelt, sondern nur etwa um die Hälfte erhöht. Es sind keine Photovoltaikanlagen auf Freiflächen erforderlich.

Kritische Faktoren bei der solarintensiven Variante sind die Umweltakzeptanz, weil sie den Bau von mehreren hunderttausend Erdsonden voraussetzt, die in eine Tiefe von 300 bis 400 Meter reichen und zum Teil in Grundwasserschutzgebieten installiert werden müssen. Zudem vergrössert sich das Risiko von Ausfällen, da die Gefahr eines Bruchs der Erdsonde über 400 Meter bedeutend grösser ist als über 150 bis 200 Meter. Wird als Energieträger reines Wasser anstelle eines Frostschutzmittels verwendet, verringert sich die Gefährdung des Grundwassers.

Ein weiteres Hindernis ist, dass es sich bei den Hybridkollektoren und den saisonalen Wärmespeichern nicht um etablierte Technologien handelt. Pilotstudien müssen nun zeigen, ob die Grössenordnung der angenommenen Verschiebung von der Stromproduktion hin zur Wärmeerzeugung realistisch ist.

Alternative Methoden zur Nutzung der im Sommer anfallenden Wärme bilden grosse, gut isolierte Wasserspeicher[70] oder Wärmespeicher auf thermochemischer Basis.[71] Durch die hohe Temperatur des gespeicherten Wassers erübrigt sich der Einbau einer Wärmepumpe. Allerdings müssen die Sonnenkollektoren dann höhere Temperaturen liefern, was nur mit traditionellen Sonnenkollektoren erreicht werden kann. Damit entfällt die Möglichkeit, auf der gleichen Fläche auch noch Strom zu produzieren.

---

[69] H.J. Leibundgut: «Viagialla CH-Szenarien», 22. Dez. 2010. www.proclim.ch/news?2421

[70] Josef Jenni, Saisonspeicher für die Heizung und das Warmwasser www.jenni.ch/index.html?html/Heizen mit Sonne/Heizen_mit_Sonne.htm

[71] Thermochemische saisonale Wärmespeicher: http://de.wikipedia.org/wiki/Thermochemischer_Wärmespeicher

Tabelle A1: Energieproduktion 2009 in der Schweiz[72] und geschätzte erneuerbare Energieproduktion gemäss dem Ausbauszenario sowie der solarintensiven Variante im Jahr 2050 (1 TWh = 3.6 PJ)

Stromproduktion	**Einheit**	**2009**	**2050 Ausbau-szenario**	**2050 solarintensive Variante**
Photovoltaik (PV/PVT) auf Gebäuden (120 km²)	TWh/Jahr	0,05	15*)	16*)
Photovoltaik (PV) auf offenen Landflächen	TWh/Jahr		4*)	-
Biomasse	TWh/Jahr	1,3	4	3
Tiefe Geothermie	TWh/Jahr	-	3	-
Windenergie	TWh/Jahr	0,02	3	2.5
Wasser Kleinkraftwerke (< 300 kW)	TWh/Jahr	0,3	2	0.5
Wasser Grosskraftwerke	TWh/Jahr	36,7	36	36
Total erneuerbare Stromproduktion	TWh/Jahr	38,4	67	58
Saisonaler Speicherbedarf**)	TWh	7	11	10
Speicherpumpenleistung***)	GW	1,5	14	10

Wärmeproduktion	**Einheit**	**2009**	**2050 Ausbau-szenario**	**2050 solarintensive Variante**
Wärmepumpen (WP)	TWh/Jahr	2,4	15	49
Biomasse	TWh/Jahr	9,9	3	1
Solarthermie	TWh/Jahr	0,4	5	5 (Warmw.)
Tiefe Geothermie	TWh/Jahr	-	20	-
Total erneuerbare Wärmeproduktion	TWh/Jahr	12,7	43	55

Treibstoffe	**Einheit**	**2009**	**2050 Ausbau-szenario**	**2050 solarintensive Variante**
Flüssige Treibstoffe	TWh/Jahr	0,01	10	7
Gas	TWh/Jahr	0,4	5	5
Total erneuerbare Treibstoffproduktion	TWh/Jahr	0,4	15	12

Total erneuerbare Energieproduktion	TWh/Jahr	**51,5**	**125****)	**125****)
Endenergieverbrauch Schweiz alle Energieträger	TWh/Jahr	244	125	125

*) Für die Photovoltaikanlagen auf Dachflächen wird ein Mix aus verschiedenen Solarzellentechnologien mit einem konservativ geschätzten Wirkungsgrad von 14 Prozent angenommen. Der mittlere Flächenbedarf beträgt in diesem Fall rund 8 km² pro TWh. Dafür ist im Mittelland eine installierte Leistung von etwa 1,1 GW pro TWh erforderlich. Auf offenen Landflächen kommen nur kristalline Zellen mit einem Flächenbedarf von 6,5 km² pro TWh zum Einsatz. Photovoltaikanlagen an Fassaden können einen zusätzlichen Strombeitrag liefern.

**) Der zusätzliche saisonale Speicherbedarf beträgt rund 20 Prozent der Energieproduktion aus Photovoltaik und Kleinwasserkraft.

***) Die erforderliche Speicherpumpenleistung entspricht dem maximalen Stromangebot minus dem minimalen Bedarf.

****) Die Gesamtproduktion ist ein Annahme des Ausbauszenarios. Sie entspricht etwa der Hälfte des heutigen Gesamtenergieverbrauchs. Der Bedarf Hochtemperaturwärme (Prozesswärme) ist in diesem Betrag nicht enthalten.

[72] BFE Gesamtenergiestatistik 2009. www.proclim.ch/news?431

Das *Ausbauszenario* folgt im Wesentlichen der ambitiösesten Einschätzung der Kerngruppe des Energie Trialogs Schweiz. Die Differenz in der mittleren Jahresproduktion wird durch Photovoltaikanlagen im Gelände erzeugt. Die Kompensation zwischen Erzeugung und Verbrauch wird durch Pumpspeicherkraftwerke erbracht oder durch Importe und Exporte ausgeglichen.

Solarintensive Variante: Die Dachflächen werden gleichzeitig für die Strom- und Wärmeproduktion genutzt. Dank Kühlung der Photovoltaikzellen haben diese einen um etwa 10 Prozent höheren Wirkungsgrad. Die im Sommer anfallende Wärme lässt sich über Erdsonden im Boden speichern. Dadurch steigt der Wirkungsgrad der Wärmepumpen um etwa 30 Prozent (COP 6 anstatt 4) [Leibundgut].