

Stellungnahme der Akademien der Wissenschaften Schweiz zur Änderung des Energiegesetzes

Die Akademien der Wissenschaften Schweiz (im Folgenden «die Akademien») bedanken sich für die Gelegenheit zur Stellungnahme im Rahmen der Vernehmlassung zur Änderung des Energiegesetzes. Die Stellungnahme enthält einen Kommentar zu den gesetzlichen Anpassungen ausserhalb des Energiegesetzes, Kommentare zur vorgeschlagenen Änderung des Energiegesetzes sowie einen Vorschlag der Akademien für einen zusätzlichen raumplanerischen Ansatz auf nationaler Ebene.

Kommentar zu den gesetzlichen Anpassungen ausserhalb des Energiegesetzes

Die Akademien unterstützen die weiteren in der Vorlage vorgesehenen gesetzlichen Anpassungen neben der Änderung des Energiegesetzes, d.h. die steuerliche Abzugsfähigkeit der Kosten zur Erstellung von Solaranlagen (Bundesgesetz über die direkte Bundessteuer; Steuerharmonisierungsgesetz), sowie den Ersatz des Baubewilligungs- durch ein Meldeverfahren für genügend angepasste Solaranlagen auch an Fassaden statt wie bisher nur auf Dächern, sofern diese nicht geschützte Gebäude oder Gebäude in besonders geschützten Gebieten betreffen. Hier sollte das Baubewilligungsverfahren wie bisher bestehen bleiben (Raumplanungsgesetz).

Beide Anpassungen erleichtern die Erstellung von Solaranlagen sowohl finanziell als auch administrativ und fördern die Beschleunigung des Ausbaus der Solarenergie.

Kommentare zur vorgeschlagenen Änderung des Energiegesetzes

Die Akademien stellen grundsätzlich fest, dass die vorgesehene Zusammenfassung der Bewilligungsverfahren für den beschleunigten Ausbau von erneuerbaren Energieanlagen sicher hilfreich ist. Eine solche Beschleunigung ist für die Einhaltung der Verpflichtungen aus dem Klimaübereinkommen von Paris und die Erreichung der Klimaziele des Bundesrats von grosser Bedeutung.

Allerdings gibt es hinsichtlich Landschaft, Biodiversität sowie in rechtlicher Hinsicht einige kritische Punkte. So besteht das Risiko, dass für kleinere, beispielsweise lokale Organisationen eine erstmalige Einsprache finanziell nicht mehr tragbar sein könnte und damit die Einspracherechte von Seiten Landschaft und Naturschutz eingeschränkt würden, obwohl dies de iure nicht der Fall ist. Erstmalige Einsprachen führen oft zu einer eingehenderen Überprüfung der rechtlichen Schutzlage und sind erfolgreich. Andererseits sollte es auch möglich sein, für eine Einsprache eine grössere Organisation zu gewinnen, falls tatsächlich regionenübergreifende Schutzinteressen erheblich beeinträchtigt werden, die im Widerspruch zur Umsetzung der Strategie Biodiversität oder dem Landschaftskonzept Schweiz [1] stehen.

Auch aus den Rechtswissenschaften werden zudem Bedenken bezüglich der Verträglichkeit dieser Gesetzesänderung mit anderen rechtlichen Grundlagen geäussert und es wird eine entsprechende vertiefte Abklärung empfohlen.

Neben der grundsätzlichen Unterstützung der Vorlage erachten die Akademien jedoch zusätzlich einen integralen raumplanerischen Ansatz auf nationaler Ebene als dringlich, der alle erneuerbaren Energieanlagen umfasst und prioritäre Gebiete sowohl für Energieanlagen als auch für Landschaft

Akademien der Wissenschaften Schweiz (a+)

Haus der Akademien · Laupenstrasse 7 · Postfach · 3001 Bern · Schweiz

+41 31 306 92 20 · info@akademien-schweiz.ch · akademien-schweiz.ch  @academies_ch

 [swiss_academies](https://www.instagram.com/swiss_academies)

und Biodiversität definiert anstelle einer Liste von prioritären Einzelanlagen. Wichtig ist dabei ein sektorübergreifender Ansatz unter Berücksichtigung der verschiedenen Interessen in der Raumplanung (ähnlich wie im Landschaftskonzept Schweiz). Es wäre zudem wichtig, dass Energiefragen in die anstehende Überarbeitung des Raumkonzepts Schweiz einbezogen werden. Hilfreich ist auch, wenn in der Revision des Energiegesetzes darauf geachtet wird, dass eine zukünftige nationale Raumplanung für die Energieproduktion nicht behindert wird.

Die Akademien anerkennen, dass eine rechtliche Umsetzung dieses Vorschlags eine grosse Herausforderung ist, da es sich dabei de facto um einen nationalen Sachplan handeln würde, für den jedoch derzeit keine rechtliche Grundlage besteht. Dieser Ansatz bietet jedoch eine Reihe von Vorteilen und könnte auch ohne rechtliche Umsetzung bzw. Verbindlichkeit als Grundlage für die Raumplanung und Richtplanung der Kantone dienen, ähnlich wie beispielsweise das Konzept Windenergie [2]. Dieser Vorschlag wird im Folgenden näher erläutert.

Die Erarbeitung eines solchen Konzepts ist auch parallel zur Diskussion der Möglichkeiten einer allfälligen rechtlichen Umsetzung möglich und kann auch ohne rechtliche Verankerung bzw. Verbindlichkeit sehr nützlich sein.

Vorschlag eines integralen raumplanerischen Ansatzes

Aus Sicht der Akademien sprechen zahlreiche Gründe für ein nationales räumliches Konzept, das sowohl alle erneuerbaren Energien (insbesondere Solar-, Wasser- und Windenergie) als auch die Interessen von Biodiversität und Landschaft umfasst und Folgendes beinhaltet:

1. Es werden einerseits «Vorranggebiete» für Energieanlagen definiert, die folgende Charakteristiken umfassen:
 - Sie umfassen in der Regel ein grösseres Gebiet (z.B. ein Gebiet im Bereich der Grimsel).
 - Sie werden bereits mehr oder weniger stark genutzt, zur Energiegewinnung, allenfalls auch durch auffällige touristische oder andere technische Anlagen.
 - Sie eignen sich vorzugsweise für mehrere Energiearten gut oder sehr gut.
2. Es werden andererseits «Ausschlussgebiete» für Energieanlagen definiert, die folgende Charakteristiken aufweisen:
 - Sie umfassen bevorzugt ein grösseres Gebiet (z.B. ein grösseres Einzugsgebiet oder eine grössere Landschaftskammer wie den Aletschgletscher)
 - Sie enthalten geschützte Gebiete und besonders schützenswerte Lebensräume oder zusammenhängende Landschaften oder sind aus nationaler oder internationaler Sicht wichtig für die Biodiversität
 - Die Gebiete sind bisher relativ wenig genutzt
3. In den nicht als Vorrang- oder Ausschlussgebiete bezeichneten Regionen gelten die bisherigen oder die durch die Vorlage des Bundesrates veränderten Bewilligungsverfahren.

Die Benennung solcher Gebiete muss von allen involvierten und betroffenen Kreisen (Energiebranche, Landschaft, Biodiversität, Kantone, Gemeinden, NGOs) gemeinsam ausgehandelt werden, auch unter Einbezug weiterer Kriterien wie Ernährungssicherheit, Tourismus o.ä. Letztlich geht es um die sektorübergreifende Raumentwicklung im begrenzten Raum der Schweiz. Die Wissenschaft kann unterstützen und Grundlagen dazu erarbeiten. Eine Studie aus dem NFP70/71 gibt Einblick in von der Schweizer Bevölkerung präferierte Standorte (siehe Anhang).

Instrumente für eine gute Interessenabwägung stehen in einem ersten Schritt im Vordergrund. Es soll eine Grundlage für eine bessere Lösung der Konflikte um Schutz und Nutzung erarbeitet werden.

Im Falle einer rechtlich verbindlichen Umsetzung könnten Bewilligungsverfahren für Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Vorranggebieten erleichtert werden und/oder die Interessen der Energienutzung deutlich höher gewichtet werden. In Ausschlussgebieten wäre dann das Gegenteil der Fall.

Begründung:

Für einen solchen integralen nationalen raumplanerischen Ansatz mit einer gleichzeitigen Berücksichtigung aller erneuerbaren Energiearten und den Interessen und Strategien in den Bereichen Biodiversität und Landschaft sprechen folgende Gründe:

- Im Rahmen eines früheren Berichts [3] haben die Akademien an einem runden Tisch mit VertreterInnen aus Wissenschaft, Energiewirtschaft, Landschaft und Naturschutz, und kantonalen Ämtern nach Lösungswegen für den Konflikt zwischen Schutz- und Nutzungsansprüchen gesucht. Dabei war man sich einig, dass es am sinnvollsten ist, die Energienutzung räumlich zu konzentrieren - und zwar bevorzugt in bereits stark genutzten Gebieten und bestehenden Energielandschaften - und im Gegenzug auf die Nutzung in ökologisch/landschaftlich wertvollen und wenig belasteten Gebieten und grösseren Geländekammern zu verzichten.
- Durch die stark steigenden Ansprüche der Nutzung erneuerbarer Energien und der zunehmenden Priorisierung dieser Nutzung gegenüber den Schutzinteressen ist die ausgleichende Definition von Gebieten mit Nutzungsverzicht entscheidend für die Akzeptanz bei Schutzorganisationen und die Realisierung der Biodiversitätsstrategie sowie die Umsetzung der Massnahmen des Landschaftskonzepts Schweiz.
- Die breite Nutzung grösserer zusammenhängender Gebiete für verschiedene Energiearten hat den Vorteil, dass die gleiche Netzinfrastruktur für zahlreiche Anlagen genutzt werden kann und nicht für Einzelanlagen zum Teil neu gebaut werden muss. Zusätzlich kann man in einem kombinierten System von Wind/Sonne und Speicherwasserkraft auch lokal Energie speichern und somit das Netz entlasten. Die Konzentration von Anlagen führt auch zu tieferen Energiekosten bzw. höherer Kosteneffizienz [4]
- Schutz und grösstmögliche Schonung grösserer zusammenhängender bisher weitgehend anlagefreier Gebiete oder Räume sind für Biodiversität und Landschaft essentiell.
- Untersuchungen zeigen, dass die Akzeptanz in der Bevölkerung für Energieanlagen in bereits genutzten Gebieten und bei mehrfacher Nutzung grösser ist [5], siehe Anhang
- Die Bezeichnung von Vorrang- bzw. Ausschlussgebieten für die Erstellung neuer (Gross-)infrastrukturen könnte allenfalls auch für eine räumliche differenzierte Handhabung weiterer Regelungen (bspw. Restwassermengen, Bau von Solar-Freiflächenanlagen in den Alpen) dienen.
- Eine Planung ist auf nationaler Ebene am sinnvollsten, da die geeigneten Gebiete für die Energienutzung und die Schutzgebietsflächen unterschiedlich auf die Kantone verteilt sind und die Zielsetzung „Netto Null“ ein nationales Planungsziel ist.
- Die Einbindung verschiedener Kantone führt möglicherweise zu einer komplexen rechtlichen Situation. Die Kantone müssen deshalb stark eingebunden werden.
- Eine gleichwertige Behandlung von Schutz und Nutzung könnte die bestehenden Konflikte möglicherweise entschärfen und helfen, Alternativstandorte abzuwägen.

Der vorgeschlagene Ansatz der integralen raumplanerischen Betrachtung der Energiewende könnte in einem ersten Schritt in das in der Vorlage vorgesehene Konzept des Bundes als weitere - unverbindliche - Grundlage eingebaut werden. Eine durch die Stakeholder ausgehandelte Planung von Vorrang- bzw. Ausschlussgebieten könnte auch als eine der Grundlagen im Falle von Interessensabwägungen genutzt werden.

Es bestehen bereits zahlreiche (Forschungs-)arbeiten, die solche Betrachtungsweisen beinhalten. Im Rahmen eines Projekts des NFP 70 [6] wurde beispielsweise ein Modell entwickelt, das die Darstellung der räumlichen Auswirkungen bezüglich der Produktionsmöglichkeiten erneuerbarer Energien aufgrund bestimmter Gesetzesänderungen erlaubt (siehe Anhang). Beispiele aus dem Schutzbereich sind die im Auftrag des BAFU erarbeitete Analyse [7], „Gebiete zur Erhaltung von Arten und Lebensräumen“ zur Identifikation besonders wichtiger Gebieten für die Biodiversität oder die Konfliktpotentialkarte [8] Windenergie der schweizerischen Vogelwarte. In einem ersten Schritt sollten möglichst umfassend vorhandene Fachgrundlagen zusammengetragen und gesichtet werden und in einem nächsten Schritt dann deren Gewichtung diskutiert werden.

Auch eine Integration des Ansatzes in das Landschaftskonzept Schweiz und in die nächste Überarbeitung des Raumkonzepts Schweiz wäre zweckmässig. Und eine Stärkung von Instrumenten wie der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP), Regulierungsfolgenabschätzungen oder Wirkungsbeurteilungen (vgl. Strategische Umweltprüfung SUP wie im Kanton Genf) im Sinne des Landschaftskonzepts Schweiz LKS Landschafts- und Biodiversitäts-Aspekte könnte ebenfalls hilfreich sein.

Für die Umsetzung einer räumlich bzw. gebietsweise unterschiedlichen Priorisierung von Schutz und Nutzung, welche beispielsweise die Bewilligung weiter beschleunigen und die Akzeptanz erhöhen könnte, wäre längerfristig die Schaffung einer entsprechenden Rechtsgrundlage sinnvoll.

Impressum:

Erarbeitungsprozess der Stellungnahme:

Zur Erarbeitung der Stellungnahme wurden ExpertInnen aus den vier Akademien (SATW, SAMW, SAGW, SCNAT) in einem offenen Aufruf eingeladen. Federführend war ProClim, Forum für Klima und globale Umweltveränderungen der SCNAT. Auf Basis des Berichts der Akademien zu «Lösungsansätze im Konfliktfeld zwischen erneuerbaren Energien und Raumnutzung» [9] haben die Geschäftsstellen von ProClim, Forum Biodiversität und Forum Landschaft-Alpen-Pärke einen ersten Entwurf erstellt. Dieser Entwurf wurde an die ExpertInnen der genannten Organisationen sowie die Energiekommission der Akademien zur Begutachtung geschickt. Aufgrund der eingetroffenen Rückmeldungen wurde der Text der Stellungnahme formuliert. Diese Stellungnahme wurde dann wiederum in eine Begutachtungsrunde geschickt. Danach wurde der Text anhand der eingegangenen Reviews angepasst und letzte Unklarheiten mit den ExpertInnen ausgeräumt. Anschliessend wurde die revidierte Version von der ExpertInnengruppe zu Händen der vier Akademien und des Präsidiums der Akademien Schweiz freigegeben.

Beteiligte Gremien:

- ProClim - Forum für Klima und Globalen Wandel / SCNAT
- Forum Biodiversität / SCNAT
- Forum Landschaft, Alpen, Pärke / SCNAT
- Erweiterte Energiekommission der Akademien der Wissenschaften Schweiz

Weitere beteiligte ExpertInnen:

Adrienne Grêt-Regamey, ETH Zürich
Stephan Pfister, ETH Zürich

Redaktion:

Urs Neu, ProClim / SCNAT

ANHANG

NFP 70 Projekt «ENERGYSCAPE»

Im Hinblick auf den Umbau des Schweizerischen Energiesystems untersuchte die ENERGYSCAPE-Studie (2017 - 2019; www.energyscape.ethz.ch) im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms NFP 70 «Energiewende» (Balthasar & Schalcher 2020; <https://www.nfp-energie.ch>) landschaftsbezogene gesellschaftliche Wahrnehmungen und Beurteilungen von Schweizer Landschaften mit unterschiedlichen Kombinationen verschiedener Anlagen erneuerbarer Energien (Wissen Hayek et al. 2019). Die Betrachtung erfolgte auf nationalem Massstab für generalisierte Charakterlandschaften. Die Resultate liefern Ansatzpunkte, landschaftliche Beurteilungen der Bevölkerung in Strategien zur Landschaftsentwicklung durch Anlagen erneuerbarer Energien besser zu berücksichtigen.

Landschaftliche Beurteilung von Anlagen erneuerbarer Energien

Ausgehend vom Energiepotenzial für die Erzeugung erneuerbarer Energie in flächenmässig relevanten Landschaften der Schweiz wurden sogenannte Charakterlandschaften definiert. Für sieben dieser Charakterlandschaften wurden ausgewählte Standorte mit Hilfe von 3D-Visualisierungen möglichst realistisch repräsentiert. Mit unterschiedlichen Szenarien verschiedener Kombinationen von Windenergie- und Photovoltaikanlagen sowie Hochspannungsfreileitungen wurden die generierten Landschaftsansichten dieser Standorte systematisch verändert. Mit einer - hinsichtlich Sprache, Geschlecht, Alter, Bildung und Charakterlandschaft - repräsentativen Online-Befragung der Schweizer Bevölkerung (Salak et al. 2022 (subm.), 2021, 2019) sowie einem Laborexperiment (Spielhofer et al. 2021) wurde erfasst, wie die Bevölkerung die Szenarien aus landschaftlicher Perspektive beurteilt.

Abbildung 1 veranschaulicht die aggregierte Gesamtbeurteilung der untersuchten Charakterlandschaften in Bezug auf eine Entwicklung durch Anlagen erneuerbarer Energien. Sie illustriert das Gesamtinteresse der repräsentativen Stichprobe der Schweizer Bevölkerung bezüglich der Landschaft im Kontext von Energieinfrastrukturen. Festzustellen ist eine Abhängigkeit der Beurteilung vom Landschaftstyp (Salak et al. 2022 (subm.), 2021, 2019). So werden die Anlagen erneuerbarer Energien in bereits vorbelasteten Gebieten, etwa im siedlungsgeprägten Mittelland oder in Gebieten mit bestehender Tourismusinfrastruktur, besser beurteilt als in anderen Landschaften. Auch im landwirtschaftlich geprägten Flachland werden die Anlagen zwar insgesamt nur mässig, doch im Vergleich zu anderen Landschaften wie Jura, Voralpen und Berggebiete relativ gut bewertet. Die Befragten wurden vor ihren Beurteilungen (Choice experiment) in die Ziele der Energiestrategie 2050 eingeführt und darüber informiert, dass zur Zielerreichung erneuerbare Energieinfrastrukturen in Schweizer Landschaften errichtet werden sollen. Für die Beurteilung verschiedener Szenarien mussten weder Alternativlösungen für die Stromproduktion noch für die räumliche Verteilung der Energieanlagen in Betracht gezogen werden. Im Fokus der ENERGYSCAPE-Studie und der repräsentativen Befragung der Bevölkerung stand die Beurteilung der wahrgenommenen Landschaftsqualität durch erneuerbare Energieinfrastrukturen. Die gesellschaftliche Präferenz für bzw. gegen bestimmte Szenarien spiegelt also aus landschaftlicher Sicht eine potentielle Akzeptanz bzw. Reaktanz gegenüber landschaftswirksamen Entwicklungen durch Anlagen erneuerbarer Energien im Rahmen der Schweizer Energiewende wider.

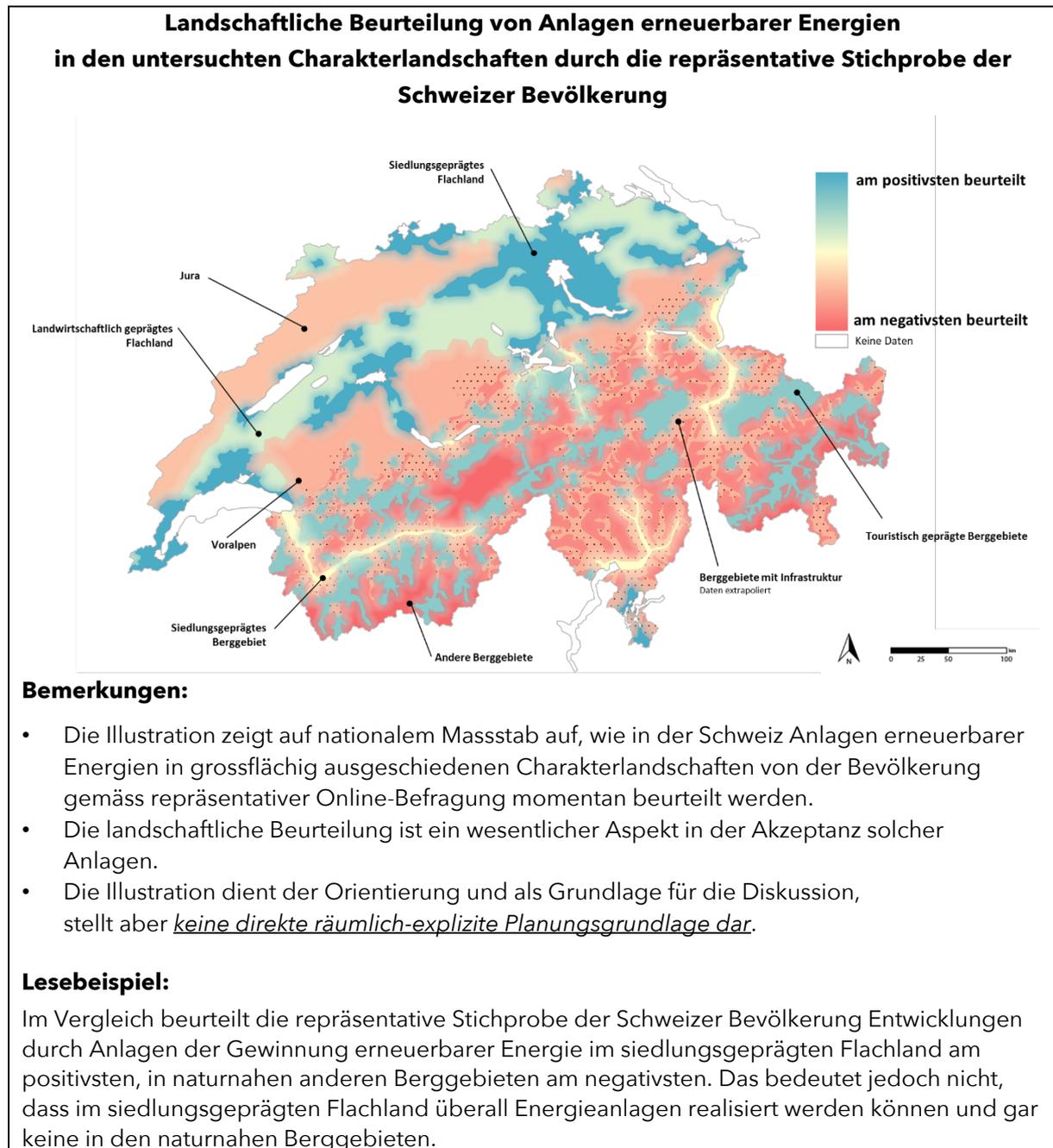


Abbildung 1: Illustration der landschaftlichen Beurteilung von Anlagen erneuerbarer Energien in den untersuchten Charakterlandschaften durch die befragte Bevölkerung (unabhängig vom Wissen über den Anlagenbedarf beziehungsweise von der Bewertung nötiger Alternativlösungen bezüglich der Stromproduktion oder der räumlichen Verteilung von Energieanlagen). Die Antworten sind repräsentativ nach Sprache, Geschlecht, Alter, Bildung und Charakterlandschaft für die Schweizer Bevölkerung. Für die Landschaft «Berggebiete mit Infrastruktur» (gepunktete Flächen) wurde die Beurteilung basierend auf der Bewertung der Charakterlandschaft «Voralpen» extrapoliert. (Datengrundlage: Salak et al. 2022 (subm.), 2021, 2019. Illustration: Wissen Hayek et al. 2019)

Die Illustration in Abbildung 1 kann als Diskussionsgrundlage für Projekte auf nationaler und kantonaler Ebene dienen, um die momentane landschaftliche Beurteilung aus Sicht der Bevölkerung als Basis für Strategien zur Landschaftsentwicklung durch Anlagen erneuerbarer Energien besser zu berücksichtigen. Aspekte der konkreten Planung auf lokaler Ebene wie Subventionen oder neu geschaffene Arbeitsplätze auf die Akzeptanz (Stadelmann-Steffen et al. 2018) waren nicht Bestandteil der ENERGYSCAPE-Studie.

Hingegen wurden in der ENERGYSCAPE-Studie zusätzlich auch persönliche Einstellungen, Erfahrungen und Bedeutungszuweisungen zu Landschaften und Energieinfrastrukturen befragt und in statistische Analysen integriert. Es wurde festgestellt, dass im Rahmen der persönlichen Entscheidungsfindung die zu beurteilenden Aspekte (hier Landschaft und Energieinfrastruktur) zueinander «passen» müssen (Landscape-Technology Fit, LTF). Der Landscape-Technology Fit zeigt sich als signifikanter Prädiktor (Moderator) der durch das Entscheidungsmodell (discrete choice model) erhobenen Präferenz (Salak et al. 2021). Die individuellen Beurteilungen in Bezug auf die Entscheidungsfindung, ob eine Entwicklung als «passend» empfunden wird, zeigen ein Beurteilungsmuster auf, das auch auf die Schweizer Bevölkerung übertragen werden kann.

Modellierung räumlicher Effekte von Raumplanungspolitiken auf «optimale» Standorte für Windenergieanlagen

In der Schweiz wirken diverse Planungsrichtlinien einschränkend darauf, welche Landnutzungstypen und Gebiete für die Windenergieproduktion zulässig sind. Welche konkreten räumlichen Effekte nationale Richtlinien zur Planung von Windenergie in der Schweiz haben, wurde mit einer multikriteriellen Optimierungsmodellierung analysiert (Spielhofer 2021). Die Resultate decken Konflikte zwischen Planungszielen auf und zeigen optimale Standorte für die Nutzung der Windenergie unter verschiedenen Rahmenbedingungen.

Die mathematische Optimierung wurde auf Basis drei raumrelevanter Ziele der Schweizer Windenergiestrategie (ARE 2017) vorgenommen (Spielhofer 2021): (1) Minimieren der Gesamtanzahl an Windenergieanlagen in der Schweiz; (2) Clustern der Windenergieanlagen zur Minimierung der Beeinträchtigung von Ökosystemleistungen und von Installationskosten; (3) Maximieren der Energiedichte als Verhältnis von der Energieproduktion zur Sichtbarkeit der Windenergieanlagen. Als Optimierungsbedingung wurde das gesetzte Ziel der Windenergiestrategie angenommen, bis 2050 Strom aus Windenergie im Umfang von 4,3 TWh pro Jahr zu produzieren. Die zweite Optimierungsbedingung wurde durch die zulässigen Gebiete zur Platzierung von Windenergieanlagen in verschiedenen Politikenszenarien definiert. Entsprechend der Topographie wurden für die Alpen, die Voralpen und das Mittelland jeweils unterschiedliche Typen von Windenergieanlagen in das Modell integriert. Die Anlagentypen unterscheiden sich in ihrer Grösse und der Leistung.

Für das Referenzszenario (REF) wurden Standpunkte für Windenergieanlagen ermittelt, die technisch grundsätzlich geeignet sind, nicht geschützt sind durch nationale Gesetze und nicht in Gebieten mit keiner oder niedriger Priorität gemäss den Richtlinien der nationalen Windenergiestrategie (ARE 2017) liegen. Zudem wurden alle Standpunkte in Wäldern, auf Fruchtfolgeflächen und im Umkreis von ortsbildgeschützten Gebieten (Bundesinventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz von nationaler Bedeutung ISOS) entfernt. Das REF-Szenario entspricht einer konservativen Windenergie-Planungspolitik gemäss der aktuellen nationalen Schweizer Windenergiestrategie, die alle Gebiete nationaler Interessen von einer Entwicklung durch Windenergieanlagen komplett ausschliesst. In alternativen Szenarien wurden dann die Ausschlussgebiete systematisch variiert, was einer Lockerung der Politiken in verschiedenen Gebieten entspricht. So sind im Szenario «Crop Rotation Farming» (CRF) Windenergieanlagen auf Fruchtfolgeflächen zulässig, während sie in Wäldern oder in der Nähe ortsbildgeschützter Gebiete nicht zulässig sind. In einem weiteren Szenario (ALL) sind Windenergieanlagen in allen drei Gebieten zulässig. Für die drei Szenarien wurden Pareto-optimale Standorte unter Berücksichtigung der drei Planungsziele für Windenergieanlagen berechnet (Spielhofer 2021). Anschliessend wurde eine Sichtbarkeitsanalyse für jeden der Pareto-optimale Windenergieanlagenstandorte durchgeführt und die minimale Distanz zu Wohnzonen und Strassen ermittelt.

Abbildung 2 präsentiert beispielhaft die Ergebnisse für zwei Szenarien. Im restriktiven REF-Szenario (aktuelle nationale Windenergiestrategie) werden 767 Windenergieanlagen zur Erfüllung der Produktionsvorgabe von 4,3 TWh benötigt. Die optimalen Standorte für Windenergieanlagen befinden sich hauptsächlich in den Alpen, gefolgt von den Voralpen und den Jurakämmen. Das

CRF-Szenario, in dem die Fruchtfolgeflächen als Standorte für die Windenergieanlagen zulässig sind, werden 300 Windenergieanlagen weniger benötigt, um das Produktionsziel zu erreichen. Das CRF-Szenario konzentriert die Windenergieanlagen im urbanisierte Mittelland, wo die Installationskosten durch die Nähe zu grossen Strassen wahrscheinlich geringer sind als in den Berggebieten, dafür stehen die Anlagen näher an Wohngebieten. Das ALL-Szenario führt zu sehr ähnlichen Standorten wie das CRF-Szenario.

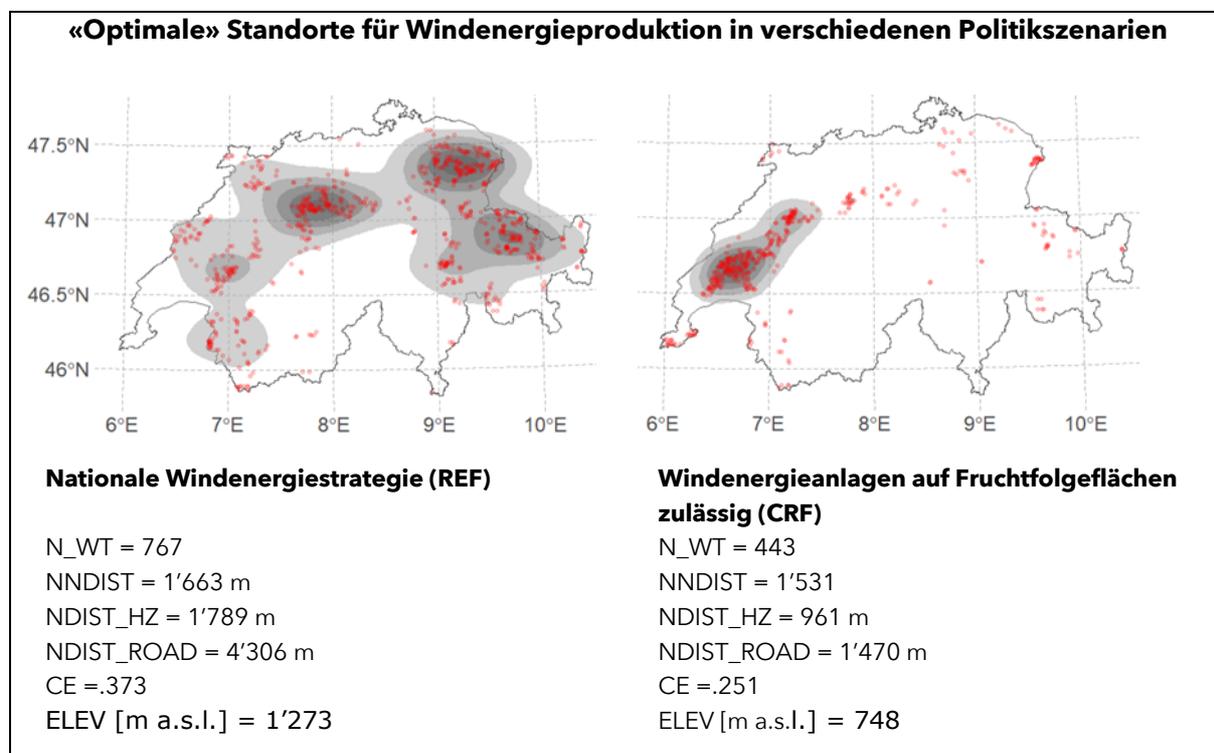


Abbildung 2: Pareto-optimale Windturbinenstandorte in der Schweiz für die zwei Politikszenerarien «Nationale Windenergiestrategie (REF)» und «Windenergieanlagen auf Fruchtfolgeflächen zulässig (CRF)». N_WT = Anzahl der Windenergieanlagen (WEA), die benötigt werden, um 4,3 TWh/Jahr zu produzieren. NNdist = durchschnittlicher Abstand zwischen WEA; NDIST_HZ = durchschnittlicher Abstand zwischen WEA und Wohngebieten; NDIST_ROAD = durchschnittlicher Abstand zwischen WEA und dem entsprechenden nächstgelegenen Strassenabschnitt; CE = Clark-Evans-Index für den Grad der Clusterbildung von WEA; ELEV = mittlere Höhe des WEA-Standorts (Landesgrenze: Bundesamt für Landestopografie, 2019; Modellierung und Illustration: Spielhofer 2021)

Die Szenarien sind sehr grossräumig und generisch und nicht unbedingt realistisch auf lokaler Ebene. Aber die Ergebnisse verdeutlichen zwei Punkte ganz klar. Erstens, wendet man generell sehr restriktive Planungsrichtlinien an, verlagern sich die optimalen Windstandorte in die Alpen. Dies führt zu einer grösseren Anzahl benötigter Windenergieanlagen, um das für 2050 angestrebte nationale Windenergieproduktionsziel zu erreichen. Zudem erhöht dieses Vorgehen den Druck auf die touristisch und ökologisch wertvollen Alpenlandschaften. Zweitens wird ein Zielkonflikt auf der nationalen Planungsebene deutlich, nämlich zwischen den restriktiven Planungsrichtlinien und den Zielen, die Windenergieanlagen räumlich im Land zu konzentrieren sowie die Anzahl der Windenergieanlagen zu minimieren. Darüber hinaus wird gezeigt, dass anscheinend die Fruchtfolgeflächen des Schweizer Mittellandes ein hohes Potential an optimalen Windenergiestandorten aufweisen. Diese Landschaften bergen das Potential Nahrungsmittelproduktion und Energieproduktion zu vereinen.

Werden die Ergebnisse der Szenarien REF und ALL miteinander verschnitten, lassen sich die Standorte ermitteln, die sich unter verschiedenen Rahmenbedingungen als «optimal» ergeben haben

(Abbildung 3). Dies sind 36 Standorte für Windenergieanlagen, die unter Berücksichtigung physikalischer, ökonomischer und ökologischer Randbedingungen optimal und unabhängig von den untersuchten Planungspolitiken (REF und ALL) sind. Zu beachten ist, dass sie mit einer Stromproduktion von insgesamt 0,21 TWh/Jahr nur ca. 4,8% des Windenergieziels abdecken und somit weitere Standorte benötigt werden.

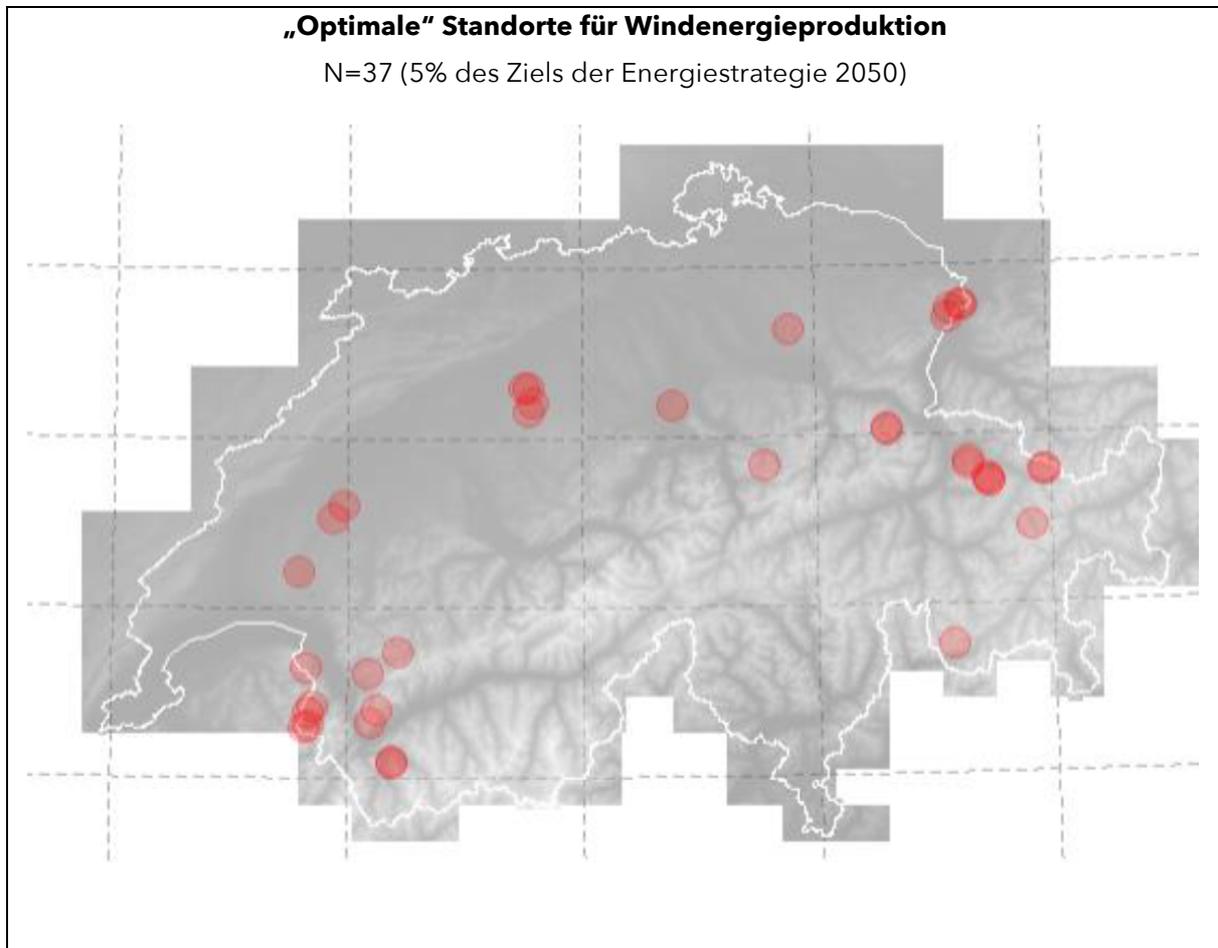


Abbildung 3: Die robustesten Windenergiestandorte (N=37), die sowohl in dem ALL-, als auch dem REF-Politikzenario vertreten sind. (Hintergrund Reliefkarte: Bundesamt für Landestopografie swisstopo, 2004; Landesgrenze:(Bundesamt für Landestopografie swisstopo, 2019); Modellierung und Illustration: Spielhofer 2021)

Literatur

ARE (2017). Konzept Windenergie. Basis zur Berücksichtigung der Bundesinteressen bei der Planung von Wind-energieanlagen. Bundesamt für Raumentwicklung ARE, Bern.

Balthasar, A., Schalcher, H.R. (2020). Forschung für die Schweizer Energiezukunft. Resümee des Nationalen Forschungsprogramms «Energie». Hrsg.: Leitungsgruppen der Nationalen Forschungsprogramme «Energiewende» (NFP 70) und «Steuerung des Energieverbrauchs» (NFP 71), Schweizerischer Nationalfonds, Bern.

http://dx.doi.org/10.46446/publikation_nfp70_nfp71.2020.1.de

Bundesamt für Landestopografie swisstopo, 2004. The digital height model of Switzerland - DHM25/200 [data].

https://www.swisstopo.admin.ch/en/geodata/height/dhm25.html#technische_details. (Aufgerufen April 2022).

Bundesamt für Landestopografie swisstopo, 2019. swissBOUNDARIES3D - Cantonal boundaries [data]. <https://www.swisstopo.admin.ch/en/geodata/landscape/boundaries3d.html>. (Aufgerufen April 2022).

Salak, B., Kienast, F., Olschewski, R., Spielhofer, R., Wissen, U., Gret-Regamey, A., Hunziker, M. (2022, submitted). Impact of renewable energy infrastructure on the perceived landscape quality. A discrete choice experiment in the context of the Swiss energy transition. *Renewable Energy*.

Salak, B., Lindberg, K., Kienast, F., Hunziker, M. (2021). How landscape-technology fit affects public evaluations of renewable energy infrastructure scenarios. A hybrid choice model. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 143: 110896. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110896>

Salak, B., Kienast, Felix, Olschewski, R., Spielhofer, R., Wissen Hayek, U., Gret-Regamey, A., und Hunziker, M. (2019). steuerBAR? Wo wollen wir "Energiewandschaften" und wo nicht? In: A. Björnsen-Gurung, Hrsg. Forum für Wissen 2019. Schweiz erneuerbar! WSL Bericht (84): 15-22. <https://www.dora.lib4ri.ch/wsl/islandora/object/wsl%3A21922>

Spielhofer, R. (2021). Optimal Swiss Renewable Energy Landscapes. Doctoral Thesis, ETH Zurich, <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000515485>

Spielhofer, R., Thrash, T., Wissen Hayek, U., Grêt-Regamey, A., Salak, B., Grübel, J., Schinazi, V.R. (2021). Physiological and behavioral reactions to renewable energy systems in various landscape types. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135: 110410. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110410>

Stadelmann-Steffen, I., Ingold, K., Rieder, S., Dermont, C., Kammermann, L., Strotz, C. (2018). Akzeptanz erneuerbarer Energie. Nationales Forschungsprogramm NFP 71, Steuerung des Energieverbrauchs, Druckerei im Bösch AG, Hühnenberg, Schweiz. <https://energypolicy.ch> (Aufgerufen April 2022).

Wissen Hayek, U., Spielhofer, R., Salak, B., Luthe, T., Steiger, U., Hunziker, M., Kienast, F., Thrash, T., Schinazi, V., Grêt-Regamey, A. (2019). Empfehlungen für eine Landschaftsentwicklung durch Anlagen erneuerbarer Energien in der Schweiz - Räumliche Potenziale, Konflikte, Präferenzen und Empfehlungen für die Praxis. NFP 70-Projekt «ENERGYSCAPE». Broschüre für das Bundesamt für Energie. <https://www.aramis.admin.ch/Default.aspx?DocumentID=63793&Load=true>