

NFP 70 Projekt «ENERGYSCAPE»

Empfehlungen für eine Landschaftsentwicklung durch Anlagen erneuerbarer Energien in der Schweiz

Räumliche Potenziale, Konflikte, Präferenzen und Empfehlungen
für die Praxis

Dezember 2019



Institute:

ETH Zürich

Institut für Raum- und Landschaftsentwicklung (IRL), Planung von Landschaft und Urbanen Systemen (PLUS),
CH-8093 Zürich, www.plus.ethz.ch

Departement Geistes-, Sozial- und Staatswissenschaften (D-GESS), Kognitionswissenschaft (COG),
8092 Zürich, www.cog.ethz.ch

Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)

Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Sozialwiss. Landschaftsforschung

Landschaftsdynamik, Landnutzungssysteme

CH-8903 Birmensdorf

www.wsl.ch

steiger texte konzepte beratung

Urs Steiger

CH-6003 Luzern

Autoren:

Dr. Ulrike Wissen Hayek, PLUS, ETH Zürich, wissen@nsl.ethz.ch

Reto Spielhofer, PLUS, ETH Zürich, spreto@ethz.ch

Dr. Boris Salak, WSL, boris.salak@wsl.ch

Dr. Tobias Luthe, PLUS, ETH Zürich, luthet@ethz.ch

Urs Steiger, steiger texte konzepte beratung, u.steiger@bluewin.ch

Dr. Marcel Hunziker, WSL, marcel.hunziker@wsl.ch

Prof. Dr. Felix Kienast, WSL, felix.kienast@wsl.ch

Dr. Tyler Thrash, COG, ETH Zürich, tyler.thrash@gess.ethz.ch

Dr. Victor Schinazi, COG, ETH Zürich, victor.schinazi@gess.ethz.ch

Prof. Dr. Adrienne Grêt-Regamey, PLUS, ETH Zürich, gret@ethz.ch

Begleitende Expertengruppe:

Dr. Alfred Wittwer, SBB, Energie und Landschaft, alfred.wittwer@sbb.ch

Anke Domschky, ZHAW, Institut Urban Landscape, Dozentin für Landschaftsarchitektur, doma@zhaw.ch

Dr. Astrid Bjørnsen, WSL, Leiterin Forschungsprogramm Energy Change Impact, astrid.bjoernsen@wsl.ch

Beat Schaffner, Meteotest AG, Geschäftsleitung, Präsident VR, beat.schaffner@meteotest.ch

Christian Moll, Swissolar, Leiter Wissensmanagement, Mitglieder & Solarprofis, moll@swissolar.ch

Dr. Jonas Mühlethaler, Swissgrid AG, Research & Digitalisation Manager, jonas.muehlethaler@swissgrid.ch

Dr. Matthias StremLOW, BAFU, Sektion Ländlicher Raum, Sektionschef, matthias.stremLOW@bafu.admin.ch

Dr. Nebojsa Bogdanovic, EKZ Renewables AG, Senior Manager Asset Development, Nebojsa.Bogdanovic@ekz.ch

Elisa Salaorni, BAFU, Sektion Landschaftsmanagement, Elisa.Salaorni@bafu.admin.ch

Dr. Flurin Baumann, Amt für Gemeinden und Raumordnung Kanton Bern, flurin.baumann@jgk.be.ch

Frederic Petrini-Monteferri, Laserdata GmbH, Managing Director, petrini@laserdata.at

Hanspeter Fuchs, EKZ, Leiter Erneuerbare Energien, hanspeter.fuchs@ekz.ch

Jan Schudel, Binding Stiftung, Bereichsleiter Umwelt & Soziales, schudel@binding-stiftung.ch

Joshu Jullier, Swissgrid AG, Communication Manager, Joshu.Jullier@swissgrid.ch

Dr. Katja Maus, BFE, Sektion Energieforschung, katja.maus@bfe.admin.ch

Gallus Cadonau, SGS – Schweizerische Greina Stiftung, Geschäftsführer, sgs@greina-stiftung.ch

Lukas Bühlmann, EspaceSuisse – Verband für Raumplanung, Direktor, lukas.buehlmann@espacesuisse.ch

Markus Geissmann, BFE, Bereichsleiter Windenergie, Markus.Geissmann@bfe.admin.ch

Mattia Cattaneo, ARE, Sektion Bundesplanungen, Mattia.Cattaneo@are.admin.ch

Dr. Regina Füeg, BPUK, Geschäftsführerin, Regina.Fueeg@bpuk.ch

Reto Rigassi, Swiss Eole, Geschäftsführer, reto.rigassi@enco-ag.ch

Roman Hapka, Stiftung Landschaftsschutz Schweiz, stv. Geschäftsleitung, r.hapka@sl-fp.ch

Stephan Thalmann, Alpiq AG, Portfolio Manager Renewables, stephan.thalmann@alpiq.com

Finanzierung:

Schweizerischer Nationalfonds (SNF)
Nationales Forschungsprogramm NFP 70 «Energiewende»
CH-3001 Bern
www.snf.ch

Bundesamt für Umwelt (BAFU)
CH-3003 Bern
www.bafu.admin.ch

Bundesamt für Energie (BFE)
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ)
CH-8901 Urdorf
www.ekz.ch

Swissgrid AG
CH-5001 Aarau
www.swissgrid.ch

Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)
CH-8903 Birmensdorf
www.wsl.ch

Sophie und Karl Binding Stiftung
CH-4020 Basel
www.binding-stiftung.ch

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autorinnen und Autoren dieses Berichts verantwortlich. Die im Bericht gemachten Aussagen stimmen nicht zwingend mit der Haltung der Mitglieder der Begleitgruppe überein.

Summary

Within the scope of the NRP 70 project «ENERGYSCAPE», social preferences for landscape development with a combination of different infrastructures of renewable energies were systematically investigated in an online panel survey and a laboratory experiment. The preferences for the investigated landscape scenarios can be explained by the landscape and the perception of its structure, by physiological reactions to the scenarios as well as by connotations to the landscape and to renewable energy infrastructures. The recommendations derived from the results can help to better integrate the landscape assessment of renewable energy infrastructures from the population's point of view into landscape development strategies and concepts. In this way, they contribute to promoting a socially accepted landscape development through renewable energy infrastructures.

Zusammenfassung

Das NFP 70-Projekt «ENERGYSCAPE» untersuchte systematisch die gesellschaftlichen Präferenzen für eine Landschaftsentwicklung durch eine Kombination verschiedener Infrastrukturen erneuerbarer Energien mit einer Online-Panel-Befragung und einem Laborexperiment. Welche der untersuchten Landschaftsszenarien die für die Schweiz repräsentative Auswahl von Befragten bevorzugt, erklärt sich durch die Landschaft und die Wahrnehmung ihrer Struktur, durch physiologische Reaktionen auf die Szenarien sowie durch Bedeutungszuweisungen zur Landschaft und zu Anlagen erneuerbarer Energien. Die aus den Ergebnissen abgeleiteten Empfehlungen können helfen, die landschaftliche Beurteilung von Anlagen erneuerbarer Energien aus Sicht der Bevölkerung in Strategien und Konzepte zur Landschaftsentwicklung besser zu berücksichtigen. Damit liefern sie einen Beitrag, eine gesellschaftlich akzeptierte Landschaftsentwicklung durch Anlagen erneuerbarer Energien zu fördern.

Résumé

Dans le cadre du projet «ENERGYSCAPE» du PNR 70, les préférences sociales en matière d'aménagement paysager combinant différentes infrastructures d'énergies renouvelables sont systématiquement analysées par une enquête par Internet et une étude de laboratoire. Le choix des scénarios paysagers étudiés s'explique par le paysage et la perception de sa structure, par les réactions physiologiques aux scénarios et par l'attribution de sens au paysage et aux infrastructures d'énergies renouvelables. Les recommandations formulées à partir des résultats peuvent aider à mieux intégrer l'évaluation paysagère des infrastructures d'énergies renouvelables du point de vue de la population dans les stratégies et concepts de développement paysager. Ils contribuent ainsi à la promotion d'un aménagement paysager par les infrastructures d'énergie renouvelable socialement accepté.

Riassunto

Nell'ambito del progetto NRP 70 «ENERGYSCAPE», attraverso un sondaggio online ed un esperimento di laboratorio, sono state analizzate sistematicamente le preferenze sociali per lo sviluppo del paesaggio tramite la combinazione di diverse infrastrutture di energie rinnovabili. La preferenza circa gli scenari paesaggistici proposti, può essere determinata dalla percezione della struttura, dalle reazioni fisiologiche agli scenari e dall'attribuzione di significati personali verso i paesaggi e gli impianti di energia rinnovabile. Le raccomandazioni derivanti dai risultati possono aiutare a integrare maggiormente la valutazione paesaggistica degli impianti di energia rinnovabile, nelle strategie e nei concetti di sviluppo paesaggistico dal punto di vista della popolazione. In questo modo, contribuiscono a promuovere uno sviluppo del paesaggio socialmente accettato con sistemi di energia rinnovabile.

Inhalt

Zusammenfassung	3
1 Energiewende und Landschaft.....	5
1.1 Hintergrund und Motivation	5
1.2 Ziel und Forschungsfragen	5
1.3 Aussagekraft der Ergebnisse	6
1.4 Überblick über die Broschüre	7
2 Rahmenbedingungen	8
2.1 Energiestrategie Schweiz 2050	8
2.2 Stand der erneuerbaren Energien in der Schweiz in 2018	8
2.3 Offene Grenzen – Energieabkommen mit der EU	9
2.4 Instrumente zur Planung der Landschaftsentwicklung durch Energieinfrastrukturen in der Schweiz	10
2.4.1 Raumkonzept Schweiz	10
2.4.2 Sachpläne und Konzepte des Bundes	11
2.4.3 Landschaftskonzeptionen und Landschaftsentwicklungskonzepte.....	11
2.4.4 Kantonale Richtplanung.....	12
3 Konfliktfelder und Wissenslücken	13
4 Potenziale für Anlagen der Gewinnung erneuerbarer Energie in der Schweizer Landschaft	14
4.1 Landschaften mit hohem Potenzial für die Erzeugung erneuerbarer Energie	14
4.2 Auswahl der Charakterlandschaften.....	16
4.3 Die Charakterlandschaften.....	17
4.3.1 Räumliche Darstellung der Charakterlandschaften.....	18
4.3.2 Siedlungsgeprägtes Flachland.....	19
4.3.3 Landwirtschaftlich geprägtes Flachland	20
4.3.4 Jura.....	21
4.3.5 Voralpen.....	22
4.3.6 Siedlungsgeprägte Berggebiete	23
4.3.7 Touristisch geprägte Berggebiete	24
4.3.8 Berggebiete mit Infrastruktur	25
4.3.9 Andere Berggebiete	26
4.3.10 Technisches Potenzial für die Wind- und Solarenergienutzung	27
4.4 Technologischer Fortschritt	30
5 Visualisierung von Landschaftsszenarien mit Anlagen erneuerbarer Energien	31

6	Messen der gesellschaftlichen Präferenzen für Landschaftsentwicklungen durch Anlagen erneuerbarer Energien.....	34
6.1	Gesellschaftliche Akzeptanz von Anlagen erneuerbarer Energien aus landschaftlicher Perspektive	34
6.2	Präferenzstudie	34
6.2.1	Laborexperiment: Studiendesign.....	35
6.2.2	Online-Befragung: Studiendesign	38
7	Resultate und Schlussfolgerungen	41
7.1	Beurteilung von Landschaftsentwicklungen durch Anlagen erneuerbarer Energien	41
7.1.1	Online-Befragung: Beurteilung verschiedener Szenarien in den Charakterlandschaften .	41
7.1.2	Online-Befragung: Beurteilung von Entwicklungen durch verschiedene Energieinfrastrukturen.....	42
7.1.3	Laborexperiment: Beurteilung von Landschaftsentwicklungen durch eine Kombination von Anlagen erneuerbarer Energien.....	43
7.1.4	Validierung durch Online-Befragung: Beurteilungen der Untergruppe der jungen, gut ausgebildeten Erwachsenen in der Schweiz im Vergleich zur Gesamt-Stichprobe.....	44
7.2	Einfluss der Landschaft auf die Beurteilung der Landschaftsentwicklungen durch Anlagen erneuerbarer Energien	45
7.2.1	Laborexperiment: Physiologische Reaktion auf Landschaftsszenarien mit Anlagen erneuerbarer Energien	45
7.2.2	Zusammenhänge zwischen der physiologischen Reaktion und den Beurteilungen.....	46
7.2.3	Laborexperiment: Einfluss der wahrgenommenen Landschaftsstruktur auf die Beurteilungen	48
7.3	Einfluss von Bedeutungszuweisungen auf die Beurteilungen	49
7.3.1	Online-Befragung: Einfluss von Bedeutungszuweisungen zur Landschaft und zu Energieanlagen auf Beurteilungen	49
7.3.2	Online-Befragung: Einfluss von Interventionen auf die Beurteilung der Szenarien.....	49
8	Empfehlungen für eine Landschaftsentwicklung durch Anlagen erneuerbarer Energien	51
8.1	Zentrale Erkenntnisse und Empfehlungen für die Praxis.....	52
	(1) Landschaftstyp und Vorbelastung spielen für die Beurteilung von Landschaftsveränderungen durch Energieanlagen eine wesentliche Rolle.....	52
	(2) Eine grössere Menge an Energieanlagen kann negativ beurteilt werden	55
	(3) Sinnvolle Kombinationen unterschiedlicher Typen von Energieanlagen werden geschätzt ...	56
	(4) Photovoltaik-Anlagen auf Dächern und Fassaden werden positiv beurteilt	57
	(5) Emotionale Reaktionen sowie Bedeutungszuweisungen zu Landschaft und Energieanlagen beeinflussen Beurteilungen von Landschaftsveränderungen durch Energieanlagen	58
9	Ausblick.....	59
10	Literatur	60

Zusammenfassung

Im Hinblick auf den Umbau des Schweizerischen Energiesystems untersuchte die ENERGYSCAPE-Studie im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms NFP 70 «Energiewende» landschaftsbezogene gesellschaftliche Wahrnehmungen und Beurteilungen von Schweizer Landschaften mit unterschiedlichen Kombinationen verschiedener Anlagen erneuerbarer Energien. Die Beurteilungen von Anlagen erneuerbarer Energien in der Landschaft sind ein bedeutender Treiber für die gesellschaftliche Akzeptanz dieser Infrastrukturen. Die heutige Planungspraxis berücksichtigt diese landschaftliche Perspektive jedoch oft unzureichend. Die Studienergebnisse und die daraus abgeleiteten Empfehlungen für die Praxis liefern Ansatzpunkte, landschaftliche Beurteilungen der Bevölkerung in Strategien zur Landschaftsentwicklung durch Anlagen erneuerbarer Energien besser zu berücksichtigen.

Die vorliegende Broschüre richtet sich an die Planungspraxis im Bereich der Landschafts- und Energieinfrastrukturentwicklung, insbesondere an die Verwaltung sowie Planerinnen und Planer auf der kantonalen Planungsebene. Sie gibt einen Überblick über Strategien und Konzepte, die wichtige Rahmenbedingungen für die Planung der Landschaftsentwicklung durch Anlagen erneuerbarer Energien darstellen. Sie zeigt zudem auf, in welchem Kontext Informationen über die landschaftliche Beurteilung durch die Bevölkerung fehlen. Des Weiteren erläutert sie das Vorgehen im Projekt ENERGYSCAPE: Ausgehend vom Energiepotenzial für die Erzeugung erneuerbarer Energie in flächenmässig wichtigen Landschaften der Schweiz identifizierte das Forschungsteam sogenannte Charakterlandschaften. Für sieben dieser Charakterlandschaften wurden ausgewählte Standorte mit Hilfe von 3D-Visualisierungen möglichst realistisch erfasst. Mit unterschiedlichen Szenarien verschiedener Kombinationen von Windenergie- und Photovoltaik-Anlagen 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 sowie einem Laborexperiment wurde erfasst, wie die Bevölkerung die Szenarien aus landschaftlicher Perspektive beurteilt. Die Online-Befragung diente zudem dazu, den Einfluss von Bedeutungszuweisungen zur Landschaft und zu den Energieanlagen auf die Beurteilungen zu untersuchen. Im Laborexperiment wurden im weiteren die unbewussten physiologischen Reaktionen auf die Szenarien gemessen, die Aufschluss geben, wie die Studienteilnehmenden Szenarien mit wenigen und mit vielen Anlagen erneuerbarer Energien emotional wahrnehmen.

Die Ergebnisse der repräsentativen Bevölkerungsbefragung zeigen aus gesamtschweizerischer Sicht, wie in der Schweiz momentan Energieanlagen in grossflächig ausgeschiedenen Charakterlandschaften aus einer vorrangig landschaftlichen Perspektive beurteilt werden. Im Laborexperiment lösten Landschaftsszenarien mit einer Kombination vieler Windenergie- und Photovoltaik-Anlagen bei den Teilnehmenden stärkere emotionale Reaktionen aus als Szenarien mit wenigen Anlagen. Zudem bewerteten diese Studienteilnehmenden die wahrgenommene Kohärenz, also wie stimmig sie das Landschaftsbild empfunden haben, bei diesen Szenarien stark unterschiedlich. Hinsichtlich der Einflüsse von Bedeutungszuweisungen, die mit der Online-Befragung untersucht wurden, liess sich eine positive Wirkung auf die Beurteilung der Szenarien beobachten, wenn Befragte Landschaften «arkadisch» betrachteten und Anlagen erneuerbarer Energien als «Nachhaltigkeitsfortschritt» ansehen. Eine «utilitaristische Landschaftsbetrachtung» sowie eine Wahrnehmung der Energieanlagen als «Technisierung der Landschaft» wirkte sich dagegen negativ auf die Beurteilung aus. Interventionen wie gezielte Informationen und unterschiedliche Darstellungsstile von Visualisierungen wirkten sich grundsätzlich auf die Meinung beziehungsweise Haltung der Befragten aus.

Die aus den Ergebnissen abgeleiteten zentralen Erkenntnisse und Empfehlungen können helfen, Fragen bezüglich möglicher bevorzugter Landschaftstypen beziehungsweise Kombinationen von Anlagen erneuerbarer Energien zu beantworten. Sie machen auch darauf aufmerksam, was in Planungsprozessen berücksichtigt werden sollte. So sollte beispielsweise der Landschaftstyp und die Vorbelastung der betroffenen Landschaft Beachtung finden. Die Empfehlungen heben die Unterschiede in der land-

schaftlichen Beurteilung von Anlagen erneuerbarer Energien in den untersuchten Charakterlandschaften hervor und zeigen auf, wie damit umgegangen werden könnte. Bei Landschaftsentwicklungen durch Anlagen erneuerbarer Energien sollte darauf geachtet werden, wie die angestrebte Menge an Energieanlagen in der Landschaft von der Bevölkerung wahrgenommen wird. Gemäss der repräsentativen Befragung schätzt die Bevölkerung beispielsweise sinnvolle Kombinationen unterschiedlicher Typen von Energieanlagen, die in einem Landschaftsraum sichtbar sind. Eine reine Solarenergienutzung auf Dächern und Fassaden beurteilt die repräsentative Stichprobe der Schweizer Bevölkerung am positivsten. Fehlte diese Energienutzungsform, beurteilten die Befragten die Szenarien negativer, auf gut sichtbaren Freiflächen lehnten sie Photovoltaik-Anlagen jedoch mehrheitlich ab. Bedeutungen, die die Bevölkerung den Landschaften, den Energieträgern und der Energiewende zuweisen, sollten in Planungsprozessen berücksichtigt werden, ebenso die emotionalen Reaktionen, da sich gezeigt hat, dass auch sie eine Rolle bei der landschaftlichen Beurteilung von Anlagen erneuerbarer Energien spielen.

Die Empfehlungen können Planungsakteure beispielsweise bei der Erarbeitung von Landschaftskonzeptionen unterstützen, Ziele und Massnahmen für eine Landschaftsentwicklung durch Anlagen erneuerbarer Energien zu konkretisieren. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die landschaftliche Beurteilung nur einer von vielen Einflussfaktoren auf die gesellschaftliche Akzeptanz von Anlagen erneuerbarer Energien ist. Darüber hinaus stellen die Ergebnisse der ENERGYSCAPE-Studie eine Momentaufnahme dar. Die Beurteilungen der untersuchten Szenarien können sich mit der Zeit ändern, zum Beispiel durch Gewöhnungseffekte oder durch soziale Strömungen und infolgedessen veränderten gesellschaftlichen Wahrnehmungen der Anlagen erneuerbarer Energien. Wie sich die Wahrnehmung und Beurteilung von Landschaftsentwicklungen durch Anlagen erneuerbarer Energien entwickelt, sollte wissenschaftlich begleitet und evaluiert werden.

1 Energiewende und Landschaft

1.1 Hintergrund und Motivation

Die Transformation des schweizerischen Energiesystems erfordert den Ausbau verschiedener erneuerbarer Energien. Die dazu notwendigen Infrastrukturen müssen in die Landschaft integriert werden und verändern sie damit. Wie die Bevölkerung diese Veränderungen wahrnimmt, beeinflusst massgeblich die gesellschaftliche Akzeptanz der Energieanlagen. Im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms NFP Energie untersuchte das Projekt ENERGYSCAPE in einer Präferenzstudie, wie der Einfluss einer Kombination verschiedener Typen von Anlagen erneuerbarer Energien auf die Landschaft beurteilt wird.

1.2 Ziel und Forschungsfragen

Ziel des Projekts war es, landschaftsbezogene gesellschaftliche Wahrnehmungen und Beurteilungen von Schweizer Landschaften mit unterschiedlichem Ausstattungsgrad mit Anlagen erneuerbarer Energien und damit auch die Akzeptanz der entsprechenden Infrastrukturen besser zu verstehen. Die Erkenntnisse des Projekts bilden die Grundlage für **Empfehlungen für eine Landschaftsentwicklung durch Anlagen erneuerbarer Energien in der Schweiz**. Sie sollen Verwaltung und Planerinnen und Planern – insbesondere auf kantonaler, aber auch auf den anderen Planungsebenen – Ansatzpunkte liefern, die Perspektive der Bevölkerung bei der Landschafts- und Energieinfrastrukturentwicklung besser zu berücksichtigen.

Das Projekt ging folgenden Forschungsfragen nach:

1. Wie werden Kombinationen unterschiedlicher Anlagen erneuerbarer Energien und die damit verbundenen Landschaftsveränderungen von der Schweizer Bevölkerung wahrgenommen und beurteilt?

Die wahrnehmungsbedingten Auswirkungen von Anlagen der Gewinnung erneuerbarer Energie auf einen bestimmten Landschaftstyp ist einer der wichtigsten Faktoren, die die Opposition oder Unterstützung für solche Infrastrukturen erklären (Wolsink 2007a, 2007b; Jones & Eiser 2010). Die visuelle Wahrnehmung und Beurteilung von Windenergieanlagen ist bereits gut erforscht (Cohen et al. 2014; Betakova et al. 2015; Molnarova et al. 2012; Strazzera et al. 2012). Wie Photovoltaik-Anlagen auf Dächern und Fassaden oder auf Freiflächen in unterschiedlichen Landschaften wahrgenommen werden, ist vergleichsweise weniger häufig untersucht (z.B. Chiabrando et al. 2009; Scognamiglio 2016; Tsoutsos et al. 2005). Mit dem stark steigenden Ausbau dieser Anlagen nimmt die Zahl entsprechender Studien in den letzten Jahren ebenfalls zu (z.B. Apostol et al. 2017; Sánchez-Pantoja et al. 2018; Lobaccaro et al. 2019; Munari Probst & Roecker 2019). Deren Resultate lassen sich jedoch nur eingeschränkt auf die Hügel- und Berggebiete der Schweizer Landschaften übertragen. Darüber hinaus fehlt das Wissen, wie die landschaftliche Wirkung verschiedener Kombinationen von Infrastrukturen erneuerbarer Energien wie Windenergie- und Photovoltaikanlagen sowie Hochspannungsfreileitungen in unterschiedlichen Landschaftskontexten beurteilt wird. Das Projekt ENERGYSCAPE konzentrierte sich daher darauf, wie einzelne Typen und Kombinationen solcher Energieanlagen in den verschiedenen Landschaften der Schweiz wahrgenommen werden und wie stark verschiedene Landschaften für diese Entwicklungen bevorzugt werden.

2. Welchen Einfluss hat die Landschaft auf die Beurteilung der Landschaftsentwicklungen durch Anlagen erneuerbarer Energien?

Die Beurteilung von Landschaften wird grundsätzlich durch drei Dimensionen beeinflusst: die individuell-persönliche, die soziokulturelle und die biologisch-universelle Dimension (Bourassa 1991; Hunziker et al. 2007). Vor allem die biologisch-universelle Dimension kann Indikatoren liefern, mit der sich die Veränderungen des Landschaftsbilds, die durch die Energieanlagen hervorgerufen werden, und Auswirkungen auf die wahrgenommene Landschaftsstruktur erfassen lassen (Kaplan & Kaplan 1989; Kienast et al. 2013).

3. Welchen Einfluss haben Bedeutungszuweisungen der Bevölkerung zu (erneuerbarer) Energie und Energieinfrastrukturen auf die Beurteilung der Landschaftsentwicklungen durch Anlagen erneuerbarer Energien?

Die soziokulturelle Dimension spielt ebenfalls eine wichtige Rolle für die Akzeptanz von Landschaftsentwicklungen durch Anlagen erneuerbarer Energien (Jorgensen & Stedman 2001; Devine-Wright 2011). Das Projekt ging der Frage nach, wie sozio-demographische Faktoren, Interessen, Präferenzen bezüglich der Energieproduktion sowie umweltbezogene Werte die Bevorzugung verschiedener Landschaftsszenarien mit Anlagen erneuerbarer Energien beeinflussen.

1.3 Aussagekraft der Ergebnisse

Das Projekt ENERGYSCAPE beleuchtet ausschliesslich die landschaftliche Perspektive im Zusammenhang mit Infrastrukturen erneuerbarer Energien. Die Ergebnisse zeigen auf, wie die Bevölkerung Entwicklungen von Schweizer Landschaften durch Anlagen erneuerbarer Energie momentan beurteilt. Diese Beurteilungen liefern eine Aussage auf nationalem Massstab bezüglich grossräumig ausgeschiedener Charakterlandschaften. Sie dienen – insbesondere auch in Form von Illustrationen – der Orientierung und als Diskussionsgrundlage, sind aber nicht als direkte, räumlich-explicite Planungsgrundlage zu verstehen. Die Untersuchungen basieren auf den heute verbreiteten Technologien: Der Stand der Technik, insbesondere in Bezug auf die Gebäudeintegration von Photovoltaikanlagen ist – unter anderem dank Entwicklungen im NFP 70 – zum Teil sehr viel weiter fortgeschritten. Bis diese in der Breite Verwendung finden, dürfte noch einige Zeit verstreichen.

Die aus den Ergebnissen abgeleiteten Empfehlungen stellen für sich keine Strategie dar. Sie sollen aber dazu dienen, die Sicht der Bevölkerung besser einzubeziehen und auf diese Weise die Basis für Strategien zur Landschaftsentwicklung mit Anlagen erneuerbarer Energien in der Schweiz zu stärken. Für konkrete Projekte auf lokaler Ebene ist zu berücksichtigen, dass **die landschaftliche Auswirkung nur einen von vielen Faktoren darstellt, der die gesellschaftliche Akzeptanz von Anlagen erneuerbarer Energien beeinflusst**. Faktoren wie Effekte von Steuerungsinstrumenten, die Art, wie der Prozess der Partizipation gestaltet wird oder der Mehrwert für die Gesellschaft spielen eine ebenso wichtige Rolle. Diese Aspekte werden in anderen Projekten des NFP Energie vertieft behandelt (www.nfp-energie.ch/de/projects; z.B. «Akzeptanz erneuerbarer Energie»).

1.4 Überblick über die Broschüre

Die Broschüre richtet sich vor allem an Akteurinnen und Akteure aus der Planungspraxis und ist für die nationale und kantonale Ebene konzipiert. Die Inhalte sind jedoch auch für Planungsvorhaben zu Anlagen erneuerbarer Energien auf regionaler beziehungsweise lokaler Ebene relevant. Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über die Inhalte gegeben.

Nach dem einleitenden ersten Kapitel beschreibt das zweite Kapitel **Rahmenbedingungen für die Planung** der Landschaftsentwicklung durch Anlagen erneuerbarer Energien in der Schweiz. Hierbei werden sowohl internationale Abkommen, als auch nationale Strategien und Konzepte betrachtet.

Das dritte Kapitel beleuchtet **Konfliktfelder** und zeigt auf, wo Wissenslücken bestehen und in welche Richtung Empfehlungen benötigt werden, um die gesellschaftliche Akzeptanz von Landschaftsentwicklungen durch Anlagen erneuerbarer Energien zu fördern.

Das vierte Kapitel identifiziert die **Potenziale für Anlagen der Gewinnung erneuerbarer Energie** in der Schweiz in unterschiedlichen Charakterlandschaften, die hinsichtlich der gesellschaftlichen Präferenzen für unterschiedliche Kombinationen von Anlagen erneuerbarer Energien untersucht wurden. Ihre Auswahl wird erläutert und die Charakterlandschaften werden steckbriefartig vorgestellt.

Das fünfte Kapitel beschreibt das Vorgehen zur **Visualisierung von Landschaftsszenarien** mit Anlagen erneuerbarer Energien in den ausgewählten Charakterlandschaften. Das sechste Kapitel erläutert die **Methoden** zum Messen der gesellschaftlichen Präferenzen.

Das siebte Kapitel präsentiert die Ergebnisse der Präferenzstudie aus dem Projekt ENERGYSCAPE. Es zeigt auf, welchen Einfluss landschaftliche und nicht landschaftliche Aspekte auf **gesellschaftliche Präferenzen** für Landschaftsentwicklungen durch Anlagen erneuerbarer Energien in den Charakterlandschaften haben.

Das achte Kapitel fasst die **zentralen Erkenntnisse** zusammen und leitet daraus **Empfehlungen** für eine Landschaftsentwicklung durch Anlagen erneuerbarer Energien. Kapitel 9 gibt schliesslich einen **Ausblick**, wie in der Planungspraxis mit den Empfehlungen umgegangen werden kann.

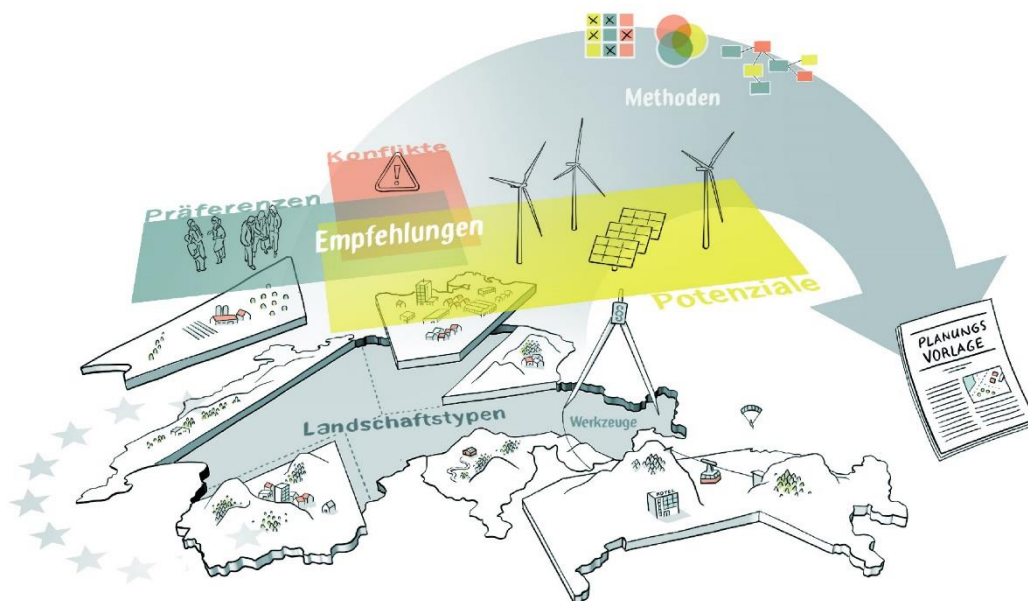


Abb. 1: Konzept der Broschüre «Empfehlungen für eine Landschaftsentwicklung durch Anlagen erneuerbarer Energien in der Schweiz». Illustration: Ralph Sonderegger, PLUS, ETH Zürich.

2 Rahmenbedingungen

2.1 Energiestrategie Schweiz 2050

Zum Umbau des Schweizerischen Energiesystems hat die Schweiz die Energiestrategie 2050 erarbeitet (BFE 2018a). Die drei Hauptstossrichtungen der Energiestrategie 2050 sind die Steigerung der Energieeffizienz, der Ausbau der erneuerbaren Energien und der Atomausstieg. Hinzu kommt die Reduktion der Treibhausgasemissionen um 50 Prozent bis 2030 gegenüber 1990 gemäss dem Pariser Klimaabkommen, das die Schweiz 2017 ratifiziert hat (BAFU 2018). Die Schweiz zielt darüber hinaus bis 2050 eine Gesamtreduktion der Treibhausgasemissionen von minus 70 bis 85 Prozent gegenüber 1990 an, was unter anderem einen Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energieträger bedeutet (BAFU 2018).

Gemäss schweizerischer Gesetzgebung ist der Ausbau der erneuerbaren Energien von nationalem Interesse. Dies verhilft den Infrastrukturen zu einer besseren Ausgangslage bei der Abwägung von Interessen. Neuanlagen in Biotopen von nationaler Bedeutung und gewissen Reservaten bleiben jedoch ausgeschlossen (BFE 2018b).

Für den Umbau der Stromversorgung gemäss Energiestrategie 2050 ist eine Weiterentwicklung des Leitungsnetzes essenziell. Sie soll die Integration der dezentral produzierten erneuerbaren Energie ebenso sicherstellen wie den nationalen und internationalen Stromtransport (Der Bundesrat 2013). Mit dem Ziel, eine bedarfsgerechte Netzentwicklung zu beschleunigen, hat die Schweiz im Dezember 2017 das Bundesgesetz über den Um- und Ausbau der Stromnetze («Strategie Stromnetze») angenommen, das zusammen mit entsprechend angepassten Verordnungen am 1. Juni 2019 in Kraft getreten ist. Zentrale Punkte dieser Strategie sind Vorgaben für die Planung und Optimierung der Stromnetze, die Optimierung von Bewilligungsverfahren für Leitungsprojekte, Vorgaben für den Entscheid, ob eine Freileitung oder Verkabelung erfolgen soll und die Verbesserung der Akzeptanz von Leitungsprojekten (BFE 2019a).

Zur Umsetzung der Energiestrategie 2050 hat die Schweiz das Energiegesetz (EnG; SR 730) und dessen Ausführungsbestimmungen revidiert. Sie sind seit dem 1. Januar 2018 in Kraft. Weitere Dossiers (BFE 2018b) in diesem Zusammenhang sind der Aktionsplan «Koordinierte Energieforschung Schweiz» und die Unterstützung des Swiss Competence Centers for Energy Research, die Innovationsförderung von Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekten durch das Bundesamt für Energie (BFE), die Unterstützung bei Markteinführungen durch EnergieSchweiz sowie wettbewerbliche Ausschreibungen. Mit der bereits 2014 in Kraft getretenen Änderung des Energiegesetzes (basierend auf der parlamentarischen Initiative 12.400) wurden zudem die Mittel insbesondere zur Förderung der Solarenergie erhöht (BFE 2018a). Die Totalrevision des CO₂-Gesetzes soll zudem bewirken, langfristige Ziele wie den Ausstieg aus den fossilen Energieträgern zu erreichen (BAFU 2018).

2.2 Stand der erneuerbaren Energien in der Schweiz in 2018

Die Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien (Kaufmann 2019) gibt einen Überblick über die Entwicklung und den aktuellen Stand der Produktion, des Imports und Exports, und des Endverbrauches erneuerbarer Energien. Ihr Anteil am schweizerischen Endenergieverbrauch betrug im Jahr 2018 gut 23 Prozent, knapp 14 Prozent entfielen dabei auf den Strom.

In den verschiedenen Technologiebereichen der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien ist seit 2000 ein Zuwachs bei der Nutzung erneuerbarer Energie aus Sonne, Wind, Biomasse, Biogas und Abfallverbrennung zu erkennen (Abb. 2, linkes Diagramm). Vor allem der Anteil der Stromproduktion aus Sonnenenergie ist exponentiell gestiegen. Dank der starken Zunahme von Photovoltaik-Anlagen seit 2012 ist die solare Stromproduktion nach der Wasserkraft nun die zweitgrösste erneuerbare Stromproduktion: Die gesamte Stromproduktion 2018 wurde zu mehr als der Hälfte aus Wasserkraft bereitgestellt. «Neue» erneuerbare Energien machten 6,1 Prozent aus, wovon der Hauptanteil aus Sonnenenergie (3,06 %) produziert wurde, während Strom aus Windenergie 0,19 Prozent ausmachte.

Bei der Nutzung von Wärme aus erneuerbarer Energie verzeichnen die Biomasse- und die Umweltwärmenutzung seit 2000 den grössten Zuwachs. Heute stammt gut die Hälfte dieser Wärme aus Holzfeuerungen, fast ein Drittel wird mittels Wärmepumpen der Umwelt entzogen und Fernwärmenutzung aus Abfallverbrennungsanlagen beträgt 14 Prozent (Abb. 2, rechtes Diagramm).

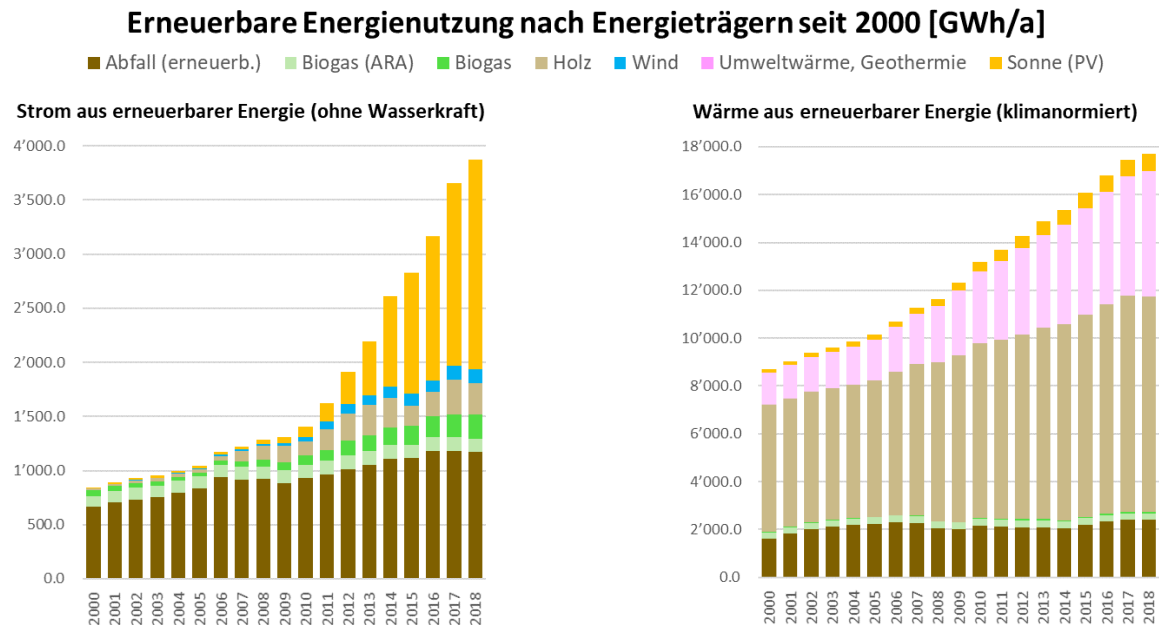


Abb. 2. Nutzung erneuerbarer Energie nach Energieträgern seit 2000. (Datenquelle: Kaufmann 2019, Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien, Ausgabe 2018 – Datentabellen, Gliederung nach Energieträgern (Anhang E))

2.3 Offene Grenzen – Energieabkommen mit der EU

Die Schweiz ist geographisch, politisch und versorgungstechnisch in den europäischen Energiemarkt eingebunden. Die Energieversorgung der Schweiz ist zu rund 80 Prozent vom Import fossiler Brenn- und Treibstoffe sowie von Kernbrennstoffen aus dem Ausland abhängig. In den Wintermonaten hängt auch die schweizerische Stromversorgung von Importen ab (BFE 2016). Der steigende Energiebedarf, Engpässe in der Versorgung, schwankende Preise und die Notwendigkeit, die negativen Umweltauswirkungen des Energiesektors zu senken, stellen die Schweiz wie das gesamte Europa vor eine komplexe Herausforderung. Wirksame Lösungsansätze können nur gemeinsam innerhalb der EU und der angrenzenden Länder entwickelt und umgesetzt werden, weshalb die Europäische Kommission Pläne für eine Energieunion veröffentlicht hat (Europäische Kommission 2019).

Die Schweiz zielt auf eine Absicherung ihrer unter Druck geratenen Position im europäischen Energiemarkt und verhandelt dazu mit der EU unter anderem bereits seit 2007 über ein Stromabkommen. Ohne dieses Abkommen wird der grenzüberschreitende Handel erschwert und die Schweiz verliert an Einfluss bei Gremien auf europäischer Ebene zur Regulierung des Strommarkts oder zur Weiterentwicklung des Stromnetzes (Hettich et al. 2019). Entwicklungen wie der zunehmende Eigenbedarf des europäischen Auslandes und die damit abnehmende Exportbereitschaft, sowie fehlende Netzkapazität beispielsweise in Deutschland, um Strom aus Windenergie aus dem Norden in den Süden zu bringen, stellen zusätzliche Herausforderungen für die sichere Versorgung der Schweiz mit Strom dar (Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen 2019).

2.4 Instrumente zur Planung der Landschaftsentwicklung durch Energieinfrastrukturen in der Schweiz

Die Anlagen erneuerbarer Energien verändern die Schweizer Landschaften und ihre Qualität. Diese Landschaftsveränderung soll bewusst erfolgen, sodass eine hohe Landschaftsqualität gewahrt oder gesteigert wird. Eine hohe Landschaftsqualität wird erreicht, wenn der Landschaftscharakter und ökologische, ästhetische, kulturelle, wirtschaftliche und emotionale Elemente und Werte der Landschaft so ausgebildet sind, dass die Landschaft von ihr erwartete Leistungen in hohem Masse erbringen kann (Steiger 2016). Damit der landschaftliche Aspekt mitgedacht und in der Ausgestaltung von Infrastrukturprojekten erneuerbarer Energien berücksichtigt wird, ist eine gute Abstimmung landschaftswirksamer Tätigkeiten auf allen Planungsebenen notwendig. Eine Übersicht über die verschiedenen landschaftspolitischen Instrumente auf den verschiedenen staatlichen Ebenen in der Schweiz gibt die Publikation «Den Landschaftswandel gestalten» (Steiger 2016). Im Folgenden werden ausgewählte Strategien und Konzepte kurz vorgestellt und herausgestellt, welche Vorgaben sie bezüglich Anlagen erneuerbarer Energien machen.

2.4.1 Raumkonzept Schweiz

Einen übergeordneten Orientierungsrahmen und eine Entscheidungshilfe für die Raumentwicklung in der Schweiz bietet das Raumkonzept Schweiz (UVEK et al. 2012), das von allen drei Staatsebenen entwickelt wurde. Es ist rechtlich nicht verbindlich, sondern setzt auf Freiwilligkeit und Verantwortungsbewusstsein der Behörden von Bund, Kantonen, Städten und Gemeinden sowie von Privaten gemeinsam zu handeln, um Siedlungen, Verkehrs- und Energieinfrastrukturen zu planen und Landschaften nachhaltig zu entwickeln. Dazu enthält das Raumkonzept Schweiz Strategien und Ziele, die alle drei Staatsebenen gemeinsam verfolgen sollen.

Als Leitidee des Raumkonzepts Schweiz sollen Vielfalt, Solidarität und Wettbewerbsfähigkeit erhalten und gestärkt werden. Damit verbunden sind fünf Ziele und drei Strategien mit entsprechenden Handlungsansätzen. Das erste Ziel «Siedlungsqualität und regionale Vielfalt fördern» und das zweite Ziel «Natürliche Ressourcen sichern» betonen die Bedeutung einer hohen Landschaftsqualität (Steiger 2016). Das Ziel beinhaltet zudem die Stärkung erneuerbarer Energien. Im vierten Ziel wird der Beitrag der ländlichen Räume zur Wettbewerbsfähigkeit der Schweiz herausgestellt, der in der Kulturlandschaftspflege sowie der Produktion von Nahrungsmitteln und Energie besteht (UVEK et al. 2012).

Die zweite Strategie «Siedlungen und Landschaften aufwerten» beschreibt Ansätze zur Umsetzung der Ziele. Bei Energieinfrastrukturprojekten gilt es, Entwicklungen grenzüberschreitend zu koordinieren und auf die regionale Siedlungsentwicklung abzustimmen, um das Potenzial der Siedlungs- und Landschaftsräume besser zu nutzen (UVEK et al. 2012). In der dritten Strategie «Verkehr, Energie und Raumentwicklung aufeinander abstimmen» betreffen zentrale Handlungsansätze die Sicherung der Energieversorgung. Bund, Kantone, Städte und Gemeinden sollen gemeinsam geeignete Standorte für übergeordnete Energieinfrastrukturen sichern. Der Bund soll Bestrebungen für die dezentrale Energieproduktion und Energieeffizienz unterstützen, und dabei Kantonen, Städten und Gemeinden helfen, zweckmässige Standorte für Anlagen erneuerbarer Energien bereitzustellen sowie energieeffiziente Raumstrukturen zu entwickeln (UVEK et al. 2012).

Das Raumkonzept Schweiz konkretisiert darüber hinaus die Ziele und Strategien für zwölf Handlungsräume. Hinsichtlich der Energieerzeugung wird zum Beispiel eine Nutzung der erneuerbaren Ressourcen angestrebt, insbesondere der Windenergie, etwa an geeigneten Standorten im Handlungsraum «Jurabogen». Hierzu soll über den ganzen Jurabogen eine koordinierte Planung angestrebt werden, die auch den Landschaftscharakter und die Naturvielfalt berücksichtigt. In den alpinen Handlungsräumen werden erneuerbare Energien als Möglichkeit gesehen, alpine Landschaften zu erhalten und zugleich wirtschaftlich besser zu nutzen. Hochalpine Naturlandschaften sollen hingegen geschützt werden. Sollten aber Energieinfrastrukturen aus übergeordneten Interessen notwendig sein, sind die Standorte sehr sorgfältig auszuwählen (UVEK et al. 2012).

2.4.2 Sachpläne und Konzepte des Bundes

Konzepte und Sachpläne nach Artikel 13 des Bundesgesetzes über die Raumplanung (RPG) sind die wichtigsten Planungsinstrumente des Bundes, um raumwirksame Tätigkeiten aufeinander abzustimmen und kantonale Planungen zu harmonisieren. Sie konkretisieren die Anwendung bestehender rechtlicher Bestimmungen. Die behördenverbindlichen Sachpläne legen dar, welche raumplanerischen Ziele der Bund verfolgt und welche Anforderungen und Vorgaben er für bestimmte stark raumwirksame Vorhaben hat (ARE 2019a; Steiger 2016). Ein wichtiges landschaftsrelevantes Instrument im Bereich der Energieinfrastrukturplanung ist der **Sachplan Übertragungsleitungen**. Er legt das Vorgehen fest zur Beurteilung der Leitungsvorhaben nach Nutz- und Schutzkriterien (Immissionsschutz, Natur- und Landschaftsschutz und andere Raumnutzungsansprüche) sowie die resultierenden Korridore für neue Höchstspannungsleitungen (220 und 380 Kilovolt). Darin ist zudem festgelegt, ob eine Ausführung als Frei- oder Erdleitung erfolgen soll (ARE 2019b).

Wie die Bundesinteressen bei der Planung von Windenergieanlagen zu berücksichtigen sind, zeigt das **Konzept Windenergie** auf (ARE 2017). Diese Interessen betreffen insbesondere auch die Abwägung von Nutzungs- und Schutzinteressen bezüglich national geschützter Gebiete. Das Konzept beinhaltet eine Karte mit Potenzialräumen zur Nutzung von Windenergie und liefert eine Planungshilfe für Windenergieanlagen für Kantone, Gemeinden und Unternehmen. Ein zentraler Planungsgrundsatz ist es, eine räumliche Konzentration von Anlagen anzustreben, damit die Anzahl betroffener Gebiete möglichst geringgehalten wird. Zurzeit wird das Konzept Windenergie aktualisiert, um es an das neue Energiegesetz und die dazugehörigen Verordnungen anzupassen.

Das **Landschaftskonzept Schweiz (LKS)** ist ebenfalls ein Konzept nach Artikel 13 RPG und wurde im Dezember 1997 vom Bundesrat verabschiedet. Das behördenverbindliche Konzept umfasst allgemeine Ziele sowie verbindliche Sachziele und Massnahmen zum Umgang mit Natur und Landschaft für dreizehn Politikbereiche (BAFU 1998). Gemäss den allgemeinen Zielen zur nachhaltigen Nutzung sollen Eingriffe in die Landschaft minimiert sowie Nutzungen wie Bauten und Infrastrukturen auf das Minimum beschränkt und zusammengefasst werden. Sachziele im Bereich «Energie» beziehen sich vor allem auf Freileitungen. In den allgemeinen Hinweisen wird jedoch festgestellt, dass «von Seiten des Natur- und Heimatschutzes [...] neben der Versorgungsinfrastruktur [...] insbesondere Energieerzeugungsanlagen relevant [sind] (BAFU 1998, Teil I, S. 14). Zudem wird unter anderem ein Handlungsbedarf bezüglich einer besseren Bündelung von Energieinfrastrukturen gesehen (BAFU 1998, Teil II, S. 9). Eine Evaluation der Umsetzung des LKS hat gezeigt, dass die Ziele von den raumwirksam tätigen Bundesstellen überwiegend erreicht wurden. Darüber hinaus hat es zu einem besseren gegenseitigen Verständnis und der Entwicklung einer modernen Konfliktlösungskultur zwischen Schutz und Nutzung beigetragen (Steiger 2016). Das Landschaftskonzept Schweiz wird zurzeit aktualisiert, um es mit den in der Zwischenzeit erarbeiteten Konzepten, Beschlüssen und Strategien des Bundes – insbesondere dem Raumkonzept Schweiz und der Energiestrategie 2050 – abzustimmen (BAFU 2019). Der Entwurf enthält spezifische Ziele, die eine landschafts- und naturschonende sowie ortsbildverträgliche Realisierung von Anlagen zur Energieerzeugung und zum Energietransport fördern sollen. Insbesondere werden nun auch Ziele bezüglich Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien formuliert. Beispielsweise sollen sie ausserhalb von Objekten der Biotopinventare von nationaler Bedeutung realisiert werden. «Photovoltaikanlagen [sollen] grundsätzlich auf bestehenden Infrastrukturen wie Dächern und Fassaden realisiert und landschafts- und ortsbildverträglich gestaltet» werden (BAFU 2019, S. 17).

2.4.3 Landschaftskonzeptionen und Landschaftsentwicklungskonzepte

Mit einer Landschaftskonzeption werden Landschaftsqualitätsziele für einen Landschaftsraum auf kantonaler Ebene (Konzeption) erarbeitet, auf die Landschaftsentwicklungskonzepte (LEK) für eine Region oder Gemeinde aufbauen können (Steiger 2016). Die Landschaftskonzeption dient einer kohärenten Gesamtsicht und ermöglicht eine Abstimmung der landschaftsrelevanten Sektoralpolitiken sowie der verschiedenen Instrumente aufeinander hinsichtlich der übergeordneten Ziele (BAFU 2015). Sie definiert und charakterisiert Teilräume beziehungsweise Landschaftstypen eines Kantons, wobei typische und prägende sowie nutzungsspezifische Aspekte, insbesondere auch die Wahrnehmung und Identifi-

kation, miteinbezogen werden. Basierend auf flächendeckenden Landschaftscharakterisierungen formuliert die Landschaftskonzeption Landschaftsqualitätsziele. Sie berücksichtigt dabei bereits bestehende Landschaftsziele und stellt sie in einen Gesamtkontext. Zudem zeigt sie auf, wie Massnahmen, bestehende Instrumente und Zuständigkeiten die Umsetzung unterstützen, mit denen die angestrebten Ziele erreicht werden können. Die Umsetzung erfolgt insbesondere über den kantonalen Richtplan und die kommunalen Nutzungspläne, über Agglomerationsprogramme, Landschaftsqualitätsprojekte und Landschaftsentwicklungskonzepte (BAFU 2015). Deshalb ist es sinnvoll, eine Landschaftskonzeption als Grundlage für eine kantonale Richtplanrevision oder ein kommunales LEK im Vorfeld einer Nutzungsplanungsrevision zu erarbeiten. Eine gute Gestaltung des Mitwirkungsprozesses, also der Beteiligung der Betroffenen, hilft die Umsetzung der Landschaftsqualitätsziele auf Stufe Region und Gemeinde zu fördern (Steiger 2016).

2.4.4 Kantonale Richtplanung

Als Koordinationsinstrument legt der behördenverbindliche kantonale Richtplan aufgrund einer umfassenden Interessenabwägung die gesamtkantonale Richtung der räumlichen Entwicklung fest und bestimmt die Ziele und erforderlichen Massnahmen in den Bereichen «Siedlung», «Landschaft», «Verkehr» und «Infrastruktur». Er setzt damit den konzeptionellen Rahmen für weitere Planungen und die Zusammenarbeit mit dem Bund, den Nachbarkantonen und dem benachbarten Ausland (BRP 1996). Er wird für einen mittelfristigen Zeitraum (20 bis 25 Jahre) erstellt und in der Regel alle zehn Jahre überprüft und gegebenenfalls überarbeitet (ARE 2019c).

Da im kantonalen Richtplan grundlegende Landschaftserhaltungs- und -entwicklungsziele festgesetzt und Gebiete mit hoher Landschaftsrelevanz bestimmt werden, hat der Richtplan für die Landschaftsentwicklung entscheidende Bedeutung (Steiger 2016). Mit der Festlegung von Landschaftsqualitätszielen aus einer Landschaftskonzeption im Richtplan werden diese verbindlich. In den einzelnen Richtplankapiteln wird konkretisiert, wie die Landschaftsqualitätsziele verfolgt und umgesetzt werden sollen. Im Sachbereich «Energie» werden beispielsweise landschaftliche Rahmenbedingungen für die Realisierung von Energieanlagen festgelegt (Steiger 2016).

Der kantonale Richtplan konkretisiert auch die Potenzialgebiete zum Ausbau der Windenergienutzung, die der Bund im Konzept Windenergie (vgl. Kap. 2.4.2) als Orientierungsrahmen aufgezeigt. Er setzt hierzu geeignete Standorte für Windenergieanlagen fest und gibt Grundsätze und Kriterien für die Windenergieplanung vor (z. B. Kanton Bern 2019a, Richtplan, Massnahme C_21). Um Standorte festzulegen, werden unterschiedliche Interessen, insbesondere auch die möglichen Auswirkungen auf Natur und Landschaft, ermittelt, bewertet und gegeneinander abgewogen. Diese vorausschauende Betrachtung von Nutzungskonflikten und die Suche nach optimalen Standorten kann die Wirkung des Richtplans bei den nachgeordneten Planungs- und Bewilligungsverfahren erhöhen (BRP 1996).

3 Konfliktfelder und Wissenslücken

Die Übersicht über die Rahmenbedingungen für die Planung der Landschaftsentwicklung durch Anlagen erneuerbarer Energien zeigt das Spannungsfeld zwischen den Zielen auf, das Energiesystem zu transformieren und gleichzeitig eine qualitätsvolle Landschaftsentwicklung in der Schweiz zu gewährleisten (vgl. Kap. 2). Konzepte und Strategien enthalten zurzeit vor allem spezifische Vorgaben für die Planung von Hochspannungsfreileitungen und Windenergieanlagen (vgl. Kap. 2.3), mit dem Ziel, diese Energieanlagen möglichst gut in Landschaften zu integrieren und ihre gesellschaftliche Akzeptanz zu fördern. Die aktuelle Planungspraxis ist dabei in der Regel auf einen bestimmten Energieinfrastrukturtyp mit einer standortspezifischen Betrachtung ausgerichtet. Damit fehlen eine schweizweite, sektorübergreifende Interessensabwägung, die räumliche Abstimmung für eine Kombination von unterschiedlichen Anlagen erneuerbarer Energien und deren Priorisierung in den verschiedenen Landschaften der Schweiz (Akademien der Wissenschaften Schweiz 2012).

Der Ausbau der Produktion erneuerbarer Energie führt vielerorts zu Zielkonflikten mit der Erhaltung von Natur- und Landschaftswerten und anderen Raumnutzungen, bietet dank möglicher Synergien aber auch zahlreiche Chancen für Regionen und die Bevölkerung (Akademien der Wissenschaften Schweiz 2012): Eine Nutzung der Solarenergie auf Dach und Fassadenflächen wird bei ästhetischer Integration beispielsweise als unproblematisch angesehen, auf geschützten Bauten oder in der offenen Landschaft können sich aber Konflikte mit dem Ortsbild beziehungsweise der ökologischen Vernetzung ergeben. Die gute Sichtbarkeit von Windenergieanlagen in der Landschaft wird einerseits als problematisch erachtet, gerade dadurch werden sie andererseits auch als positives Symbol für die Nutzung erneuerbarer Energien wahrgenommen. In Regionen, die durch touristische Anlagen geprägt sind, können sie auf diese Weise zu einem positiven Image beitragen. In sehr naturnahen Berggebieten bergen grössere Photovoltaik- und Windenergieanlagen allerdings ein grosses Konfliktpotenzial mit der Freiraumnutzung und dem Landschaftsschutz in sich.

Als Grundlage für die Erarbeitung eines gemeinsamen Zielbilds für die Landschaftsentwicklung sollte die aktuelle Landschaftsqualität sowie ihre Entwicklung über die Zeit erhoben werden (BAFU 2015). Zu diesem Zweck sollte neben physisch-nutzungsbezogenen Indikatoren zur Bodenbedeckung und Landnutzung auch erfasst werden, wie die Bevölkerung die Landschaftsqualität wahrnimmt (Rey et al. 2017). Auf nationaler Ebene bieten die Indikatoren der Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES) eine entsprechende Übersicht (Kienast et al. 2013). Um die landschaftlichen Auswirkungen von Anlagen erneuerbarer Energien auf die Landschaftsqualität abschätzen zu können, fehlt allerdings Wissen darüber, wie die Bevölkerung eine Kombination verschiedener Energieanlagen in bestimmten Landschaften der Schweiz wahrnimmt sowie beurteilt, und wie die Landschaft und die Bedeutungszuweisungen zur Landschaft und zu den Energieanlagen diese Beurteilung beeinflussen (vgl. Kap. 1.2). Die Sicht der Bevölkerung in die Planung der Landschaftsentwicklung zu integrieren, insbesondere bei der Erarbeitung von Landschaftsqualitätszielen, ist jedoch entscheidend und kann die langfristige Umsetzung entsprechender Massnahmen fördern (Steiger 2016).

Für die Planungspraxis werden also Empfehlungen für die Landschaftsentwicklung benötigt, die auf einer Beurteilung von Anlagen erneuerbarer Energien in verschiedenen Landschaften durch die Schweizer Bevölkerung beruhen. Hier setzte die ENERGYSCAPE-Studie an und untersuchte gesellschaftliche Beurteilungen von Landschaftsszenarien mit Infrastrukturen erneuerbarer Energien. Basierend auf den Ergebnissen wurden schliesslich Empfehlungen für die Praxis formuliert. Die folgenden Kapitel zeigen auf, wie die Ergebnisse im ENERGYSCAPE-Projekt erarbeitet wurden, auf denen die in Kapitel 8 vorgestellten Empfehlungen basieren.

4 Potenziale für Anlagen der Gewinnung erneuerbarer Energie in der Schweizer Landschaft

Die ENERGYSCAPE-Studie bezieht sich ausschliesslich auf die Schweiz, die durch eine Vielfalt an Landschaftstypen gekennzeichnet ist. In diesem Kapitel wird dargelegt, wie die untersuchten Charakterlandschaften ermittelt und definiert wurden. Des Weiteren werden diese Charakterlandschaften steckbriefartig vorgestellt. Die Betrachtung erfolgte auf nationalem Massstab, weshalb die Charakterlandschaften generalisiert wurden. Auf anderen Massstabsebenen sind gegebenenfalls spezifischere Landschaftstypen von Bedeutung. Deshalb ist es für konkrete Projekte notwendig zu prüfen, ob alle wichtigen Typen vertreten sind. Diese Konkretisierung kann jedoch nur in den Kantonen und Regionen erfolgen.

4.1 Landschaften mit hohem Potenzial für die Erzeugung erneuerbarer Energie

Die ENERGYSCAPE-Studie betrachtet unterschiedliche Charakterlandschaften, die ein bedeutendes Potenzial für die Erzeugung erneuerbarer Energie aufweisen. In einem mehrstufigen Verfahren und in Zusammenarbeit mit Energie-, Raumplanungs- und Landschaftsexpertinnen und -experten hat das Forschungsteam diese Charakterlandschaften definiert und Standorte ausgewählt, die den Charakter der einzelnen Charakterlandschaften repräsentativ wiedergeben (Abb. 3).

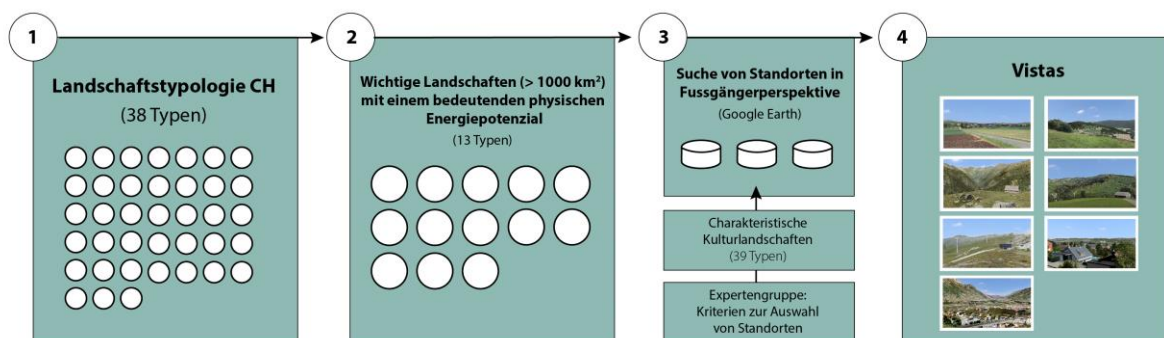


Abb. 3: Generelles Vorgehen zur Auswahl konkreter Standorte, sogenannter «Vistas», in den Charakterlandschaften mit einem bedeutenden Potenzial für die Erzeugung erneuerbarer Energie.

Zunächst wurde ermittelt, welche Landschaften in der Schweiz ein bedeutendes physisches Potenzial für die Erzeugung erneuerbarer Energie aufweisen. Als Grundlagen dienten die Landschaftstypologie der Schweiz (ARE/BAFU/BFE 2011) und schweizweite, räumlich explizite Potenzialanalysen für die Wind-, Solar- und Holzenergienutzung sowie zur Kleinwasserkraftnutzung (Segura Morán et al. 2014; s. auch Tab. 1). Berücksichtigt wurden aber nur die flächenmässig wichtigen Landschaftstypen, das heisst, Landschaftstypen, die insgesamt über 1000 km² Landesfläche einnehmen. Auf diese Weise wurden die 38 Typen der Landschaftstypologie Schweiz auf 13 Typen reduziert. Energieholz- und Kleinwasserkraftnutzung fielen in diesem Analyseschritt heraus, da erstere nicht signifikant sichtbar ist und letztere nicht wesentlich in Kombination mit Potenzialgebieten für die Wind- und Solarenergienutzung vorkommt. Zudem hätte eine höhere Anzahl an Energienutzungstypen den Rahmen der Studie im ENERGYSCAPE-Projekt methodisch gesprengt. Darüber hinaus stellen die Anlagen der Gewinnung von Wind- und Solarenergie bezüglich des Ausbaupotenzials bis 2050 die mengenmässig bedeutendsten landschaftswirksamen Energieinfrastrukturen dar (Bauer und Hirschberger 2017).

Im zweiten Schritt erfolgte in diesen 13 Landschaftstypen eine Suche geeigneter Standorte, von denen aus in Fussgängerperspektive eine Kombination von Windenergie- und Photovoltaik-Anlagen sichtbar

wäre. Hierzu wurden die Potenzialkarten für Wind- und Solarenergienutzung (Segura Morán et al. 2014) sowie die Karte der Landschaftstypologie Schweiz (ARE/BAFU/BFE 2011) in Google Earth Pro (Google 2018) überlagert und geeignete Perspektiven an konkreten Standorten gesucht, in denen eine Kombination von Potenzialgebieten für Wind- und PV-Anlagen ersichtlich ist. Um typische Standorte zu finden, wurde auch der Katalog der charakteristischen Kulturlandschaften der Schweiz (Rodewald et al. 2014) konsultiert. Aus diesem Arbeitsschritt resultierten rund 30 Standorte.

Tab. 1: Übersicht des Energiepotenzials der für die Erzeugung erneuerbarer Energie wichtigen Landschaften der Schweiz (> 1000 km²). X-XXXX = Wichtigkeit der entsprechenden Energieform in der Landschaft. Koloriert sind die für die Visualisierung relevanten Energienutzungstypen (Quelle: F. Kienast).

Wichtige Landschaften (Nummer und Bezeichnung des Landschaftstyps gemäss Landschaftstypologie Schweiz)	Landschaftliche Relevanz von...						
	Klein-Hydro	Wald-nutzungs-intensivierung	Wind ausserhalb Siedlung (300m)	Wind ausserhalb Siedlung (300m), bis 20% Neigung	PV Siedlung	PV Buschland heute	PV Buschland 20xx
Jura: Klassischer Jurawindpark, etwas Freiflächen PV in ferner Zukunft, intensivierte Holzproduktion							
2 Hügellandschaft des Faltenjuras		xx	xxx	xxx	x		xx
Mittelland: Windanlagen in einer Hügellandschaft, mit PV auf Dächern und PV auf verbuschtem Land in ferner Zukunft, intensivierte Holzproduktion							
12 Ackerbaugeprägte Hügellandschaft		xxx	x	xx	xx		x
13 Futterbaugeprägte Hügellandschaft		xx	x	x	xx		xx
14 Stark geformte Hügellandschaft		xxx	x	x	x		x
15 Berglandschaft des Mittellandes		xx	xx		x		x
Alpen: Windanlagen im Hochgebirge, die meisten dürften aber aus Steilheit nicht in Frage kommen (!). Dafür viel PV auf verbuschten Flächen bereits heute und in nicht allzu ferner Zukunft.							
20 Kalkberglandschaft der Nordalpen	x		xxx		x	x	x
23 Niederschlagsreiche Berglandschaft der Inneralpen	x		xxx		x	xx	
24 Trockene Berglandschaft der westlichen Inneralpen	x		xxx		x	x	
27 Berglandschaft der Südalpen	x		xxx		x	x	x
29 Kalkgebirgslandschaft der Alpen			xxxx			xx	xx
31 Kristalline Gebirgslandschaft der Alpen			xxxx			xx	x
32 Hochgebirgslandschaft der Alpen			xxx				
Nutzungs- oder naturbezogene Landschaftstypen: PV auf Dächern, etwas intensivierte Holzproduktion							
34 Siedlungslandschaft		x			xxxx		

4.2 Auswahl der Charakterlandschaften

Ausgehend von den für die Energieproduktion wichtigen Landschaften (Tab. 1) wurden zusammen mit einer Gruppe von Energie-, Raumplanungs- und Landschaftsexpertinnen und -experten Kriterien für die finale Auswahl der Landschaften und konkreten Standorte formuliert. Im Hinblick auf das Ziel der Studie sollten diese geeignet sein, um:

- Aussagen über die gesellschaftlichen Beurteilungen für verschiedene Kombinationen von Anlagen der Gewinnung erneuerbarer Energie in den unterschiedlichen Landschaften zu treffen,
- Aspekte aufzuzeigen, die diese Beurteilungen beeinflussen.

Die Ergebnisse sollten zudem eine Grundlage im Sinne einer schweizweiten Gesamtschau bieten. Basierend auf den Beiträgen der Expertinnen und Experten wurden folgende Kriterien definiert:

- **Repräsentativität:** Standorte aus allen biogeographischen Regionen (Jura, Mittelland, Voralpen, Alpen und Südschweiz) sollten vertreten sein, damit die Ergebnisse eine gesamtschweizerische Planung unterstützen können. Die Standorte sollten repräsentativ für diese Regionen sein, also ein typisches Relief und Landschaftsbild zeigen. Zudem sollten sich die Standorte visuell wesentlich unterscheiden, um mit der Präferenzstudie aussagekräftige Antworten zu erhalten.
- **Nutzungsintensität:** Welche Menge an Anlagen erneuerbarer Energien in den Landschaften präferiert wird, sollte in Zusammenhang mit der bereits vorherrschenden Nutzung in den Landschaftstypen untersucht werden. Deshalb sollten Standorte mit unterschiedlichen Intensitäten an Landwirtschaft, Wohnen, Gewerbe und Industrie sowie Verkehrs- und bestehenden Energieinfrastrukturen gewählt werden. Aber auch Standorte im Hochgebirge und in peripheren Landschaften sollten vertreten sein, insbesondere um auch eine Aussage bezüglich PV-Anlagen auf verbuschenden Flächen zu erhalten (vgl. Price et al. 2015).
- **Energie-Infrastrukturlandschaft:** Für Standorte, an denen heute bereits Energieinfrastruktur wie Hochspannungsleitungen bestehen, sollten gesellschaftliche Beurteilungen für einen Ausbau der Produktion erneuerbarer Energie analysiert werden.
- **Tourismus-Infrastrukturlandschaft:** Touristische Zentren weisen klar ersichtliche landschaftliche Attraktivität aber auch Infrastrukturen für die touristische Nutzung wie Seilbahnen und Parkplätze auf. Es sollte untersucht werden, wie eine Kombination von Anlagen erneuerbarer Energien in diesen Landschaften beurteilt wird. Deshalb sollte ein touristischer Standort ausgewählt werden.

Gemäss diesen Kriterien wurden konkrete Standorte – sogenannte «Vistas» – ausgewählt, die sieben generalisierte Charakterlandschaften repräsentieren: (1) «Siedlungsgeprägtes Flachland», (2) «Landwirtschaftlich geprägtes Flachland», (3) «Jura», (4) «Voralpen», (5) «Siedlungsgeprägte Berggebiete», (6) «Touristisch geprägte Berggebiete» und (7) «Andere Berggebiete». Die Charakterlandschaft (8) «Berggebiete mit Infrastruktur» wurde später im Projekt definiert und es wurde deshalb dazu keine Vista ausgewählt.

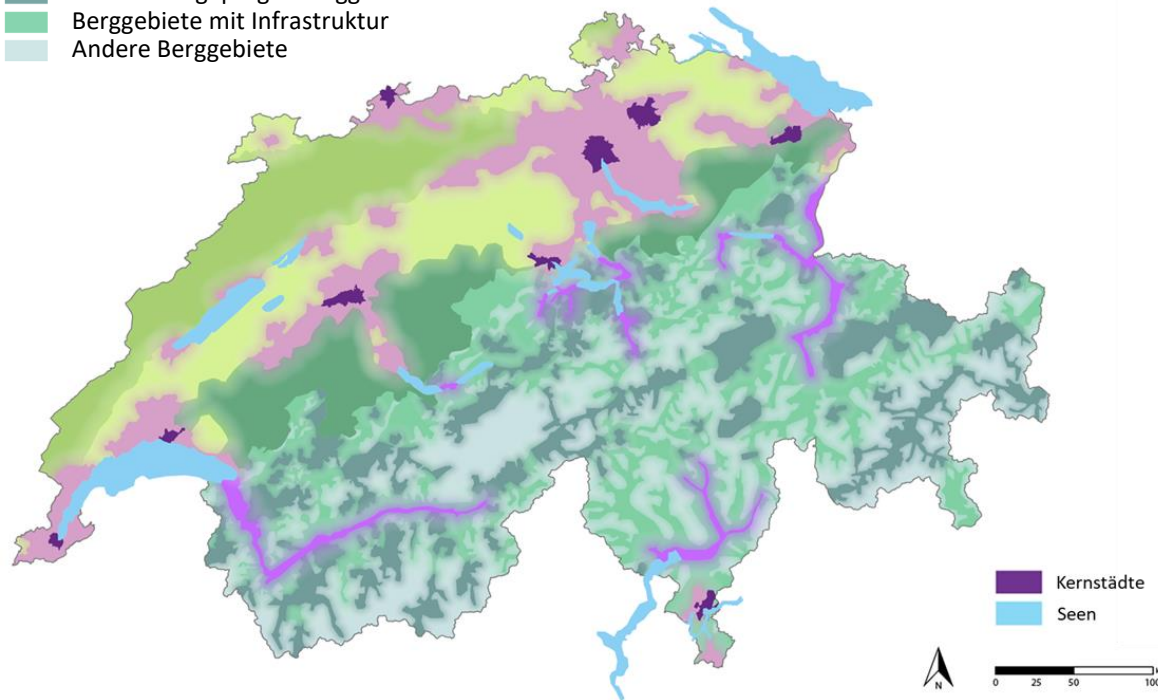
4.3 Die Charakterlandschaften

Abbildung 4 gibt eine Übersicht der räumlichen Verteilung sowie der flächenmässigen Anteile der im ENERGYSCAPE-Projekt definierten Charakterlandschaften in der Schweiz. Sie sind generalisiert, umfassen nun nicht mehr nur die 13 Landschaftstypen aus Tabelle 1, und decken so die gesamte Fläche der Schweiz – ausgenommen der Kernstädte und Seen – ab. So findet man zum Beispiel auch das Tessin in dieser Übersicht, obwohl hier das Windpotenzial eher klein, das Sonnenenergiepotenzial aber gross ist.

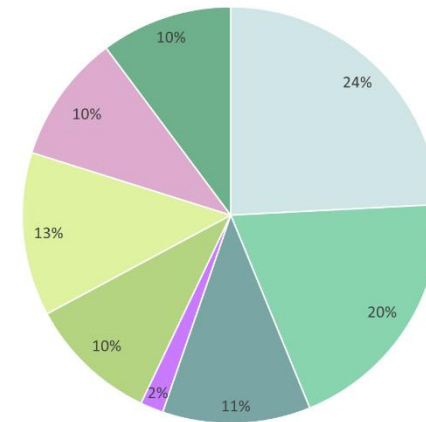
Anschliessend werden die Charakterlandschaften in Form von Steckbriefen präsentiert. Beispielbilder geben einen konkreten visuellen Eindruck des jeweiligen Landschaftscharakters. Zudem werden die Anteile der vorwiegenden Landschaftstypen gemäss Landschaftstypologie Schweiz (ARE/BAFU/BFS 2011) aufgezeigt und der generelle Landschaftscharakter beschrieben. Darüber hinaus wird dargelegt, wie die Charakterlandschaft grundsätzlich wahrgenommen wird und welche Besonderheiten sie aufweist. Schliesslich werden bestehende Empfehlungen zur Entwicklung der Charakterlandschaft angeführt.

4.3.1 Räumliche Darstellung der Charakterlandschaften

- Siedlungsgeprägtes Flachland
- Landwirtschaftlich geprägtes Flachland
- Jura
- Voralpen
- Siedlungsgeprägtes Berggebiet
- Touristisch geprägte Berggebiete
- Berggebiete mit Infrastruktur
- Andere Berggebiete



Ungefäher Flächenanteil der Charakterlandschaften [%]



Charakterlandschaft	Fläche [km²]
Siedlungsgeprägtes Flachland	3957
Landwirtschaftlich geprägtes Flachland	5045
Jura	4001
Voralpen	4049
Siedlungsgeprägtes Berggebiet	711
Touristisch geprägte Berggebiete	4561
Berggebiete mit Infrastruktur	7797
Andere Berggebiete	9610
Total	39730

Abb. 4: Räumliche Verteilung und Flächenanteile (in Prozent) der im Projekt ENERGYSCAPE definierten Charakterlandschaften in der Schweiz.

4.3.2 Siedlungsgeprägtes Flachland



Oberbuchsiten (SO)
Ulrike Wissen Hayek (2017)



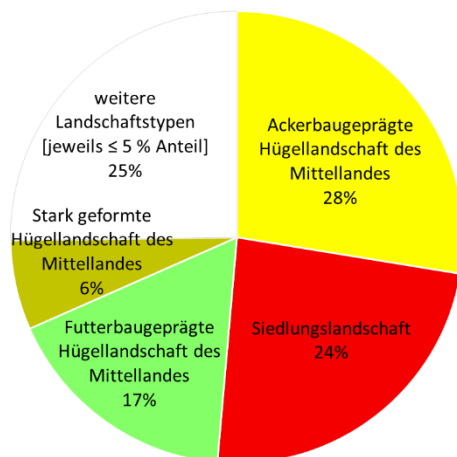
Wil (SG)
Google (2013)



Cheseaux-sur-Lausanne (VD)
Google (2013)

Abb. 5: Impressionen der Charakterlandschaft «Siedlungsgeprägtes Flachland».

Siedlungsgeprägtes Flachland
Vorwiegende Landschaftstypen gemäss der Landschaftstypologie Schweiz
(Flächenanteile in Prozent)



Beschreibung des Landschaftscharakters

Zusammenhängende Siedlungsgürtel mit ausgedehnten Wohnquartieren sowie Industrie-, Einkaufs- und Dienstleistungszonen bestimmen das «Siedlungsgeprägte Flachland». Der Übergang zur Stadtlandschaft mit höheren Bevölkerungs- und Arbeitsplatzdichten ist fließend. Die Siedlungen können sich bandartig entlang von Verkehrsachsen oder Tälern hinziehen oder aus kleineren historischen Stadtkernen, umgeben von attraktiven Gebieten für Wohnen und Arbeiten bestehen. Innerhalb und um die Siedlungslandschaft herum befinden sich wertvolle Natur- und Naherholungsräume wie Wald- und Landwirtschaftsgebiete (ARE/BAFU/BFS 2011).

Abb. 6: Anteile vorwiegender Landschaftstypen der Landschaftstypologie Schweiz an der Charakterlandschaft «Siedlungsgeprägtes Flachland» und seine Charakterisierung.

Wahrnehmung und Besonderheiten der Charakterlandschaft

Landschaftlich charakteristisch ist das kleinräumige Nebeneinander urbaner und dörflicher Strukturen (UVEK et al. 2012, S. 85). In diesem baulich vielgestaltigen und patchworkartiger Raum lässt sich die Siedlungsentwicklung ablesen. Die gute Zugänglichkeit zu Naherholungsgebieten und das Erlebnis naturnaher Landwirtschaft sind wichtige Leistungen dieser Landschaft für die Bevölkerung (Rodewald et al. 2014).

Bestehende Empfehlungen zur Entwicklung der Charakterlandschaft

Im suburbanen Raum sind die Siedlungen zusammen mit ihren Naherholungsgebieten und den dazwischenliegenden Landwirtschaftsflächen als ganzheitliche Landschaften zu gestalten (UVEK et al. 2012, S. 45). Dabei ist ein bewusster Umgang mit den Freiräumen gefordert, der prägende Siedlungsansichten, symbolträchtige Orte und Orientierungspunkten schafft. Die Pflege und Aufwertung der Landschaft sollten zusammen mit der Bevölkerung erfolgen (Rodewald et al. 2014). Eine wichtige Rolle für die Entwicklung der suburbanen Freiräume spielt auch die Umsetzung der «Agglomerationspärke» (UVEK et al. 2012, S. 86).

4.3.3 Landwirtschaftlich geprägtes Flachland



Siselen (BE)
Ulrike Wissen Hayek (2017)



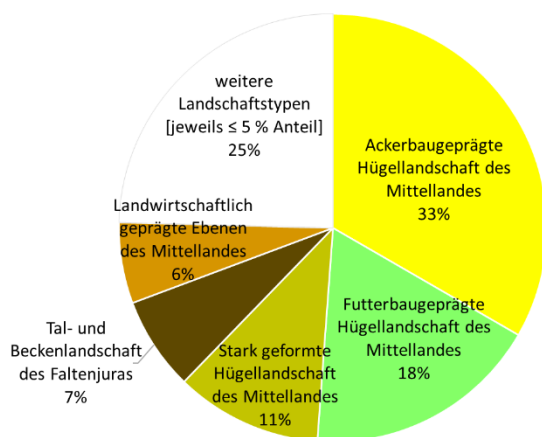
Schmiedrued (AG)
Google (2014)



Thundorf (TG)
(www.thundorf.ch)

Abb. 7: Impressionen der Charakterlandschaft «Landwirtschaftlich geprägtes Flachland».

Landwirtschaftlich geprägtes Flachland
Vorwiegende Landschaftstypen gemäss der Landschaftstypologie Schweiz
(Flächenanteile in Prozent)



Beschreibung des Landschaftscharakters

Abwechslungsreiche Landschaften formen das «Landwirtschaftlich geprägte Flachland». Mosaikartige Landnutzungsmuster mit Acker- oder Futterbau charakterisieren die sanft bis stark geformten Hügellandschaften. Landwirtschaftlich intensiv genutzte Flächen herrschen in den weiten Ebenen und Tälern vor. Die Siedlungsstruktur weist verschiedene Formen von Dörfern und Weilern auf. Vor allem in den landwirtschaftlich geprägten Ebenen des Mittellandes befinden sich Siedlungen meist am Rande der Ebene an leicht erhöhter Lage (ARE/BAFU/BFS 2011).

Abb. 8: Anteile vorwiegender Landschaftstypen der Landschaftstypologie Schweiz an der Charakterlandschaft «Landwirtschaftlich geprägtes Flachland» und seine Charakterisierung.

Wahrnehmung und Besonderheiten der Charakterlandschaft

Die intensiv, agrarisch genutzten Ebenen sind wichtige Naherholungs- und Freizeitgebiete (ARE/BAFU/BFS 2011). Sie bieten den Eindruck von Weite und Offenheit und damit einhergehend eine verstärkte Wahrnehmung des Himmels sowie ausgeprägte Sichtbeziehungen und Sichtachsen. Sowohl die intensiven, futterbaugeprägten Grünlandschaften, als auch die meist meliorationsgeprägten Agrarlandschaften stehen für die gepflegte, kultivierte (bäuerlich-ländliche) Landschaft (Rodewald et al. 2014).

Bestehende Empfehlungen zur Entwicklung der Charakterlandschaft

Die landwirtschaftlich geprägten Gebiete haben vielfältige ökologische, ökonomische und soziale Funktionen, insbesondere auch als (Nah-)Erholungsräume für die Bevölkerung der Agglomerationen und Städte im Mittelland. Deshalb sollen sie als zusammenhängende und multifunktional genutzte landwirtschaftliche Gebiete in intensiver Zusammenarbeit zwischen Land- und Waldwirtschaft, Tourismus, Natur- und Landschaftsschutz sowie Regionalpolitik (UVEK et al. 2012, S. 45) und der lokalen Bevölkerung (Rodewald et al. 2014) weiterentwickelt werden. Dabei soll eine Zerschneidung von markanten Sichtachsen vermieden, prägende Dorfansichten mit regionaltypischer Architektur erhalten und die Orientierung in diesem Landschaftstyp erhöht werden, z. B. durch Strukturelemente (Alleen, Einzelbäume), die Orte in der Landschaft akzentuieren (Rodewald et al. 2014).

4.3.4 Jura



Champoz (BE)
Ulrike Wissen Hayek (2017)



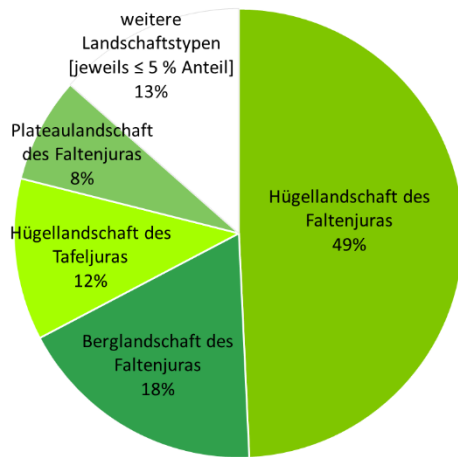
Brislach (BL)
Alban Hügli (2013)



Mont Crosin (JU)
Thomas M. Klein (2010)

Abb. 9: Impressionen der Charakterlandschaft «Jura»

Jura
Vorwiegende Landschaftstypen gemäss der Landschaftstypologie Schweiz
(Flächenanteile in Prozent)



Beschreibung des Landschaftscharakters

Die Charakterlandschaft «Jura» weist eine abwechslungsreiche Topographie mit Tälern, Hochebenen und Höhenzügen auf. Sie ist von einem vielfältigen Mosaik von Wiesen, Siedlungen, Waldweiden (Wytweiden) und geschlossenem Wald gekennzeichnet. In tieferen Lagen finden sich offene Tallandschaften mit Wiesland und Dörfern, in höheren Lagen befinden sich charakteristische Einzelhöfe. Die Typen Hügel-, Berg- und Plateaulandschaft des Faltenjuras gehen oft kontinuierlich ineinander über (ARE/BAFU/BFS 2011).

Abb. 10: Anteile vorwiegender Landschaftstypen der Landschaftstypologie Schweiz an der Charakterlandschaft «Jura» und seine Charakterisierung.

Wahrnehmung und Besonderheiten der Charakterlandschaft

Sehr charakteristische (z. B. die Crêtes du Jura) sowie weiträumige, unverbaute Landschaften prägen die Charakterlandschaft «Jura» (UVEK et al. 2012, S. 84). Insbesondere befinden sich hier auch parkähnlich strukturierte Kulturlandschaften, sogenannte Waldweiden (Wytweiden), die auf einer gemischten Wald-Weide-Nutzung beruhen (Rodewald et al. 2014).

Bestehende Empfehlungen zur Entwicklung der Charakterlandschaft

Die Landschaften des «Jura» weisen eine hohe Attraktivität für die Wohnbevölkerung und für die touristische Nutzung auf (Kanton Bern 2019b). Aus diesem Grund soll der Charakter dieser Kultur- und Naturlandschaft bewahrt und gezielt weiterentwickelt werden. Insbesondere beim Ausbau von Infrastrukturen für die Nutzung erneuerbarer Energien (z. B. Windenergieanlagen) soll auf den landschaftsprägenden Charakter und die Naturvielfalt des Jurabogens Rücksicht genommen und eine koordinierte Planung über den ganzen Jurabogen erstellt werden (UVEK et al. 2012, S. 84). Windenergieanlagen sollen an geeigneten Standorten zusammengefasst werden, wobei mindestens drei Windturbinen in einer gemeinsamen Anordnung stehen sollen (Kanton Bern 2019a, Massnahme C_21). Wytweiden sollten möglichst von Bauten und Anlagen freigehalten werden (Rodewald et al. 2014).

4.3.5 Voralpen



Hemberg (SG)
Ulrike Wissen Hayek (2017)

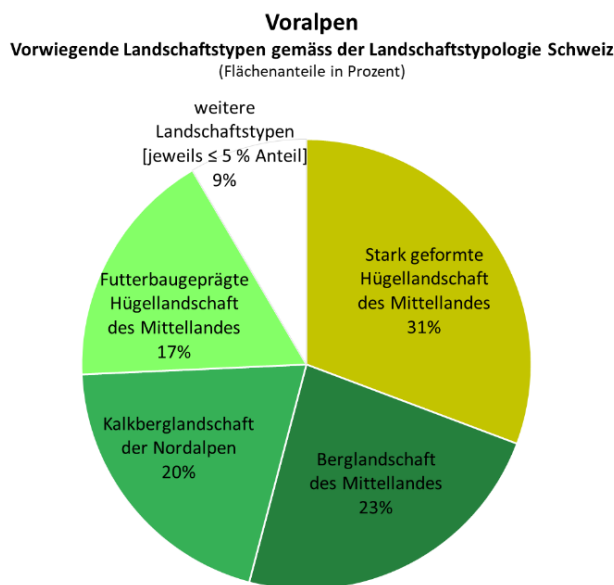


Teufen (AR)
Ulrike Wissen Hayek (2016)



Entlebuch (LU)
Adrienne Grêt-Regamey (2019)

Abb. 11: Impressionen der Charakterlandschaft «Voralpen».



Beschreibung des Landschaftscharakters

Die «Voralpen» charakterisieren ein ausgeprägtes Kleinrelief und ein Mosaik von Wäldern, Wiesen und Weiden. Die Besiedlung ist eher spärlich und wird geprägt durch Streusiedlungen, abgelegene Einzelhöfe und Ausflugsrestaurants an besonders markanten Orten. Dörfer und Weiler liegen eher im Talgrund. Der Anteil an Bauten ausserhalb der Bauzone ist relativ gross, wobei traditionelle Bautypen überwiegen. Die Landschaften der «Voralpen» stellen wichtige Naherholungs- und Freizeitgebiete für die siedlungsgeprägten Landschaften des Mittellandes dar (ARE/BAFU/BFS 2011).

Abb. 12: Anteile vorwiegender Landschaftstypen der Landschaftstypologie Schweiz an der Charakterlandschaft «Voralpen» und seine Charakterisierung.

Wahrnehmung und Besonderheiten der Charakterlandschaft

Die Charakterlandschaft «Voralpen» steht für die gepflegte, kultivierte Landschaft mit einer stark regionalspezifisch ausgeprägten, bäuerlich-ländlichen Siedlungsstruktur, die ein vielfältiges ästhetisches Erlebnis der kohärenten Landschaftsgestalt bietet. Sie steht auch für Beständigkeit und das Bäuerlich-Ländliche. Vielerorts wurde jedoch bereits die ursprüngliche agrarische Nutzung aufgegeben und es erfolgten Umnutzungen der Bauten für Gewerbe und Wohnen, z. B. in Form von Ferienwohnungen (Rodewald et al. 2014).

Bestehende Empfehlungen zur Entwicklung der Charakterlandschaft

Die Kraft und Ruhe ausstrahlenden und gleichzeitig empfindlichen Kulturlandschaften der «Voralpen» bedürfen eines verantwortungsvollen Umgangs mit dem Gleichgewicht von Schutz und Nutzung (UVEK et al. 2012). Hierzu sollten Landschaftsentwicklungskonzepte unter Einbezug der Bevölkerung erarbeitet werden. Für den Erhalt des regionaltypischen Charakters sollten Umnutzungen von Bauten denkmalpflegerisch begleitet, totale Zweckänderungen mit Landschaftspflege verknüpft und störende Eingriffe in die Kohärenz des Landschaftsbildes vermieden werden (Rodewald et al. 2014). Insgesamt soll das kulturelle Erbe und die Kulturangebote touristisch besser genutzt werden (UVEK et al. 2012).

4.3.6 Siedlungsgeprägte Berggebiete



Martigny (VS)
Ulrike Wissen Hayek (2017)



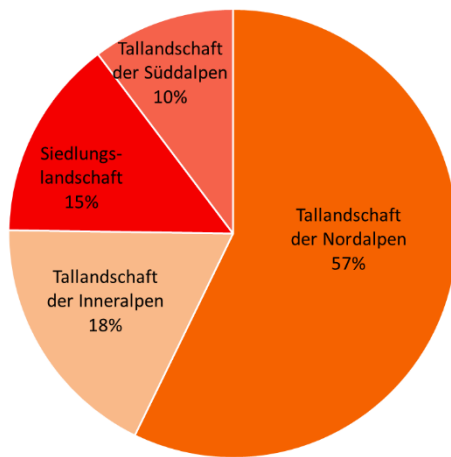
Visp (VS)
Thomas M. Klein (2013)



Bellinzona (TI)
www.bellinzona.ch (2019)

Abb. 13: Impressionen der Charakterlandschaft «Siedlungsgeprägte Alpentäler».

Siedlungsgeprägte Berggebiete
Vorwiegende Landschaftstypen gemäss der Landschaftstypologie Schweiz
(Flächenanteile in Prozent)



Beschreibung des Landschaftscharakters

Das Nutzungsmuster in der Landschaft der «Siedlungsgeprägten Berggebiete» ist geprägt durch moderne Landwirtschaft, ausgedehnte Siedlungen, Verkehrsachsen und Energieanlagen. Die ursprünglichen Siedlungen befinden sich aus Hochwasserschutzgründen am Talrand in leicht erhöhter Lage. Im Talboden sind die neuen, weitläufigen Wohn-, Gewerbe- und Dienstleistungsareale mit den überwiegend intensiv genutzten Landwirtschaftsflächen verflochten. Begrabte Gewässerläufe, Autobahnen, Strassen und Schienen bilden prägende lineare Elemente (ARE/BAFU/BFS 2011).

Abb. 14: Anteile vorwiegender Landschaftstypen der Landschaftstypologie Schweiz an der Charakterlandschaft «Siedlungsgeprägte Berggebiete» und seine Charakterisierung.

Wahrnehmung und Besonderheiten der Charakterlandschaft

Die Charakterlandschaft «Siedlungsgeprägte Berggebiete» zeichnet sich durch starke Veränderung aus und präsentiert sich heute als intensiver Wirtschafts- und Lebensraum mit stark funktionaler Bedeutung, raumintensiven Versorgungseinrichtungen sowie verbindenden und begrenzenden Raumstrukturen. Er umfasst kontur- und kontrastreiche Transformationslandschaften, in denen Komplexität und Vielfalt und grosse Raumkontraste erlebt werden können (Rodewald et al. 2014).

Bestehende Empfehlungen zur Entwicklung der Charakterlandschaft

Die Landschaften wie die Rhone- oder die Magadinoebene sind als multifunktionale Räume aufzuwerten, wobei die Bedürfnisse der konzentrierten Siedlungsentwicklung, der Landwirtschaft, des Hochwasserschutzes sowie der Natur und der Erholung gegeneinander abzuwägen sind. Erneuerbare Ressourcen wie Sonne, Wind, Holz und Geothermie sollen neben der Nutzung von Wasser zur Energiegewinnung gefördert werden. Hierzu soll eine überregionale räumliche Strategie erarbeitet werden (UVEK et al. 2012, S. 94). Insgesamt sollte bei der Landschaftsentwicklung darauf geachtet werden, bauliche «Landmarks» zu schaffen sowie einerseits die Kontraste zu stärken, andererseits aber auch die Lesbarkeit und Orientierung (Kohärenz) der Landschaft zu erhöhen (Rodewald et al. 2014).

4.3.7 Touristisch geprägte Berggebiete



Crag Sogn Gion (GR)
Ulrike Wissen Hayek (2017)

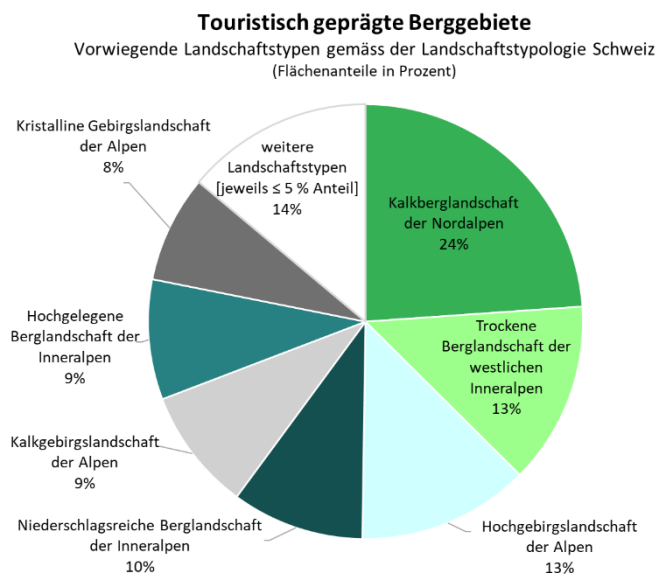


Col de Bretaye, Ollon (VD)
Paul Mawet, Google (2017)



Andermatt (UR)
Abgottspion Edwin Architektur Saas-Fee (2017)

Abb. 15: Impressionen der Charakterlandschaft «Touristisch geprägte Berggebiete».



Beschreibung des Landschaftscharakters

Die Berg- und Gebirgslandschaften der «Touristisch geprägte Berggebiete» zeichnet eine abwechslungsreiche Topographie aus. Sie reichen von den grossflächigen und vielgestaltigen Berglandschaften bis zu vegetationsarmen Hochgebirgslandschaften ausserhalb der Dauerbesiedlung, in denen vereinzelt Berghütten und Alpengebäude anzutreffen sind. Zudem gibt es Transportanlagen und Infrastrukturen wie Skilifte und Seilbahnen. Zahlreiche Täler werden für die Energieproduktion (Stauseen) genutzt (ARE/BAFU/ BFS 2011).

Abb. 16: Anteile vorwiegender Landschaftstypen der Landschaftstypologie Schweiz an der Charakterlandschaft «Touristisch geprägte Berggebiete» und seine Charakterisierung.

Wahrnehmung und Besonderheiten der Charakterlandschaft

Die Charakterlandschaft «Touristisch geprägte Berggebiete» zeichnet ein gepflegtes Orts- und Landschaftsbild aus, das insgesamt einen hohen Stimmungsgehalt bietet und deshalb für den Tourismus attraktiv ist. Bestehende Anlagen sind in Bezug auf den Natur- und Kulturraum respektvoll und sorgfältig erstellt und es zeigt sich eine ablesbare räumliche Konzentration und Begrenzung der Erschliessung (Rodewald et al. 2014).

Bestehende Empfehlungen zur Entwicklung der Charakterlandschaft

In den Berg- und Gebirgslandschaften sollen verstärkt Synergien zwischen Land- und Forstwirtschaft, Tourismus und Energiewirtschaft genutzt werden, ohne die Qualitäten der Landschaft und des Tourismus zu mindern (UVEK et al. 2012, S. 44; 95). Insbesondere für die Nutzung der erneuerbaren Energien soll deshalb eine überregionale räumliche Strategie erarbeitet und Standorte mit grosser Sorgfalt ausgewählt werden (UVEK et al. 2012, S. 95–97). Neben der Förderung des lokalen Bewusstseins für die Ressource Landschaft für den Tourismus, soll ein zu rascher Wandel vertrauter Orte sowie die Überprägung und Störung markanter Landschaftsansichten vermieden werden. Auf der anderen Seite soll aber auch die eigene Identität sichtbar gemacht und dieses Authentizitätserlebnis gefördert werden (Rodewald et al. 2014).

4.3.8 Berggebiete mit Infrastruktur



Sembrancher (VS)
Google (2013)



Valens, Pfäfers (SG)
Balázs Hornyák (2012)



Gotthardpass (TI)
Dennis Jakupovic (2016)

Abb. 17: Impressionen der Charakterlandschaft «Berggebiete mit Infrastruktur».

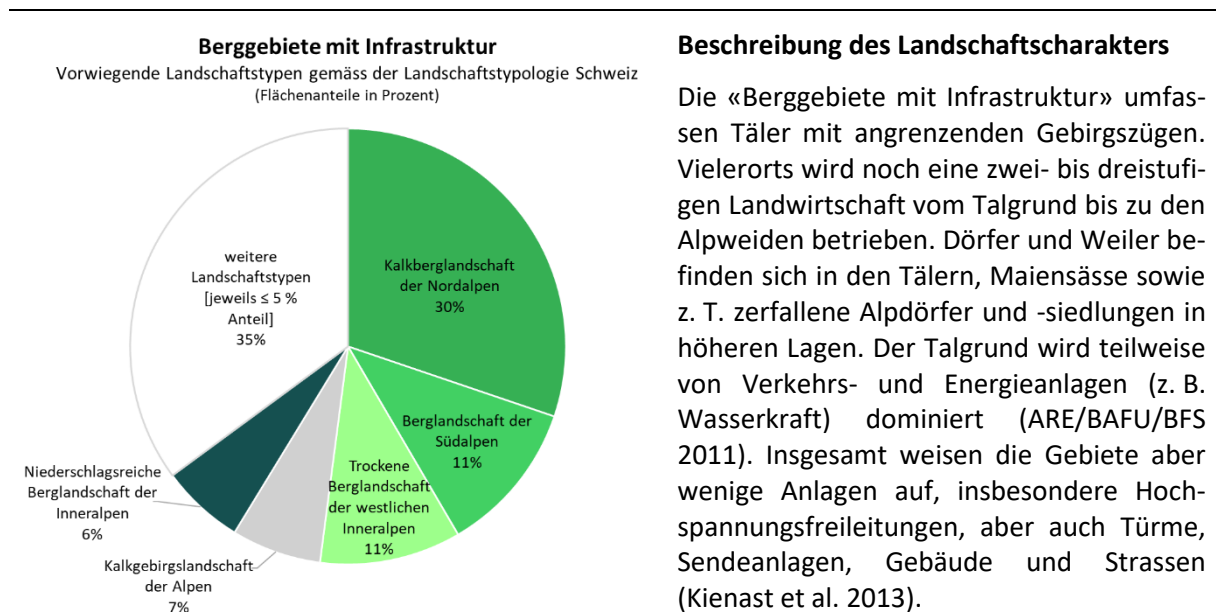


Abb. 18: Anteile vorwiegender Landschaftstypen der Landschaftstypologie Schweiz an der Charakterlandschaft «Berggebiete mit Infrastruktur» und seine Charakterisierung.

Wahrnehmung und Besonderheiten der Charakterlandschaft

Die Charakterlandschaft «Berggebiete mit Infrastruktur» zeichnet ein vielfältiges ästhetisches Erlebnis aus. Sie sind typische Wanderziele, die einen hohen Stimmungsgehalt aufweisen und die Erlebbarkeit naturnaher Landwirtschaft an der natürlichen Nutzungsgrenze ermöglichen. Stellenweise sind diese Landschaften auch geprägt durch die Rückeroberung der Natur. Die vergandenden ehemaligen Nutzflächen und Ruinen alter Bauten tragen zu einem hohen Gehalt an Mysteriosität bei (Rodewald et al. 2014).

Bestehende Empfehlungen zur Entwicklung der Charakterlandschaft

Alpine Räume sind teilweise von Stagnation und Abwanderung bedroht, sie verfügen jedoch auch über besondere Ressourcen und Qualitäten als Natur- und Kulturräume, für den Tourismus sowie für die Energieproduktion, die es behutsam zu nutzen gilt (UVEK et al. 2012, S. 89). In den Landschaften der «Berggebiete mit Infrastruktur» sollte darauf geachtet werden, dass die Authentizität erhalten bleibt und Umnutzungen und Interventionen ohne Lokalbezug vermieden werden. Insbesondere sollten Terraineingriffe sowie störende Neubauten und Zufahrtsstrassen in geomorphologisch wertvollen Räumen wie Alplandschaften und Maiensässen vermieden werden (Rodewald et al. 2014).

4.3.9 Andere Berggebiete



Cört du Sass, Lavizzara (TI)
Ulrike Wissen Hayek (2017)

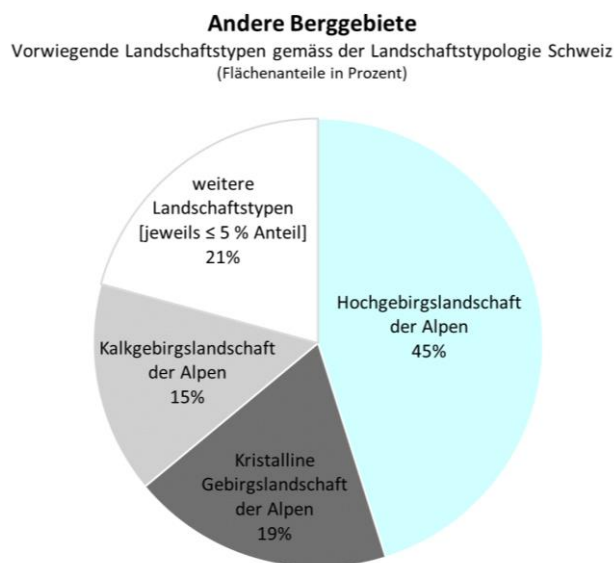


La Corde, Bex (VD)
Ric Hochet (2016)



Spielauer See, Sisikon (UR)
Uwe Häntsch (2009)

Abb. 19: Impressionen der Charakterlandschaft «Andere Berggebiete».



Beschreibung des Landschaftscharakters

Charakteristisch für die Landschaft der «Anderen Berggebiete» sind vegetationsarme Hochgebirgslandschaften sowie schroffe, steile Gebirgszüge und -stöcke. Natürliche Prozesse, die vielerorts ungehindert ablaufen, prägen die Landschaft. Sie befindet sich ausserhalb des Dauersiedlungsgebietes. Nur vereinzelt sind Alp- und Berghütten anzutreffen. (ARE/BAFU/BFS 2011). Darüber hinaus sind die «Anderen Berggebiete» weitgehend frei von Anlagen (vgl. Kienast et al. 2013).

Abb. 20: Anteile vorwiegender Landschaftstypen der Landschaftstypologie Schweiz an der Charakterlandschaft «Andere Berggebiete» und seine Charakterisierung.

Wahrnehmung und Besonderheiten der Charakterlandschaft

Die Landschaft in den «Anderen Berggebieten» bieten ein vielfältiges ästhetisches Erlebnis und sind typische Wanderziele. Sie bieten Ruhe, Abgeschiedenheit, Aussicht und ermöglichen das Erleben des Elementaren und der kargen, hochalpinen Weite und Offenheit. Durch das dünne Wegenetz lässt sich das «Durchstreifen» der Natur erleben. Teilweise verbuschen Flächen durch Aufgabe der landwirtschaftlichen Nutzung auf den Alpen (Rodewald et al. 2014).

Bestehende Empfehlungen zur Entwicklung der Charakterlandschaft

Die alpinen Räume verfügen über besondere Ressourcen und Qualitäten als Natur- und Kulturräume, für den Tourismus aber auch für die Energieproduktion, die es behutsam zu nutzen gilt (UVEK et al. 2012, S. 89). In den einzigartigen naturnahen Gebirgslandschaften der «Anderen Berggebiete» sollte darauf geachtet werden, dass der beeindruckende Natur- und Kulturraum erhalten bleibt. Die Erschliessung und Terraineingriffe durch Zufahrtsstrassen oder technische Anlagen sollten in den bisher überwiegend unberührten, geomorphologisch wertvollen Landschaften vermieden werden (Rodewald et al. 2014). Wenn Energieinfrastrukturen in die hochalpinen Landschaften integriert werden, müssen die Standorte sorgfältig ausgewählt werden (UVEK et al. 2012, S. 91; 93; 97).

4.3.10 Technisches Potenzial für die Wind- und Solarenergienutzung

Die Charakterlandschaften zeichnen sich durch unterschiedlich hohe technisch realisierbare Potenziale für die Nutzung von Wind- und Solarenergie aus (Abb. 21–23).

Für die technisch mögliche Windenergienutzung wurden alle Gebiete mit einer mittleren Windgeschwindigkeit von mehr als 4,0 m/s in 150 Meter über Grund ausgewählt (Windatlas Schweiz 2019, Auflösung 100 x 100 m; BFE 2019b). Es wurden nur Gebiete mit stabilem Boden und einer Neigung von weniger als 20 Prozent einbezogen und Seen, streng geschützte Natur- und Landschaftsschutzgebiete ausgeschlossen. Siedlungen wurden mit 300 Metern gepuffert. Die Zugänglichkeit wurde berücksichtigt, indem Flächen in mehr als 100 Meter Entfernung von einer über zwei Meter breiten Strasse, Eisenbahn oder übrigen Bahn ausgeschlossen wurden. Wälder wurden *nicht* ausgeschlossen. Anschliessend wurde die Gesamtfläche der Schweiz mit einer Hexagonstruktur überlagert. Jedes Hexagon mit einer Seitenlänge von 263 Metern (Egli et al. 2017) kann potenziell eine Windenergieanlage beherbergen. Kamen in einem Hexagon mehrere geeignete Rasterzellen mit genügend hohem Windpotenzial vor, wurde die ergiebigste Rasterzelle mit der höchsten mittleren Windgeschwindigkeit gewählt und als technisch potenzieller Standort ausgewiesen. Die Umrechnung von Windgeschwindigkeit zu Energie erfolgte mittels der Tabellen in <https://wind-data.ch/tools/powercalc.php> unter Annahme einer Vestas V112-3075 Anlage. Die auf diese Weise errechnete technisch realisierbare Energiemenge für Windkraft liegt für die ganze Schweiz bei ca. 70 TWh/Jahr, etwas höher als das in Meteotest (2012) ausgewiesene technische Potenzial.

Hinsichtlich der Solarenergienutzung wurden Potenziale für Photovoltaik auf Dächern und auf Freiflächen ermittelt. In der Schweiz werden PV-Anlagen auf Freiflächen (Landwirtschaftliche Flächen, Freiland, Randflächen und verbuschende Flächen) ausserhalb der Bauzone zurzeit in den meisten Fällen nicht bewilligt, da genügend Ausbaupotenzial auf existierenden Bauten und Anlagen besteht und sie nicht zu unterschätzende Auswirkungen auf Raum und Umwelt haben (ARE/BAFU/BFE/BLW 2012; SL 2013). Im angrenzenden Ausland sind grosse PV-Freiflächenanlagen hingegen bereits regelmässig zu sehen. Zudem gibt es Flächen (im Umfang von bis zu 40'000 ha), vor allem in den Alpen und im Jura, aber auch im Mittelland, die weniger attraktiv für die landwirtschaftliche Nutzung sind und mittel- bis langfristig aus der Nutzung fallen könnten (Price et al. 2015). Sie würden sich gegebenenfalls für eine Nutzung mit PV-Freiflächenanlagen eignen. Es ist daher nicht auszuschliessen, dass sich die gesellschaftliche Einstellung in Bezug auf diese Nutzung mit der Zeit ändert (Kienast et al. 2017). Aus diesen Gründen wurden im ENERGYSCAPE-Projekt nicht nur die Potenziale für PV auf Dächern und Fassaden, sondern auch die Potenziale für PV-Freiflächenanlagen betrachtet.

Für alle aktuellen Gebäude wurden die technisch realisierbaren Flächen aus dem Solarkataster (BFE 2019c) herangezogen und eine vollständige Nutzung aller Dächer mit einer Globalstrahlung von mehr als 1000 kWh/m²/Jahr angenommen. Unter den technischen Annahmen des Solarkatasters (BFE 2019c) ergibt dies rund 70 TWh/Jahr für die ganze Schweiz. Dies entspricht einem Wert zwischen dem wirtschaftlichen und technischen Potenzial von Swissolar (2017). Als Potenzialflächen für PV-Freiflächenanlagen wurden landwirtschaftliche Flächen, Autobahn- und Bahngrün, verbuschte Wiesen sowie Alpweiden mit stabilen Böden, in einer Entfernung von weniger als 100 Metern von einer mindestens zwei Meter breiten Strasse, Eisenbahn oder übrigen Bahn ausgewählt und streng geschützte Schutzgebiete ausgeschlossen. Die auf die geeigneten Flächen (Raster von 100 x 100 m) auftreffende Globalstrahlung nach Meteotest (2012) wurde mit 900 Sonnenstunden und einer Leistung von 0,7 MWp/ha multipliziert. Auf Basis dieser Definition ergibt sich pro Jahr ein Potenzial von rund 300 TWh, ein Wert der nicht mit Berechnungen anderer Stellen überprüft werden kann.

Abbildung 21 zeigt die Energiepotenziale für alle Charakterlandschaften. Die Charakterlandschaften «Landwirtschaftlich geprägtes Flachland», «Jura» und «Voralpen» weisen die grössten technisch realisierbaren Potenziale für die Windenergienutzung auf. Auch in den anderen Charakterlandschaften sind entsprechende Potenzialflächen vorhanden. Bezüglich der Potenziale für die Solarenergienutzung sticht vor allem das flächenmässig grösste Potenzial für PV-Anlagen auf Dächern in der Charakterland-

schaft «Siedlungsgeprägtes Flachland» und den «Kernstädten» hervor. Auch in der Charakterlandschaft «Landwirtschaftlich geprägtes Flachland» besteht ein beachtliches Potenzial. Die in den Berggebieten sehr begrenzten Potenziale sind zu erklären durch die in der Berechnung recht restriktiven Bedingungen bezüglich Erschliessung. Unberücksichtigt bleibt bei den Windenergiepotenzialen, ob die geeigneten Rasterzellen auch einen Windpark ermöglichen, also räumlich zusammenhängen und ein Potenzial für mehrere Anlagen aufweisen, oder sich räumlich isoliert im Raum befinden.

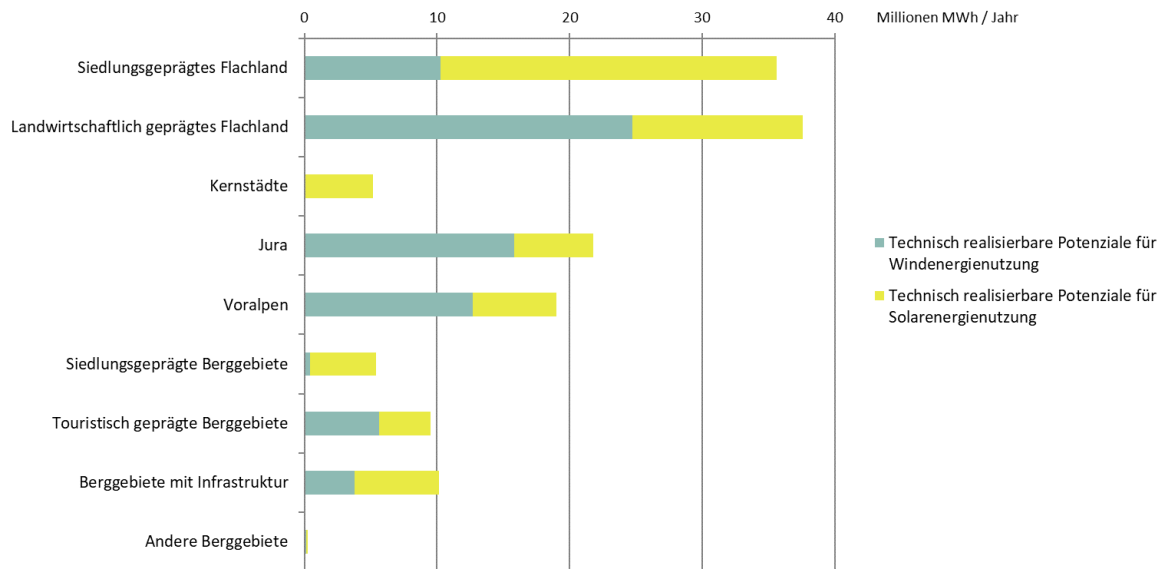


Abb. 21: Technisch realisierbare Potenziale für Wind- und Solarenergienutzung in den Charakterlandschaften in MWh pro Jahr.

In welchen Charakterlandschaften ist nun die Energieausbeute pro Quadratkilometer technisch-potenziell am grössten? Dazu gibt Abbildung 22 Auskunft. Bezüglich PV überragen die Kernstädte die anderen urbanisierten Gebiete, da ihre Dachdichte sehr hoch ist. Bezüglich «Wind» schneidet das «Landwirtschaftlich geprägte Flachland» wegen seiner gut erreichbaren Standorte am besten ab, ebenso der «Jura» und die «Voralpen».

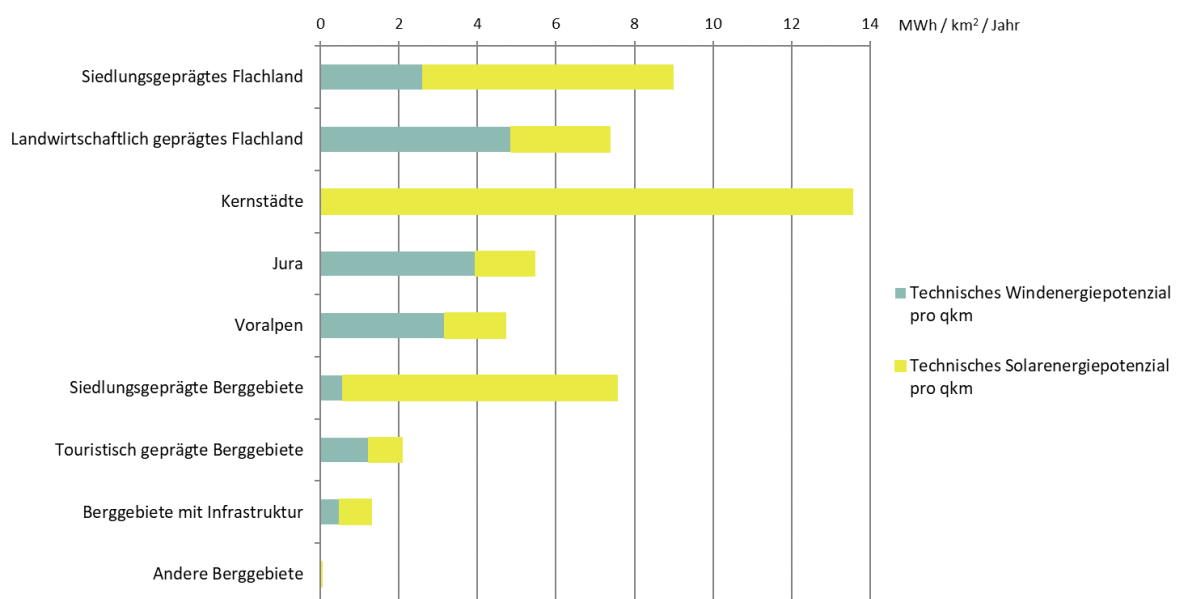


Abb. 22: Technisches Energiepotenzial pro km² in den Charakterlandschaften in MWh pro Jahr.

Für PV auf Freiflächen bietet Abbildung 23 eine Übersicht der möglichen Potenziale. Wegen der Erreichbarkeitskriterien (100 m zu Bahn oder Strasse breiter als 2 m) scheiden viele verbuschende Flächen in den Berglandschaften aus. Die Charakterlandschaften mit dem höchsten Potenzial sind – wegen der grossen Landwirtschaftsflächen – das «Siedlungsgeprägtes Flachland» und das «Landwirtschaftlich geprägtes Flachland». Aber auch «Jura», «Voralpen» und zu einem kleineren Teil die «Berggebiete mit Infrastruktur» könnten Flächen beitragen.

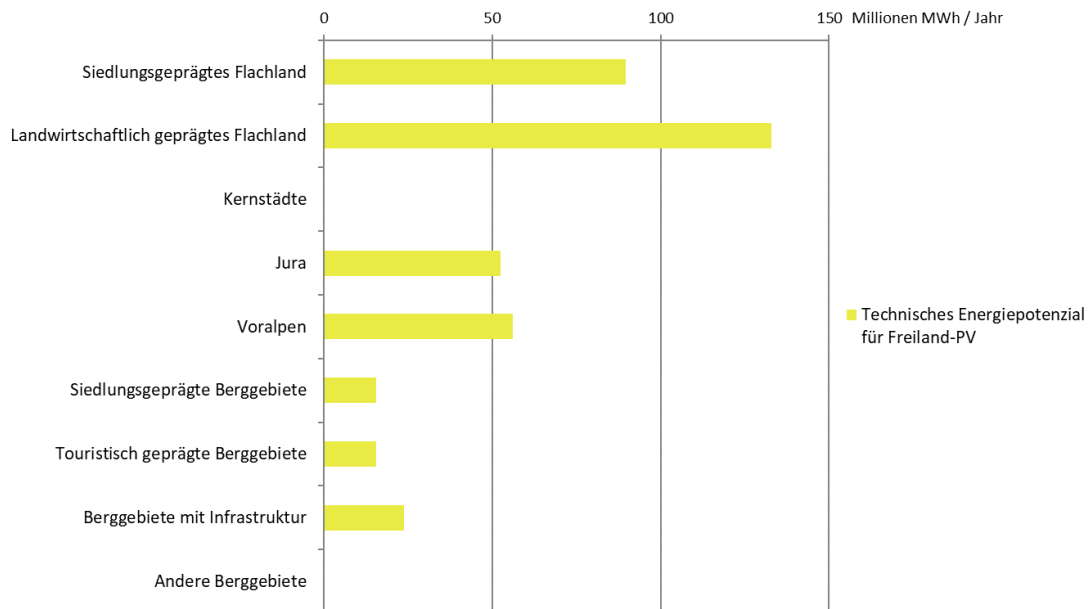


Abb. 23: Technisches Energiepotenzial für Freiland-PV in den Charakterlandschaften in MWh pro Jahr.

4.4 Technologischer Fortschritt

Die gesellschaftlichen Beurteilungen von Landschaftsveränderungen durch Anlagen erneuerbarer Energien beruhen im Projekt ENERGYSCAPE auf dem aktuellen Stand der Technik. «Aktueller Stand» meint dabei Energieanlagen, die zum heutigen Zeitpunkt im grossen Massstab verwendet werden. Zum Beispiel weisen in der Schweiz heute übliche Windenergieanlagen eine Nennleistung von 2 bis 3 MW, eine Nabenhöhen von rund 80 bis 120 Meter und einen Rotordurchmesser von rund 100 Meter auf (Suisse Eole 2019). Bei der Solarenergienutzung auf Dächern sind in der Schweiz heute in der Regel dunkelblaue Photovoltaik-Module aus Silizium zu sehen. Neue technologische Entwicklungen können das Erscheinungsbild der Energieanlagen verändern und damit neue Beurteilungen ihrer landschaftlichen Auswirkungen erfordern.

Bei der Windenergienutzung sind verschiedene technologische Entwicklungen erkennbar (vgl. Watson et al. 2019 für einen Überblick). Ein Beispiel sind «Windstäbe», die aus elektromagnetischen Hüllen bestehen, in denen Strom mit oszillierenden Stäben erzeugt wird. Eine andere Technologie nutzt sogenannte «Kites» oder Drohnen, die durch eine oder mehrere Leinen mit dem Boden verbunden sind. Beide Technologien sind jedoch heute noch nicht ausgereift. Weiter entwickelt sind Windturbinen mit vielen Rotoren (multi-rotor systems) oder mit Diffusern (diffuser augmented wind turbine), die voraussichtlich in 5 bis 6 Jahren zum Einsatz kommen könnten (Watson et al. 2019).

Auch bei der Solarenergienutzung sind neue Technologien in Entwicklung. «Organische Solarzellen» (organic solar cells) und «farbstoffsensibilisierte Solarzellen» (Dye-sensitized solar cells) weisen zurzeit den höchsten Entwicklungsstand auf (Moro et al. 2018; Shubbak 2019). Sie können relativ kostengünstige, (semi-)transparente Solarzellen liefern, allerdings aktuell nur mit einem tiefen Wirkungsgrad. Eine neuere Entwicklung sind «Perowskit-Solarzellen» (perovskite), die kristallines Material zur Umwandlung von Sonnenlicht in elektrische Energie nutzen und bereits einen Wirkungsgrad von ca. 24 bis 28 Prozent aufweisen (Shubbak 2019; Grätzel et al. 2019; Chergui et al. 2019). Damit erreichen sie einen ähnlichen hohen Wirkungsgrad wie zurzeit gängige monokristalline Silizium-Solarmodule (Swissolar/Häberlin 2010). Die neuen Entwicklungen versprechen Solarzellen, die visuell kaum mehr in Erscheinung treten. Sie sind jedoch noch nicht serienreif. Aktuelle Entwicklungen hinsichtlich gebäudeintegrierter Photovoltaik demonstrieren aber, wie auch heute schon eine ästhetische Dach- und Fassadengestaltung mit gängigen Solarzellen oder individuell angefertigten Solarmodulen möglich ist (EnergieSchweiz 2019; Perret-Aebi et al. 2019; Rey 2019).

5 Visualisierung von Landschaftsszenarien mit Anlagen erneuerbarer Energien

Die ausgewählten Standorte (Vistas) der sieben Charakterlandschaften (vgl. Kap. 4.2) wurden mit Hilfe von 3D-Visualisierungen möglichst realitätsnah veranschaulicht. Die virtuellen Darstellungen der Charakterlandschaften beruhen auf Laser Scanning Daten, die aus der Luft und am Boden aufgenommen wurden. Terrestrisches Laserscanning (TLS) lieferte dichte Punktwolken der physischen Oberflächen, die ein realistisches dreidimensionales Bild der Landschaft wiedergeben. Im Grafikprogramm Cinema 4D (MAXON 2018) wurden die Daten zusammengefügt und mit Objekten von Windenergie- und Photovoltaikanlagen ergänzt (Spielhofer et al. 2017; Wissen Hayek et al. 2019). Mit einem sogenannten Soundfield-Mikrofon wurden zudem die Umgebungsgeräusche an den Standorten in den jeweiligen Landschaften aufgenommen. Die Aufnahmen wurden anschliessend zu stimmigen, charakteristischen Geräuschsequenzen abgemischt und in Videos mit den virtuellen Landschaften verknüpft (Wissen Hayek et al. 2018). Um sicherzustellen, dass die Simulationen für den Einsatz in der Präferenzstudie geeignet sind, wurde zudem in verschiedenen Experimenten die Wahrnehmung der audio-visuellen Landschaften getestet (Wissen Hayek et al. 2018; 2019).



Abb. 24: 3D-Visualisierungsansatz basierend auf einer Kombination von Höhenmodellen, Orthophotos, LiDAR-Daten und 3D-Objekten. (Renderings: R. Spielhofer & U. Wissen Hayek 2018; Collage: R. Sonderegger 2018)

Anschliessend wurden unterschiedliche Szenarien von Windenergie- und Photovoltaik-Anlagen sowie Hochspannungsfreileitungen in diese virtuellen Landschaften integriert. Hierzu wurden für Wind- und Solarenergie je drei verschiedene Szenarien mit unterschiedlicher Anzahl Windenergieanlagen (WEA) beziehungsweise Kollektorenfläche definiert – niedrig (LOW): 3 WEA, 4500 m² PV-Anlagen; mittel (MEDIUM): 6 WEA, 9000 m² PV-Anlagen; hoch (HIGH) 10 WEA, 18000 m² PV-Anlagen. Hochspannungsfreileitungen waren entweder vorhanden oder nicht. Eine Auswahl an Szenarien gibt Abb. 25 wieder.

Charakterlandschaft
Siedlungsgeprägtes Flachland
 (PLAT_URB)



Szenario LOW



Szenario HIGH



Landwirtschaftlich gepr. Flachland
 (PLAT_AGR)



Jura
 (JURA)



Voralpen
 (PRE_ALPS)



Siedlungsgeprägte Berggebiete
 (ALP_URB)



Touristisch geprägte Berggebiete
 (ALP_TOUR)



Andere Berggebiete
 (ALP)



Abb. 25: Auf 3D-Punktwolken basierende Visualisierung von zwei Szenarien mit einer Kombination von wenigen (LOW) und vielen (HIGH) Windenergie- und Photovoltaik-Anlagen in den sieben Charakterlandschaften.

Die Festlegung der Anzahl Windenergieanlagen beziehungsweise des Ausmasses der Kollektorenfläche erfolgte in einem gestuften Verfahren. Für die Platzierung von Windenergieanlagen an den jeweiligen Vista-Standorten wurde basieren auf einer GIS-Analyse ein möglicher Windpark gestaltet [Windgeschwindigkeit > 4,5 m/s auf 100 m über Boden (BFE 2018c), technisch notwendige Abstände zwischen

den Windenergieanlagen sowie gesetzlich vorgeschriebene Abstände zu Siedlung, Strassen, Hochspannungsleitungen und Wald]. Zusammen mit Windenergieexperten und –expertinnen wurde schliesslich festgelegt, dass im niedrigen Szenario (LOW) drei Windenergieanlagen zu sehen sein sollen, weil in einigen Kantonen dies die Mindestgrösse für Windparks darstellt (z. B. Kanton Bern, Amt für Gemeinden und Raumordnung 2018). Als hohes Szenario (HIGH) wurden zehn Windenergieanlagen bestimmt, was zurzeit eine realistische Anzahl für grössere Windparks in der Schweiz ist. Zehn Anlagen konnten in allen «Vistas» plausibel platziert werden, obwohl einige der visualisierten Standorte von der Topographie her geringere Potenziale für die Nutzung der Windenergie aufweisen. Als mittleres Szenario (MEDIUM) wurde eine Anzahl von sechs Windenergieanlagen bestimmt, was einer Verdoppelung der Anlagenzahl des niedrigen Szenarios entspricht. Es wurden keine Extremszenarien entwickelt, sondern der Fokus bewusst auf heute diskutierte Grössen von Windparks in der Schweiz gelegt. Die Modelle der Windenergieanlagen in den Szenarien weisen eine Nabenhöhe von 117 Metern, eine Rotorblattlänge von 60 Metern und 120 Meter Rotordurchmesser auf. Windenergieanlagen dieser Grösse (z. B. Vestas V126, 3,5 MW) sind gut geeignet für die im internationalen Vergleich eher schwachen bis mässigen Windverhältnisse in der Schweiz.

PV-Anlagen wurden auf den Betrachtenden zugewandten Dächern und Fassaden dargestellt, so dass die Ausrichtung der PV-Anlagen in den Szenen insgesamt plausibel erscheint. Es wurde ein Mix aus Aufdachsystemen, Aufständerung und vollintegrierten Solarmodulen visualisiert, da diese Formen zurzeit in der Praxis verwendet werden. In Zukunft werden auf Dächern und Fassaden vermutlich überwiegend vollintegrierte Systeme eingesetzt, die visuell nicht auffallen (vgl. Kap. 4.4). Um PV-Anlagen in die Untersuchung der vorliegenden Studie einzubeziehen, mussten sie jedoch deutlich sichtbar sein. Das bedeutet auch, dass die Szenarien hinsichtlich der Landschaftsästhetik hinter dem heute technologisch Möglichen zurückgeblieben sind. Sie widerspiegeln die aktuell in der Landschaft sichtbare Technologie.

Für die Platzierung von PV-Freiflächenanlagen in den Vistas (vgl. Kap. 4.3.10) wurden die GIS-Daten der räumlichen Potenziale für PV-Anlagen auf landwirtschaftlichen Flächen sowie auf verbuschenden Flächen verwendet (Segura Morán al. 2014) beziehungsweise plausible Flächen (z. B. steilere Hänge mit Wiesen) im jeweiligen Landschaftsszenarium gesucht. Visualisiert wurden die PV-Freiflächenanlagen als ebenerdig aufgestellte, mit einer Unterkonstruktion abgewinkelte Kollektorenflächen. Bei der Charakterlandschaft «Landwirtschaftlich geprägtes Flachland» wurden hingegen sogenannte Agro-PV-Anlagen dargestellt, die Freiflächenanlagen mit landwirtschaftlicher Produktion kombinieren (Rösch 2016). Diese neuen Formen von PV-Anlagen werden zurzeit in Deutschland, Frankreich, Italien, Japan und Chile erfolgreich getestet und erforscht (<http://www.agrophotovoltaik.de>). Im niedrigen Szenario (LOW) wurden in den meisten Vistas der Charakterlandschaften keine PV-Freiflächenanlagen platziert. In den Szenarien für die Charakterlandschaften «Touristisch geprägte Berggebiete» und «Andere Berggebiete» war dies jedoch nicht zu vermeiden, da in diesen Fällen die PV-Szenarien vor allem aus Freiflächenanlagen bestehen.

Damit die visuelle Intensität je Szenario in allen Charakterlandschaften gleich ausfiel, wurde in einem zweiten Schritt die Veränderung an Pixeln zwischen dem Ist-Zustand und dem jeweiligen Szenario berechnet. Dies wurde mit je einem eigenen Ansatz für Windenergie- (Rosenholtz et al. 2007; Brahm und Peters 2012; Torkler und Zeidler 2013) und für PV-Anlagen (Torres-Sibille et al. 2009) durchgeführt. Basierend auf den Ergebnissen in den einzelnen Landschaftsszenen der «Vistas» wurden die Windenergie- und PV-Anlagen in mehreren Iterationen so verschoben, bis das Verhältnis der veränderten Pixel für jedes Szenario zwischen den Charakterlandschaften insgesamt vergleichbar war. Dank dieser systematischen Variation lassen sich Unterschiede in der Wahrnehmung und den Beurteilungen auf die Charakterlandschaft beziehungsweise die Intensität der Energieinfrastruktur zurückführen. Dies ermöglicht, die Auswirkung der Energieinfrastrukturen auf das Landschaftsbild der einzelnen Landschaften gezielt zu untersuchen.

6 Messen der gesellschaftlichen Präferenzen für Landschaftsentwicklungen durch Anlagen erneuerbarer Energien

6.1 Gesellschaftliche Akzeptanz von Anlagen erneuerbarer Energien aus landschaftlicher Perspektive

Die wahrgenommenen Veränderungen des Landschaftsbildes und der damit verbundenen Leistungen sind einer der Hauptgründe für den Widerstand der Bevölkerung gegen Projekte erneuerbarer Energien (Scognamiglio 2016; Torres-Sibille et al. 2009). Landschaft ist dabei das räumliche und kulturelle Medium für die Wahrnehmung der Bereitstellung erneuerbarer Energien. Die soziale Akzeptanz von Anlagen erneuerbarer Energien wird daher auch durch die Akzeptanz einer spezifischen veränderten Landschaft bestimmt (Scognamiglio 2016: 629). Aus diesem Grund wird im Projekt ENERGYSCAPE systematisch gemessen, wie die Bevölkerung in der Schweiz Landschaftsszenarien mit solchen Energieanlagen wahrnimmt und bewertet.

Die Beurteilung der untersuchten Landschaftsszenarien lässt sich durch die Charakteristiken der Landschaft und die Wahrnehmung ihrer Struktur, durch physiologische Reaktionen auf das Landschaftsbild sowie durch Bedeutungszuweisungen zur Landschaft und zu Infrastrukturen erneuerbarer Energien erklären. Die Beurteilungen sind dabei relativ, da sie auf dem Vergleich der im Projekt gezeigten Szenarien basieren.

Mit den Projektergebnissen soll die gesellschaftliche Akzeptanz der Auswirkungen von Anlagen erneuerbarer Energien auf verschiedene Landschaften reflektiert werden. Diese «landschaftsbezogene Akzeptanz», das heisst, die Beurteilung von Szenarien verschiedener Landschaften mit unterschiedlichen Anlagen erneuerbarer Energien, ist nur ein Aspekt der sozialen Akzeptanz von Installationen erneuerbarer Energien, die ein politisches Konzept mit weiteren Dimensionen ist (Devine-Wright 2007; van der Horst 2007; Wolsink 2007b; Bronfman et al. 2012; Tabi & Wüstenhagen 2015; Hübner et al. 2013; Cohen et al. 2014; Hastik et al. 2015; Kienast et al. 2017; Stadelmann-Steffen et al. 2018). Wie erwähnt stellen die Beurteilungen von Anlagen erneuerbarer Energien in der Landschaft jedoch einen bedeutenden Treiber für die Akzeptanz dieser Infrastrukturen dar (Scognamiglio 2016; Wolsink, 2007a, 2007b; Jones & Eiser 2010). Diese landschaftliche Perspektive der sozialen Akzeptanz wird heute bei Projekten erneuerbarer Energien oft unzureichend berücksichtigt. Die auf den Ergebnissen von ENERGYSCAPE basierenden Empfehlungen können helfen, die gesellschaftliche Wahrnehmung der Landschaft und die Bewertung ihrer Veränderung durch Anlagen erneuerbarer Energien besser zu verstehen und bei Planungsprozessen zu beachten.

6.2 Präferenzstudie

Die gesellschaftlichen Beurteilungen wurden in einem Laborexperiment und mit einer Online-Befragung erfasst. 1065 Personen in der Schweiz nahmen an der Online-Studie teil. Davon füllten 844 Teilnehmende den Fragebogen der Studie vollständig und sachgemäss aus. Sie beurteilten dabei mögliche Kombinationen verschiedener Typen von Energieinfrastrukturen in den sieben untersuchten Charakterlandschaften. Die Antworten sind repräsentativ nach Sprache, Geschlecht, Alter, Bildung und Charakterlandschaft für die Schweizer Bevölkerung.

140 Probanden beteiligten sich am Laborexperiment der Studie. Dabei wurde die physiologische Reaktion auf die Landschaftsszenarien gemessen und das ästhetische Gefallen der Szenarien erfasst. 105 der Teilnehmenden zählen zur Gruppe der jungen, gut ausgebildeten Erwachsenen in der Schweiz (18–44 Jahre alt; Höhere Berufsausbildung oder Hochschule).

Die Ergebnisse des Fragebogens und des Laborexperiments ergänzen einander und helfen, die gesellschaftlichen Beurteilungen der untersuchten Landschaftsszenarien mit Infrastrukturen erneuerbarer Energien umfassender zu beleuchten und zu verstehen (Abb. 26). In den folgenden Kapiteln werden das Laborexperiment und die Online-Befragung weiter erläutert.

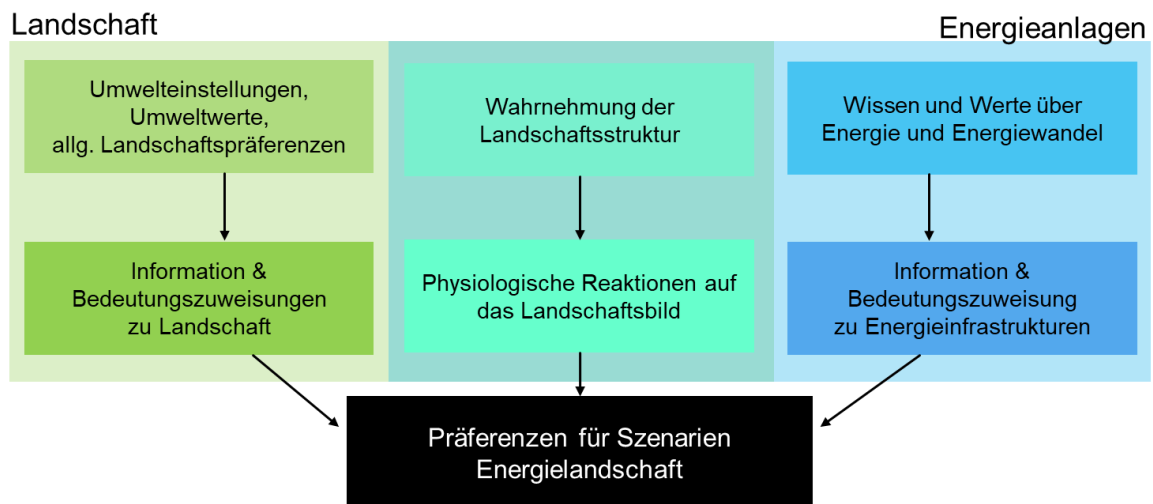


Abb. 26: Konzeptionelles Modell der Einflüsse verschiedener Aspekte auf die Beurteilung von Landschaftsentwicklungen durch Anlagen erneuerbarer Energien.

6.2.1 Laborexperiment: Studiendesign

Das Laborexperiment wurde im Juli und August 2018 sowohl an der ETH Zürich als auch im Laboratorium Luzern¹ durchgeführt. Insgesamt nahmen an der ETH Zürich 105 Probanden teil (19–47 Jahre alt, Ø 23,5; 53 % männlich, 47 % weiblich; 70 % mit Hochschulabschluss, 26 % mit Matura) und in Luzern 35 Probanden (26–76 Jahre alt, Ø 47; 60 % männlich, 40 % weiblich; 71 % mit Hochschulabschluss, 11 % mit höherem Fachhochschulabschluss). Der weitaus überwiegende Anteil der Studienteilnehmenden gab an, in der Charakterlandschaft «Siedlungsgeprägtes Flachland» zu wohnen.

Im Experiment wurden für die sieben Charakterlandschaften zwei Szenarien mit einer Kombination von wenigen (LOW) und vielen (HIGH) Windenergie- und Photovoltaik-Anlagen untersucht (vgl. Abb. 25). Den Teilnehmenden wurden je drei Szenario-Paare [zwei Szenarien mit wenigen Anlagen (LOW), zwei mit vielen Anlagen (HIGH) und ein Paar mit einem HIGH- und einem LOW-Szenario] zufällig zugewiesen, wobei jede Charakterlandschaft nur einmal zu sehen war. Während die Studienteilnehmenden die sechs Landschaftsszenen betrachteten, wurde im ersten Teil des Experiments die Veränderung der Hautleitfähigkeit mittels Sensoren an ihren Fingern gemessen (Abb. 27 und Abb. 28). Mit diesen nicht bewusst beeinflussbaren physiologischen Reaktionen (Bradley & Lang 2007) wurde gemessen, wie die Landschaftsszenen emotional wahrgenommen wurden.

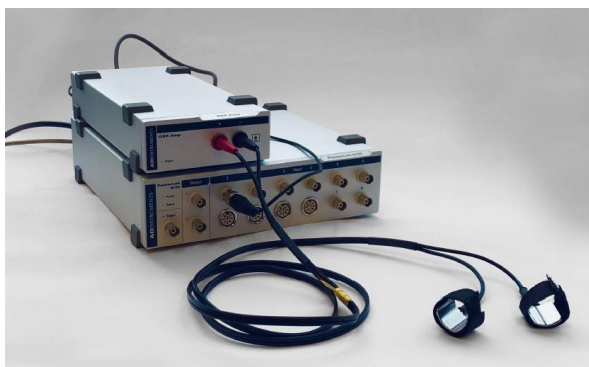


Abb. 27: ADInstruments Powerlab 8/35 und GSR Amp mit angeschlossenen Sensoren. (Bild: Jens Fischer 2019)



Abb. 28: Sensoren zur Messung der Hautleitfähigkeit an den Fingern der linken Hand. (Bilder: Jens Fischer 2019)

Gleichzeitig wurden die Studienteilnehmenden gefragt, welche Landschaftsszene der jeweils gezeigten Paare ihnen besser gefällt. Mittels einer Nummernblock-Tastatur teilten sie ihre Beurteilung durch

¹ https://www.laboratorium-luzern.com/presenting_lab

Drücken entweder einer «Pfeiltaste nach links» für die erste Landschaft oder einer «Pfeiltaste nach rechts» für die zweite Landschaft mit.

Im zweiten Teil des Experiments bewerteten die Teilnehmenden ihre Wahrnehmung des Landschaftsbilds der gezeigten Szenarien bezüglich vier Grundqualitäten der Landschaft, die auf zentralen Konzepten der Theorie der Informationsverarbeitung beruhen: Komplexität, Kohärenz, Mysteriosität und Lesbarkeit (Kienast et al. 2013; vgl. Abb. 29). Zum Schluss beantworteten sie Fragen zur Einstellung bezüglich Klimawandel, Umwelt, erneuerbaren Energien sowie weiteren sozio-demographischen Aspekten.



Abb. 29: Vier Grundqualitäten der Landschaft: Zentrale Konzepte der Theorie der Informationsverarbeitung. (Abbildung basierend auf Kienast et al. 2013: 43).

Um die Landschaftsszenarien möglichst realitätsnah erleben zu können, wurden die akustischen Bedingungen und die Lichtverhältnisse optimiert. Für die Wiedergabe diente das Mobile Visuell-Akustische Labor «MVAL», eine transportable Aluminiumkonstruktion (5 m x 5 m x 2,5 m) mit geräuschabsorbierenden Vorhängen als Wände und Decke. Am Durchführungsort in Luzern musste zur Verbesserung der Akustik der harte Boden zusätzlich mit Teppichfliesen abgedeckt werden. Drei Projektoren (Epson, EH-TW6700) projizierten die Simulationen der Szenarien als Panoramen auf eine dreiteilige, gekrümmte Leinwand (Links und Rechts: 2,70 m b. x 2 m h.; Mitte: 2,6 m b. x 2 m h). Die aufbereiteten Umgebungsgeräusche wurden mit einem System aus fünf Lautsprechern (Focal, CMS 50) wiedergegeben, die über ein multi-channel Audio Interface (MOTU, HD192) mit dem Desktop-Computer (Intel Core i5-6500, 3.2 GHz, 16GB RAM, GeForce GTX 970 OC, Windows 10) verbunden waren. Die Messung der Hautleitfähigkeit erfolgte bei 1 kHz mit dem Gerät Powerlab 8/35 und einem galvanischen Hautreaktionsverstärker (GSR Amp) sowie Fingerelektroden (konstante Niederspannung und 75 Hz als Erregung, befestigt mit Klettband) von ADInstruments (www.adinstruments.com). Die elektrodermale Aktivität wurden mit der Software LabChart (www.adinstruments.com/products/labchart) aufgezeichnet.



Abb. 30: Laborexperiment: Situation im Mobilen Visuell-Akustischen Labor «MVAL».

Um alle Daten (elektrodermale Aktivität, Entscheide und Bewertungen) synchronisiert mit den jeweils gezeigten audio-visuellen Simulationen aufzunehmen und abzuspeichern, wurde die Rahmenstruktur «Experiments in Virtual Environments» (EVE) verwendet (Grübel et al. 2017). Diese Struktur umfasste: (1) Einen Editor, der in der kostenlosen Version der Game Engine Unity 3D (www.unity3d.com; verwendete Version: 2017.1.1) läuft, mit (2) einer Schnittstelle für die physiologische Datenerfassung mit Power Lab von ADInstruments (www.adinstruments.com). (3) Die statistische Programmiersprache R Version 3.4.2 (www.r-project.org) zusammen mit mehreren R-Paketen, die den Datenbankzugriff verwalten, und (4) eine MySQL-Datenbank zum Speichern der Beurteilungen, Auswahlmöglichkeiten und Antworten auf Fragen entsprechend dem Zeitpunkt der einzelnen Ereignisse, das heisst, dem jeweiligen Szenario oder der angezeigten Frage. Die Daten wurden anschliessend aufbereitet und statistisch ausgewertet.

6.2.2 Online-Befragung: Studiendesign

Basierend auf Literaturrecherchen und Workshops mit Expertengruppen wurde ein Erhebungskonzept für die Online-Befragung entwickelt (Abb. 31). Dieses besteht aus zwei Teilen: Der erste Teil des Fragebogens beinhaltet konzeptionelle Fragestellungen, während der zweite Teil zwei Entscheidungsmodelle beinhaltet (Module 10 und 11).

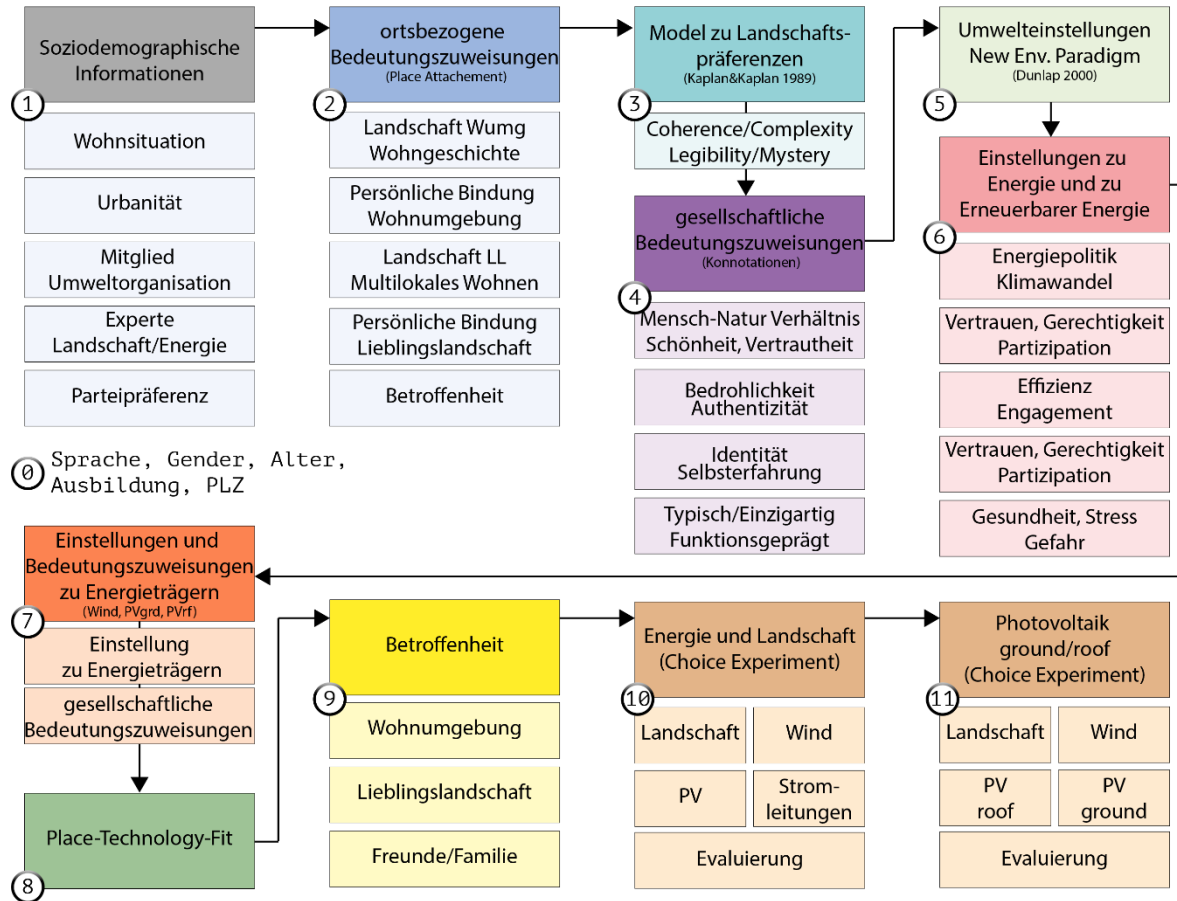


Abb. 31. Erhebungskonzept für die Online-Befragung.

Im ersten Teil der Online-Befragung (Abb. 31, Modul 1–9) wurden mehrere Konzepte zu Landschaft und zu Infrastrukturen zur Produktion erneuerbarer Energie implementiert, z. B.

- wie Menschen an Alltags-/Erholungslandschaften gebunden sind (Lewicka 2011; Bonaiuto et al. 1999; 2003; Ströbele und Hunziker 2015; Kienast et al. 2013),
- wie Menschen Landschaften verarbeiten (Informationsverarbeitungstheorie von Kaplan und Kaplan 1989),
- welche Bedeutung Menschen den Landschaften beimessen (Rodewald 2001; Meier und Bucher 2010; Stremlo und Sidler 2002),
- Umwelteinstellungen der Menschen (Dunlap und Van Liere 2008; Hawcroft und Milfont 2010; Díaz et al. 2017),
- Einstellungen und Bedeutungen, die Menschen Energie im Allgemeinen und Infrastrukturen zur Produktion Erneuerbarer Energie im Speziellen zuweisen (Ntanos et al. 2018; Devine-Wright und Batel 2013, 2017; Heras-Saizarbitoria et al. 2011; Wolsink 2000),
- persönliche Betroffenheit von der Entwicklung von Anlagen erneuerbarer Energien (Hunziker et al. 2001; Bontadina et al. 2001) und
- Soziodemographie.

Neben der angeführten Literatur wurde in Projektworkshops mit Expertengruppen und in internen Entwicklungsprozessen ein wesentlicher Beitrag zu diesen Konzepten geleistet.

Im zweiten Teil der Umfrage wurde ein Entscheidungsexperiment (Choice Experiment) durchgeführt. Das ursprüngliche Entscheidungsexperiment basiert auf einem Multi-Nominal-Logit-Modell (MNL). Ein MNL-Modell ist ein Regressionsmodell, das verwendet wird, um die Wahrscheinlichkeiten diskreter (also zählbarer) Ergebnisse basierend auf einer Reihe von unabhängigen Variablen vorherzusagen (Olschewski 2013). Diese unabhängigen Variablen werden als Attribute bezeichnet, zu denen in dieser Befragung «Landschaft» (LS), «Wind» (W), «Photovoltaik» (PV) und «Hochspannungsfreileitungen» (Power Lines, PL) gehören.

Die Attribute «Wind» und «Photovoltaik» haben vier Ausprägungen [keine (NO), niedrige (MIN), mittlere (MED) und hohe (MAX) Anzahl an Infrastrukturen], während das Attribut «Hochspannungsfreileitungen» aus zwei Ausprägungen (vorhanden (YES)/nicht vorhanden (NO)) besteht (Abb. 32; vgl. auch Kap. 5). Das Attribut «Landschaft» besteht aus den sieben im Projekt gemeinsam mit den Expertinnen und Experten ausgewählten Charakterlandschaften (vgl. Kap. 4.2).



Abb. 32: Ausprägungen der Attribute Landschaft (LS), Wind, Photovoltaik (PV) und Hochspannungsfreileitungen (Power Lines, PL), aus deren Kombination die Szenarien für die Auswahloptionen entwickelt wurden.

Alle vier Attribute und ihre jeweiligen Ausprägungen wurden zu generischen Szenarien kombiniert und je zwei Szenarien wurden den Befragten jeweils als Auswahloption präsentiert. Die Zuordnung der Szenarien zu den Auswahloptionen wurde durch das Design des Entscheidungsexperiments bestimmt. Huber und Zwerina (1996) zeigen vier prinzipielle Wege auf, um ein effizientes Entscheidungsexperiment zu erreichen: Maximale Unkorreliertheit der Attribute (orthogonality), zahlenmässige Ausgewogenheit ihrer Ausprägungen (level balance), minimale Überschneidung der Ausprägungen (minimal overlap) und möglichst gleiche Nutzwerte der Szenarien einer Auswahloption (utility balance). Da es nicht möglich ist, alle Prinzipien zu erfüllen, wurde für das Entscheidungsexperiment der Umfrage die Shortcut-Methode gewählt, die eine minimale Überlappung gewährleistet (Sawtooth 2017, S.16). Das bedeutet: Um die Szenarien in jeder Auswahlentscheidung so unterschiedlich wie möglich zu halten, wird jede Option durch die Wahl von Attributausprägungen gebildet, die in früheren Optionen am seltensten verwendet wurden (Olschewski et al. 2012).

Für die Studie standen insgesamt 224 theoretische Landschaftsszenarien zur Verfügung. Das Entscheidungsmodell wurde mit NGENE (v.1.2.0) berechnet, einer führenden Software für das experimentelle Design von Entscheidungsexperimenten. Dies führte zu einem Design, bei dem jeder Befragte aus 15 aufeinanderfolgenden Auswahloptionen eines von zwei Szenarien auswählen musste (vgl. Abb. 33). Die zu beantwortende Frage war: «Wenn Sie sich zwischen folgenden Szenarien entscheiden müssten, welche Entscheidung würden Sie treffen?» Um den Realismus in der Entscheidungssituation zu erhöhen, schlagen Louviere et al. (2000, S. 13–36) vor, die Option «Keine Auswahl» aufzunehmen, die in der Online-Befragung als «KEINES: Ich kann mich nicht entscheiden» angegeben wurde.

Die Umfrage wurde mit der Software Sawtooth (Sawtooth 2017) erstellt. Sie wurde als eine für die Schweizer Bevölkerung nach Sprache, Geschlecht, Alter, Bildung und Charakterlandschaft national repräsentative Online-Panel-Befragung durchgeführt. Die Teilnehmenden wurden vom Meinungsforschungsinstitut BILENDI (www.bilendi.de) aus einem Pool registrierter Probanden mit unterschiedlichen Profilen (Alter, Geschlecht, Wohnort usw.) rekrutiert, die sich bereit erklärt haben, wiederholt an Online-Studien teilzunehmen.

Eine erste Befragung von 116 Personen erfolgte im Oktober/November 2018. Diese Vorstudie diente hauptsächlich dazu, die in der Entwicklung des Designs verwendete Vorinformation zu den Koeffizientenwerten β_n (priors) zu schätzen und zu verifizieren. Die Hauptbefragung war von Ende November 2018 bis März 2019 online. Insgesamt wurden $n=1065$ Befragungen vollständig abgeschlossen. Über die Hälfte der Teilnehmenden benötigten für die Beantwortung der Befragung mindestens 49 Minuten. 221 (20,75%) Teilnehmende erfüllten die Qualitätskriterien nicht (minimale Gesamtzeit für die Beantwortung der Befragung; Zeitaufwand im Entscheidungsmodell pro Auswahlaufgabe; Sicherheit und Kontinuität in der Beantwortung pro Modul). Die Antworten der verbleibenden qualifizierten Befragten ($n=844$) wurden mit IBM SPSS Statistics (V 25), R (www.r-project.org) und Lighthouse Studio (v.9.5.3, Sawtooth Software) verarbeitet und ausgewertet.

WSL

Wenn Sie sich zwischen folgenden Szenarien entscheiden müssten, welche Entscheidung würden Sie treffen?

Um Details der einzelnen Szenarien besser erkennen zu können, nutzen Sie die Möglichkeit der Zoomfunktion (Mausklick).

Szenario 1



Select

Szenario 2



Select

KEINES: Ich kann mich nicht entscheiden.

Select

Zurück
Weiter

Abb. 33: Beispiel einer Auswahloption mit zwei Szenarien und der Option «KEINES: Ich kann mich nicht entscheiden».

7 Resultate und Schlussfolgerungen

7.1 Beurteilung von Landschaftsentwicklungen durch Anlagen erneuerbarer Energien

7.1.1 Online-Befragung: Beurteilung verschiedener Szenarien in den Charakterlandschaften

Die Ergebnisse der Online-Befragung illustrieren, welche Entwicklungen die repräsentative Stichprobe der Schweizer Bevölkerung im Vergleich der sieben Charakterlandschaften bevorzugt. Die Teilnehmenden mussten sich jeweils zwischen zwei Szenarien entscheiden beziehungsweise «kein Entscheid» angeben. Abbildung 4 zeigt den Grad der positiven beziehungsweise negativen Bewertung (Anteil der Präferenzen) für 32 verschiedene Szenarien in sieben Charakterlandschaften mit unterschiedlichen Kombinationen von Windenergie- (WIND) und Photovoltaikanlagen (PV) sowie Hochspannungsfreileitungen (PL) in verschiedenen Mengen (MIN=niedrig, MED=mittel, MAX=hoch; PL YES/NO=vorhanden/nicht vorhanden; vgl. Kap. 5). Darüber hinaus liefert sie eine aggregierte Gesamtbeurteilung, die der Summe der Beurteilungen aller Szenarien pro Charakterlandschaft entspricht.

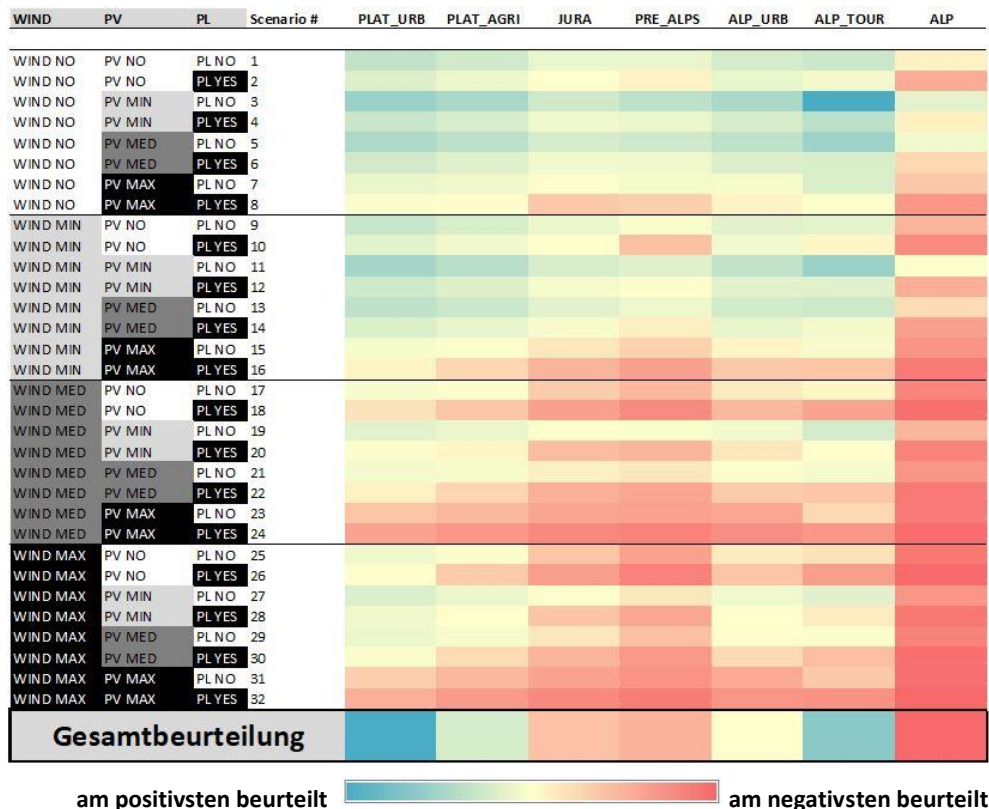


Abb. 34: Zustimmung zu Landschaftsentwicklungsszenarien: Grad der positiven beziehungsweise negativen Bewertung der verschiedenen Szenarien in den sieben Charakterlandschaften. Getroffenes Urteil auf die Frage: «Für welches Bild entscheiden Sie sich?»

Im Vergleich aller Charakterlandschaften werden Entwicklungen durch Anlagen erneuerbarer Energien von der repräsentativen Stichprobe der Schweizer Bevölkerung im «Siedlungsgeprägten Flachland» (PLAT_URB) deutlich besser bewertet, gefolgt von den «Touristisch geprägten Berggebieten» (ALP_TOUR).

In den «Anderen Berggebieten» (ALP) sind die Anlagen erneuerbarer Energien hingegen klar unerwünscht. Auch in den Charakterlandschaften «Jura» (JURA) und «Voralpen» (PRE_ALPS) werden solche Entwicklungen eher nicht gewünscht. Die Charakterlandschaften «Landwirtschaftlich geprägtes Flachland» (PLAT_AGR) und «Siedlungsgeprägte Berggebiete» (ALP_URB) rangieren im mittleren Präferenzbereich.

Es scheint, dass die Bevölkerung in der Schweiz Landschaften wie «Jura», «Voralpen» und «Landwirtschaftlich geprägtes Flachland», die sie als «traditionell» oder «naturnah» einschätzen, vor Entwicklungen durch Anlagen erneuerbarer Energien schützen möchten. Diese Schutzreaktion wird auch in den alpinen Gebieten ausgelöst, wird doch eine Entwicklung durch Infrastrukturen erneuerbarer Energien in den «Siedlungsgeprägten Berggebieten» (ALP_URB) negativer bewertet als im «Siedlungsgeprägten Flachland» (PLAT_URB). Der Wunsch nach Schutz scheint beim «Landwirtschaftlich geprägten Flachland» und bei den «Siedlungsgeprägten Berggebieten» weniger ausgeprägt zu sein als in den Landschaften, die für die Erholung und den Tourismus bedeutender sind. Landschaftsentwicklungen durch die untersuchten Energieanlagen sind also insgesamt eher in Gebieten erwünscht, die durch andere Infrastrukturen bereits «vorbelastet» sind.

7.1.2 Online-Befragung: Beurteilung von Entwicklungen durch verschiedene Energieinfrastrukturen

Die in der Online-Befragung getroffenen Entscheide für die unterschiedlichen Szenarien zeigen auch, wie stark die einzelnen Energieinfrastrukturen bevorzugt werden. Abbildung 5 präsentiert den Grad der positiven beziehungsweise negativen Beurteilung für 32 verschiedene Szenarien mit unterschiedlichen Kombinationen von Windenergie- (WIND) und Photovoltaikanlagen (PV) sowie Hochspannungsfreileitungen (PL) sortiert nach der Höhe der Zustimmung (Präferenzanteil).

WIND	PV	PL	Scenario #	Ranking
-	PV MIN	-	3	am positivsten beurteilt
-	PV MED	-	5	
WIND MIN	PV MIN	-	11	
WIND MIN	PV MED	-	13	
-	-	-	1	
-	PV MIN	PL YES	4	
-	PV MED	PL YES	6	
WIND MIN	-	-	9	
WIND MIN	PV MIN	PL YES	12	
WIND MED	PV MIN	-	19	
WIND MIN	PV MED	PL YES	14	
-	PV MAX	-	7	
WIND MAX	PV MIN	-	27	
-	-	PL YES	2	
WIND MIN	-	PL YES	10	
WIND MED	PV MED	-	21	
WIND MAX	PV MED	-	29	
WIND MIN	PV MAX	-	15	
-	PV MAX	PL YES	8	
WIND MED	-	-	17	
WIND MAX	PV MIN	PL YES	28	
WIND MAX	-	-	25	
WIND MED	PV MIN	PL YES	20	
WIND MAX	PV MED	PL YES	30	
WIND MIN	PV MAX	PL YES	16	
WIND MED	PV MED	PL YES	22	
WIND MAX	-	PL YES	26	
WIND MED	PV MAX	-	23	
WIND MED	-	PL YES	18	
WIND MAX	PV MAX	-	31	
WIND MED	PV MAX	PL YES	24	
WIND MAX	PV MAX	PL YES	32	am negativsten beurteilt

Abb. 35: Zustimmung zu Energieinfrastrukturen und Kombinationen davon: Grad der positiven beziehungsweise negativen Beurteilung für die einzelnen Energieinfrastrukturen und für verschiedene Kombinationen davon. Diese Bewertung ist landschaftsunabhängig.

Für die Realisierung von Infrastrukturen erneuerbarer Energien zieht demnach die repräsentative Stichprobe der Schweizer Bevölkerung vor allem Landschaftsentwicklungen vor, die mit einem niedrigen bis mittleren Anteil an PV-Anlagen auskommen. Auch eine Kombination dieser Szenarien mit einem niedrigen Anteil an Windenergieanlagen wird immer noch besser als oder sehr ähnlich beurteilt wie ein Szenario ohne Energieinfrastrukturen (Szenario #1). Hingegen werden Szenarien, die mehrheitlich Freiflächen-PV-Anlagen beinhalten, mit zunehmender Zahl der Anlagen immer schlechter bewertet.

Am wenigsten gewünscht werden Szenarien, die einen mittleren bis hohen Anteil an Windenergieanlagen, einen hohen Anteil an PV-Anlagen inklusive Freiflächenanlagen und Hochspannungsfreileitungen beinhalten (Szenarien #24 und #32). Grundsätzlich werden Szenarien mit Windenergieanlagen umso stärker abgelehnt, je mehr Turbinen sichtbar sind, Szenarien mit sechs oder zehn Windenergieanlagen

sehr viel stärker als Szenarien ohne oder mit drei Windenergieanlagen. Sind Windenergieanlagen mit PV-Anlagen kombiniert, fällt die Beurteilung etwas besser aus als für die vergleichbaren Szenarien ohne PV-Infrastrukturen.

Im Vergleich der drei Energieinfrastrukturen finden Hochspannungsfreileitungen die geringste Akzeptanz. Sind Freileitungen jedoch mit einem niedrigen oder mittleren Anteil an PV-Anlagen kombiniert (Szenarien #4 und #6), finden sie mehr Anklang als Freileitungen alleine oder Kombinationen von Freileitungen mit wenigen Windenergieanlagen. In den Charakterlandschaften «Siedlungsgeprägtes Flachland» (PLAT_URB), «Landwirtschaftlich geprägtes Flachland» (PLAT_AGR), «Jura» (JURA) und «Touristisch geprägte Berggebiete» (ALP_TOUR) werden Freileitungen in Kombination mit wenigen Windenergie- und wenigen PV-Anlagen (Szenario #12) ähnlich oder sogar leicht positiver beurteilt als Szenarien, die nur Freileitungen aufweisen.

Ein weiterer Vergleich, wie Szenarien mit nur Windenergieanlagen beziehungsweise nur Freileitungen beurteilt werden, veranschaulicht deren Einfluss auf das Präferenzurteil. Das Szenario, in dem nur wenige Windenergieanlagen zu sehen sind (Szenario #9), wird bei allen Charakterlandschaften ausser den «anderen Berggebieten» (ALP) signifikant positiver beurteilt als das Szenario, in dem nur Freileitungen zu sehen sind (Szenario #2). Zudem wird das Szenario mit wenigen Windenergieanlagen (Szenario #9) in allen Charakterlandschaften besser bewertet als eine Kombination von Freileitungen mit wenigen Windenergieanlagen (Szenario #10). Zum Vergleich: Das Szenario nur mit Freileitungen (Szenario #2) wird nur in den «Voralpen» (PRE_ALPS) und den Berggebietslandschaften («Siedlungsgeprägte Berggebiete», ALP_URB; «Touristisch geprägte Berggebiete», ALP_TOUR; «Andere Berggebiete», ALP) signifikant besser bewertet als das Szenario mit einer Kombination von Freileitungen mit wenigen Windenergieanlagen (Szenario #10). Insgesamt deuten die Resultate darauf hin, dass einige Charakterlandschaften mit Freileitungen, in denen weitere Energienutzungen erkennbar sind, teilweise ähnlich oder besser beurteilt werden als ohne diese Nutzungen. Grundsätzlich werden die Freileitungen von der repräsentativen Stichprobe der Schweizer Bevölkerung jedoch eher abgelehnt.

7.1.3 Laborexperiment: Beurteilung von Landschaftsentwicklungen durch eine Kombination von Anlagen erneuerbarer Energien

Die im Labor erfassten Beurteilungen geben wieder, wie gut den Teilnehmenden die jeweilige Landschaft mit einer Kombination von wenigen (LOW) oder vielen (HIGH) Windenergie- und PV-Anlagen im Vergleich zu den anderen Charakterlandschaften gefallen hat (Abb. 36).

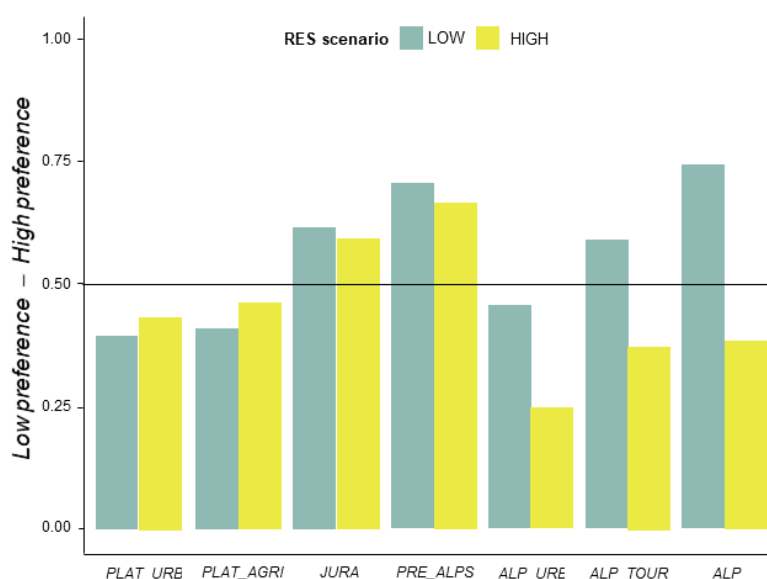


Abb. 36: Beurteilung der Charakterlandschaften mit unterschiedlichen Kombinationen von Anlagen der Gewinnung erneuerbarer Energie: Gemessene Bevorzugung im Laborexperiment (n=105; Gruppe der jungen, gut ausgebildeten Erwachsenen) für die sieben Charakterlandschaften mit einer Kombination weniger (LOW) und vieler (HIGH) Windenergie- und PV-Anlagen. Getroffene Wahl auf die Frage: «Welches Bild gefällt besser?»

Die Szenarien mit wenigen Energieinfrastrukturen gefallen generell besser als jene mit vielen Anlagen, vor allem in den alpinen Landschaften – «Siedlungsgeprägte Berggebiete» (ALP_URB), «Touristisch geprägte Berggebiete» (ALP_TOUR) und «Andere Berggebiete» (ALP). Insbesondere in Letzterer ist der Unterschied zwischen den beiden Szenarien sehr gross.

In den Charakterlandschaften «Siedlungsgeprägtes Flachland» (PLAT_URB) und «Landwirtschaftlich geprägtes Flachland» (PLAT_AGRI) scheint die Bewertung der Landschaft unabhängig zu sein von der Menge an Energieinfrastrukturen. Beide Landschaften sprechen eher weniger an, unabhängig davon welches Szenario gezeigt wird. Gleiches gilt für die Charakterlandschaften «Jura» (JURA) und «Voralpen» (PRE_ALPS), die grundsätzlich mehr Gefallen finden.

7.1.4 Validierung durch Online-Befragung: Beurteilungen der Untergruppe der jungen, gut ausgebildeten Erwachsenen in der Schweiz im Vergleich zur Gesamt-Stichprobe

Die Teilnehmenden des Laborexperiments (n=105) repräsentieren die Gruppe der jungen, gut ausgebildeten Erwachsenen in der Schweiz. Es wurde geprüft, wie gut die Ergebnisse aus dem Laborexperiment mit denen der Online-Befragung zusammen ausgewertet werden können. Hierzu wurden die Ergebnisse der Online-Befragung für eine Untergruppe der jungen, gut ausgebildeten Erwachsenen (n=98; 18-34 Jahre alt; Höhere Berufsausbildung oder Hochschule) mit jenen aller Befragten verglichen (n=844) (Abb. 37).

Beurteilung repräsentativ für die Gesamtbevölkerung der Schweiz (n=844)

WIND	PV	PL	Szenario #	PLAT_URB	PLAT_AGRI	JURA	PRE_ALPS	ALP_URB	ALP_TOUR	ALP
WIND MIN	PV MIN	PL NO	11							
WIND MAX	PV MAX	PL NO	31							
Gesamtbeurteilung										

Beurteilung der Gruppe der jungen, gut ausgebildeten Erwachsenen in der Schweiz (n=98)

WIND	PV	PL	Szenario #	PLAT_URB	PLAT_AGRI	JURA	PRE_ALPS	ALP_URB	ALP_TOUR	ALP
WIND MIN	PV MIN	PL NO	11							
WIND MAX	PV MAX	PL NO	31							
Gesamtbeurteilung										

am positivsten beurteilt  am negativsten beurteilt

Abb. 37: Vergleich der Landschaftsbewertung junger, gut ausgebildeter Erwachsener mit der Gesamtbevölkerung für zwei Szenarien der Ausstattung mit Energieinfrastrukturen: Grad der positiven beziehungsweise negativen Beurteilung aller Teilnehmenden der Online-Befragung (repräsentativ für die Schweiz) und der Gruppe der jungen, gut ausgebildeten Erwachsenen in der Schweiz für die Szenarien mit einer Kombination von wenigen (LOW; Szenario # 11) und vielen (HIGH; Szenario # 31) Windenergie- und PV-Anlagen in den sieben Charakterlandschaften sowie die aggregierte Gesamtbeurteilung der Charakterlandschaften hinsichtlich einer Entwicklung mit Anlagen erneuerbarer Energien.

Sowohl die Gesamtheit aller Befragten als auch die Untergruppe junger, gut ausgebildeter Erwachsener bewerten die beiden Szenarien (LOW/HIGH) nach demselben Grundmuster. In allen Charakterlandschaften findet das Szenario mit wenigen Infrastrukturen deutlich mehr Anklang als das Szenario mit vielen Infrastrukturen.

Übereinstimmung zwischen den beiden Gruppen herrscht auch in Bezug auf die Skepsis gegenüber Infrastrukturen erneuerbarer Energie in der Charakterlandschaft «Andere Berggebiete» (ALP) und der Bevorzugung der beiden Charakterlandschaften «Siedlungsgeprägtes Flachland» (PLAT_URB) und «Touristisch geprägte Berggebiete» (ALP_TOUR) für eine solche Entwicklung vor (vgl. Gesamtbeurteilung in Abb. 37). Die jungen, gut ausgebildeten Erwachsenen lehnen Entwicklungen durch Anlagen erneuerbarer Energien in den «Anderen Berggebieten» (ALP) etwas stärker ab als die repräsentative Stichprobe der Schweizer Bevölkerung. Ebenso ziehen sie – im Gegensatz zur Gesamt-Stichprobe – entsprechende Landschaftsentwicklungen im «Touristisch geprägten Berggebiet» (ALP_TOUR) gegenüber solchen im «Siedlungsgeprägten Flachland» (PLAT_URB) etwas stärker vor.

Ähnliche Beurteilungen zeigen die beiden Gruppen in Bezug auf das «Landwirtschaftlich geprägte Flachland» (PLAT_AGRI), bei den Charakterlandschaften «Jura» (JURA), «Voralpen» (PRE_ALPS) und

«Siedlungsgeprägte Berggebiete» (ALP_URB) unterscheidet sich die Rangfolge in der Gesamtbeurteilung. Die jungen, gut ausgebildeten Erwachsenen bewerten Entwicklungen durch wenige Energieanlagen im «Jura» (JURA) ähnlich wie im «Landwirtschaftlich geprägten Flachland» (PLAT_AGR), hingegen begrüßen sie solche Entwicklungen in den «Siedlungsgeprägten Berggebieten» (ALP_URB) weniger als die repräsentative Stichprobe der Schweizer Bevölkerung.

Insgesamt zeigen sich die jungen, gut ausgebildeten Erwachsenen etwas extremer in ihrer Beurteilung der Landschaftsszenarien. Es liegt der Schluss nahe, dass sie Berggebiete, die ihnen «unberührte Natur» beispielsweise zur Erholung bieten, schützen wollen. Darin kann auch ein Grund liegen für die tiefe Bewertung von Entwicklungen durch Anlagen erneuerbarer Energien in den «Siedlungsgeprägten Berggebieten» (ALP_URB) und den «Voralpen» (PRE_ALPS). Die im Vergleich zur repräsentativen Stichprobe der Schweizer Bevölkerung positivere Bewertung von Entwicklungen durch Infrastrukturen erneuerbarer Energien im «Jura» lässt sich allenfalls auch damit erklären, dass die jungen, gut ausgebildeten Erwachsenen wissen, dass Windenergieproduktion im Jura aus technischer Sicht sinnvoll ist.

Trotz der identifizierten Unterschiede bewerten die beiden Gruppen die Szenarien grundsätzlich in vergleichbarer Weise. In diesem Sinne lassen sich auch die im Labor gemessenen physiologischen Reaktionen extrapolieren, die die jungen, gut ausgebildeten Erwachsenen auf die Landschaftsveränderungen gezeigt haben.

7.2 Einfluss der Landschaft auf die Beurteilung der Landschaftsentwicklungen durch Anlagen erneuerbarer Energien

7.2.1 Laborexperiment: Physiologische Reaktion auf Landschaftsszenarien mit Anlagen erneuerbarer Energien

Emotionale Reaktionen führen zu messbaren physiologischen Reaktionen. Die Veränderung der Hautleitfähigkeit (elektrodermale Aktivität) stellt einen gesicherten Hinweis für die Stärke der Erregung oder Aufmerksamkeit dar (Bradley & Lang 2007). Solche physiologischen Reaktionen sind nicht bewusst beeinflussbar, weshalb mit ihnen die emotionale Wahrnehmung der Landschaft gemessen werden kann (Ulrich 1986).

Im Laborexperiment wurde mittels Sensoren an den Fingern der Teilnehmenden die Veränderung der Hautleitfähigkeit gemessen. Die Ergebnisse zeigen signifikante Muster in der physiologischen Reaktion auf die Menge an Infrastrukturen zur Gewinnung erneuerbarer Energien in den einzelnen Landschaften (Abb. 38). Beim Betrachten der Landschaften mit vielen Anlagen war die Hautleitfähigkeit der Teilnehmenden in der Regel höher als beim Betrachten der Landschaften mit wenigen. Die Landschaftsszenarien mit einer Kombination vieler Windenergie- und PV-Anlagen lösen bei den Teilnehmenden eine stärkere emotionale Erregung aus als Szenarien mit wenigen Anlagen.

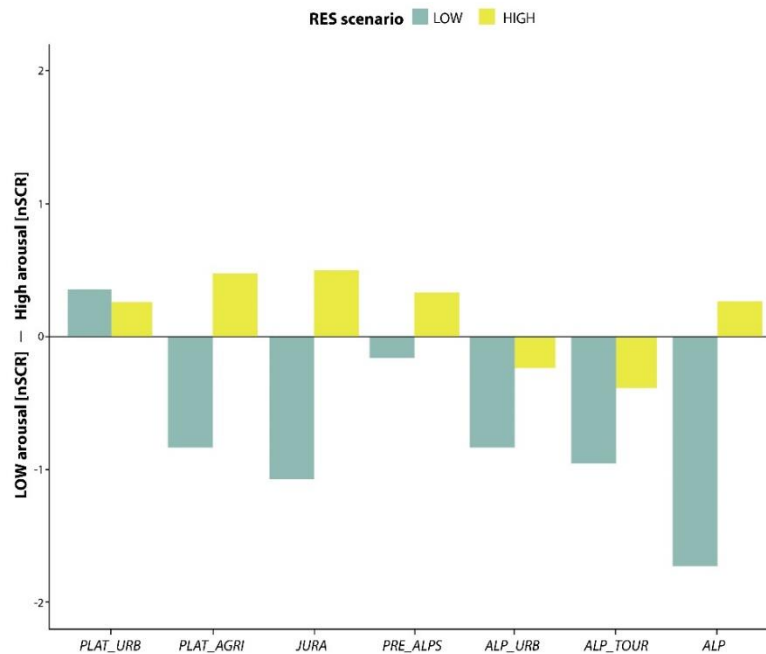


Abb. 38: Emotionale Reaktion auf Landschaftsveränderungen durch Infrastrukturen zur Gewinnung erneuerbarer Energie: Mittlere Anzahl der Hautleitfähigkeitsreaktionen (number of Skin Conductance Responses, nSCR) während des Betrachtens der Landschaftsszenarien mit wenigen (LOW) und mit vielen (HIGH) Windenergie- und PV-Anlagen (n=105; Gruppe der jungen, gut ausgebildeten Erwachsenen).

Insbesondere in naturnahen Landschaften wie «Andere Berggebiete» (ALP) und «Jura» (JURA) reagierten die Testpersonen sensibler bezüglich der Menge an Energieanlagen als in siedlungsgeprägten Landschaften. Dies zeigt sich an den signifikanten Unterschieden zwischen den Szenarien für «Andere Berggebiete» und «Jura».

Im Gegensatz dazu unterscheiden sich die physiologischen Reaktionen auf die beiden Szenarien in Bezug auf die Charakterlandschaft «Siedlungsgeprägtes Flachland» (PLAT_URB) kaum; bei beiden Szenarien ist die Erregung vergleichsweise hoch. Auch in diesem Fall sind die Ergebnisse signifikant: In der Charakterlandschaft «Siedlungsgeprägtes Flachland» (PLAT_URB) scheinen zusätzliche Infrastrukturen keine weiteren emotionalen Reaktionen bei den Betrachtern auszulösen.

7.2.2 Zusammenhänge zwischen der physiologischen Reaktion und den Beurteilungen

Die physiologische Reaktion ist «nur» ein Indikator für die Stärke der Aufmerksamkeit (Critchley 2002). Zwischen der emotionalen Erregung beziehungsweise der Stärke der Aufmerksamkeit und einer positiven oder negativen Wahrnehmung besteht also kein direkter Bezug (Bradley & Lang 2007). Die Landschaftswahrnehmung lässt sich jedoch zusammen mit dem Grad der positiven beziehungsweise negativen Beurteilung der gezeigten Szenarien besser verstehen. Um dies zu veranschaulichen, wurden die Werte der Beurteilungen sowie der physiologischen Reaktion für das Szenario mit wenigen (LOW) und mit vielen Energieanlagen (HIGH) normiert. Die daraus gewonnenen relativen Werte wurden auf einer Skala von 0 und 1 aufgetragen und die Werte der jeweiligen Messgrösse – Beurteilung in der Online-Befragung bzw. im Laborexperiment sowie die physiologische Reaktion – für jede Charakterlandschaft für die beiden Szenarien mit einer Linie verbunden (Abb. 39). Die Werte repräsentieren die Bewertungen und Reaktionen der jungen, gut ausgebildeten Erwachsenen in der Schweiz.

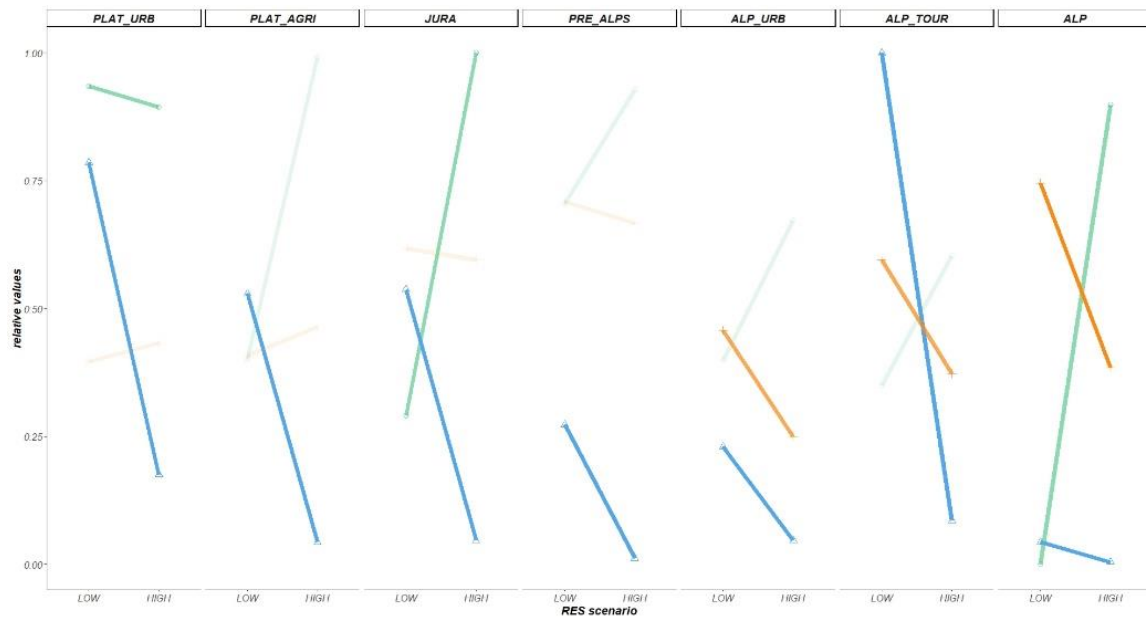


Abb. 39: Vergleich der Bewertung der Landschaftsveränderungen und der entsprechenden physiologischen Reaktionen: Gradienten der Beurteilungen der Szenarien LOW (jeweils links) und HIGH (jeweils rechts) der jungen, gut ausgebildeten Erwachsenen in der **Online-Befragung (blau)** und dem **Laborexperiment (orange)** sowie der gemessenen **physiologischen Reaktion (grün)** für die sieben Charakterlandschaften. Die verblassten Linien sind statistisch nicht signifikante Gradienten.

Für die Charakterlandschaft «Andere Berggebiete» (ALP; ganz rechts) erlauben die Gradienten der Szenarien-Bewertung (Online-Befragung und Laborexperiment) und der emotionalen Reaktionen eine relativ klare Interpretation. Die Beurteilungen der Szenarien mit wenigen und mit vielen Anlagen erneuerbarer Energien in dieser Landschaft unterscheiden sich signifikant; das Szenario mit vielen Anlagen wird jeweils negativer bewertet (blauer und oranger Gradient fallen ab). Zudem ist die emotionale Reaktion signifikant höher beim Szenario mit vielen Anlagen (grüner Gradient steigt stark an). Das heisst, in der Landschaft «Andere Berggebiete» (ALP) werden Anlagen erneuerbarer Energien als «nicht passend» angesehen (blauer Gradient ist auf sehr niedrigem Niveau, d.h., die Szenarien werden sehr negativ beurteilt); je mehr von ihnen sichtbar sind, desto stärker erregen sie die Aufmerksamkeit (grüner Gradient steigt stark an) und desto «unpassender» werden sie eingeschätzt (blauer Gradient sinkt auf noch tieferes Niveau). Dies scheint auch durch die Stärke der Veränderung des Landschaftsbilds beeinflusst zu werden: Die Charakterlandschaft «Andere Berggebiete» (ALP) mit vielen Anlagen erneuerbarer Energien gefällt signifikant weniger als mit wenigen Anlagen (oranger Gradient fällt stark ab). Ähnliche Muster in den Gradienten für alle drei Messgrössen sind für die Charakterlandschaften «Siedlungsgeprägte Berggebiete» (ALP_URB) und «Touristisch geprägte Berggebiete» (ALP_TOUR) zu sehen. Hier sind jedoch die Unterschiede bei den Gradienten für die emotionale Reaktion statistisch nicht signifikant.

Auch im «Jura» (JURA) ist ein Szenario mit einer grossen Anzahl an Windenergie- und PV-Anlagen sehr negativ beurteilt (blauer Gradient fällt stark ab) und erregt eine starke Aufmerksamkeit (grüner Gradient steigt stark an). Hingegen gefiel die Landschaft grundsätzlich mit beiden Szenarien relativ gut (oranger Gradient bleibt auf hohem Niveau). Für die «Voralpen» zeigt sich ein ähnliches Muster, obschon statistisch nicht signifikant. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass der «Jura» (JURA) und die «Voralpen» (PRE_ALPS) als schöne traditionelle Kulturlandschaften wahrgenommen und bewertet werden, in denen eine hohe Anzahl an Infrastrukturen der Gewinnung erneuerbarer Energie nicht ins tradierte Landschaftsbild passt.

In der Charakterlandschaft «Siedlungsgeprägtes Flachland» (PLAT_URB) erregen – im Vergleich zu den anderen Landschaften – beide Szenarien eine hohe Aufmerksamkeit (grüner Gradient auf sehr hohem Niveau). Das Szenario mit wenigen Anlagen erneuerbarer Energien wird in dieser Charakterlandschaft jedoch deutlich dem Szenario mit vielen Anlagen vorgezogen (blauer Gradient fällt stark ab).

7.2.3 Laborexperiment: Einfluss der wahrgenommenen Landschaftsstruktur auf die Beurteilungen

Die Bewertung der Szenarien hängt vom jeweiligen Landschaftskontext ab, werden doch Szenarien mit wenigen (LOW) und mit vielen (HIGH) Windenergie- und PV-Anlagen in den sieben Charakterlandschaften unterschiedlich beurteilt (s. Kap. 7.1.1 und Kap. 7.1.3).

Der Charakter der sieben Landschaften ergibt sich aus den physischen Eigenschaften und der kulturell geprägten Wahrnehmung. Die wahrgenommene Landschaftsstruktur und die Bedeutungen, die die Bevölkerung den Landschaften zuweist, beeinflussen die Beurteilungen der Landschaftsentwicklungen durch Anlagen erneuerbarer Energien. Mit Indikatoren für die Landschaftsstruktur lassen sich grundlegende Qualitäten der physischen Eigenschaften der Landschaft erfassen (vgl. Kienast et al. 2013). Abbildung 40 zeigt die Veränderung der visuellen Qualität bezüglich der wahrgenommenen Kohärenz für die Szenarien mit wenigen und mit vielen Anlagen erneuerbarer Energien in den sieben Charakterlandschaften. Die «Kohärenz» ist dabei ein Mass dafür, wie stimmig das Landschaftsbild aufgrund der vorherrschenden Strukturen und Muster wahrgenommen wird (Kienast et al. 2013).

Wie sich zeigt, hat die Menge an Anlagen grosse Auswirkungen auf die wahrgenommene Landschaftsstruktur. In allen Charakterlandschaften unterscheidet sich die wahrgenommene Kohärenz stark zwischen den Szenarien mit wenigen (LOW) und mit vielen (HIGH) Anlagen. Interessanterweise wird das Landschaftsbild mit wenigen Windenergie- und PV-Anlagen in fast allen Charakterlandschaften als kohärenter wahrgenommen als ohne. Durch das Hinzufügen weniger Anlagen kann also sogar eine Verbesserung der visuellen Landschaftsstruktur erreicht werden. Wird hingegen eine grosse Anzahl an Anlagen sichtbar, verringert sich die wahrgenommene Kohärenz. Nur in der Charakterlandschaft «Andere Berggebiete» (ALP) wirken sich beide Szenarien negativ auf die wahrgenommene Kohärenz aus. Im «Siedlungsgeprägten Flachland» (PLAT_URB) wirkt sich eine grosse Anzahl an Infrastrukturen erneuerbarer Energien hingegen kaum auf die wahrgenommene Kohärenz aus.

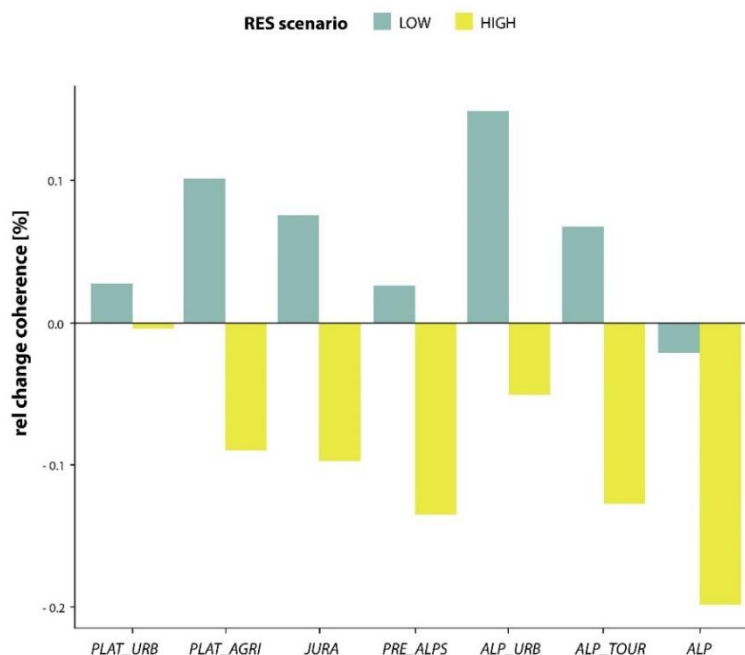


Abb. 40: Veränderung der visuellen Qualität in den sieben Charakterlandschaften: Relative Veränderung der Bewertung der wahrgenommenen Kohärenz des Landschaftsbilds durch die Szenarien mit wenigen (LOW) und mit vielen (HIGH) Windenergie- und PV-Anlagen in den sieben Charakterlandschaften im Vergleich zur Landschaft ohne Anlagen erneuerbarer Energien (n=105; Gruppe der jungen, gut ausgebildeten Erwachsenen).

Eine Untersuchung der Einflussfaktoren auf die Bewertung der Szenarien mit machine-learning-Algorithmen unterstreicht, dass die wahrgenommene Kohärenz auch die Bewertung der Szenarien bezüglich des Gefallens des Bildes beeinflusst (Kap. 7.1.3). Vor allem in den Charakterlandschaften «Siedlungsgeprägtes Flachland», «Landwirtschaftlich geprägtes Flachland», «Siedlungsgeprägtes Berggebiet» und «Andere Berggebiete» ist der Einfluss der wahrgenommenen Kohärenz auf die Bewertung sehr gross. Auch in den Charakterlandschaften «Jura» und «Voralpen» spielt die Kohärenz ebenfalls eine Rolle.

7.3 Einfluss von Bedeutungszuweisungen auf die Beurteilungen

7.3.1 Online-Befragung: Einfluss von Bedeutungszuweisungen zur Landschaft und zu Energieanlagen auf Beurteilungen

Im Rahmen der Online-Befragung wurden auch Bedeutungszuweisungen von Menschen zu Landschaften und zu Infrastrukturen erneuerbarer Energien untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass diese Bedeutungszuweisungen Einfluss auf die Beurteilung der gezeigten Landschaftsszenarien haben. Es stellt sich heraus, dass Menschen Landschaften auf unterschiedliche Arten betrachten. So wird Landschaft von einem Teil der Menschen mit einem romantisierenden, idyllischen, verträumten Blick wahrgenommen, was in der Literaturwissenschaft auch als «arkadisch» bezeichnet wird. Ein anderer Teil der Menschen betrachtet Landschaft eher als «utilitaristisch». Darunter versteht man eine nutzenorientierte Betrachtung der Landschaft, die im Wesentlichen auf eine für den Menschen vorteilhafte Nutzung der Landschaft basiert ist. Bezüglich der Einstellungen zu Energieinfrastrukturen zeigt sich ebenfalls eine bipolare Betrachtung der Menschen. Für einen Teil der Menschen wirken Anlagen erneuerbarer Energien als Symbol für Nachhaltigkeit und für den Aufbruch der Menschheit in eine neue Zeit («Nachhaltigkeitsfortschritt»). Ein anderer Teil der Menschen empfindet diese Anlagen als einen Schritt in Richtung einer weiteren Technisierung der Landschaft und auch als Ausdruck des Machbarkeitswahns der Menschen über die Natur («Technisierung der Landschaft»). Die Landschaftsbetrachtung der Befragungsteilnehmenden ist also entweder «arkadisch» oder «utilitaristisch», während Energieanlagen entweder für «Nachhaltigkeitsfortschritt» oder für eine «Technisierung der Landschaft» stehen.

Das Ausmass des Einflusses dieser Bedeutungszuweisungen ist noch nicht vollends geklärt, doch es ist eine klare Tendenz ablesbar: Kann hinsichtlich der Faktoren der «arkadischen Landschaftsbetrachtung», die in der vorliegenden Studie auch als «Mögen der Landschaft» interpretiert werden kann, und des «Nachhaltigkeitsfortschritts» (Energieanlagen) eine positive Wirkung auf die Bewertung der Szenarien beobachtet werden, so wirken die Faktoren der «utilitaristischen (nutzungsorientierten) Landschaftsbetrachtung» und der «Technisierung der Landschaft» (Energieanlagen) negativ. Die Untersuchung von Bedeutungszuweisungen der Menschen zu Landschaften und Energieanlagen verdeutlicht, dass nicht nur die physische Energieanlage selbst Einfluss auf die Beurteilung der Landschaftsszenarien hat, sondern auch die Bedeutungen, die Menschen damit verbinden («Nachhaltigkeitsfortschritt» vs. «Technisierung»).

In einem weiteren Schritt wurde untersucht, ob und wie man auf diese Bedeutungszuweisungen mit Interventionsmassnahmen Einfluss nehmen kann.

7.3.2 Online-Befragung: Einfluss von Interventionen auf die Beurteilung der Szenarien

Neben der Beurteilung der Szenarien wurden im Rahmen der Online-Befragung auch zwei Interventionsexperimente durchgeführt. Zur Anwendung kamen jeweils verhaltens erzeugende und personen-fokussierte Interventionstechniken. Die Interventionen waren voneinander unabhängig (maximal eine Intervention wurde pro Personen durchgeführt).

Interventionen in der Beschreibung der Ausgangslage

Die erste Intervention erfolgte bei der Einführung in die als Entscheidungsexperiment (Choice Experiment; CE) gestaltete Beurteilung der Szenarien und betraf die Beschreibung der Ausgangslage. Im Rahmen dieser Intervention wurde die Ausgangslage jeweils entweder neutral (n=844), positiv (n=131) oder negativ (n=147) formuliert.

Ein Vergleich der Gruppen bezogen auf die Attribute (Typ der Energieanlage bzw. Charakterlandschaft) und ihre Ausprägung (Levels) zeigt, dass die Meinung der Teilnehmenden grösstenteils gefestigt ist. So zeigt sich bezüglich der Attribute «Windenergieanlagen» und «Hochspannungsfreileitungen» nur eine minimale Veränderung in den Beurteilungen durch die Intervention. Auch hinsichtlich der Charakterlandschaften ist eine stabile, durch die Intervention unbeeinflusste Meinung bei den Charakterlandschaften «Siedlungsgeprägtes Flachland» (PLAT_URB), «Voralpen» (PRE_ALPS), «Siedlungsgeprägte Berggebiete» (ALP_URB) und «Andere Berggebiete» (ALP) zu erkennen. Hingegen zeigen sich bei den

Charakterlandschaften «Touristisch geprägte Berggebiete» (ALP_TOUR) und «Jura» (JURA) Unterschiede zwischen der neutralen/positiven und der negativen Intervention. Das heisst, dass die negative Intervention in diesem Fall deutlich stärker gewirkt hat als die positive. Unterschiede zwischen den Gruppen zeigen sich auch in der Charakterlandschaft «Landwirtschaftlich geprägtes Flachland» (PLAT_AGRI) zwischen der neutralen/negativen Intervention und der positiven.

Intervention im Visualisierungsstil der Szenarien

Die zweite Intervention erfolgte im Rahmen der Veränderung des präsentierten Visualisierungsstils der Szenarien. Dabei wurde die Ausgangslage jeweils entweder neutral (n=844), positiv (n=274) oder negativ (n=170) dargestellt. In der neutralen Intervention werden die Szenarien fotorealistisch, in der positiven Intervention durch einen VisualisierungsfILTER «lieblich» und in der negativen Intervention «düster, mythisch» dargestellt.

Auch bei dieser Intervention durch Veränderung des Visualisierungsstils zeigt sich, dass die Meinungen im Grossen und Ganzen gefestigt sind. Es sind keine, beziehungsweise nur sehr marginale Veränderungen in der Beurteilung der Energieinfrastrukturen im Vergleich zur Ausgangssituation (fotorealistische Darstellung) festzustellen.

Hinsichtlich der Charakterlandschaften zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei der Intervention der Ausgangslage. Es besteht eine von der Intervention weitestgehend unbeeinflusste Meinung bei den Charakterlandschaften «Siedlungsgeprägtes Flachland» (PLAT_URB), «Siedlungsgeprägte Berggebiete» (ALP_URB) und «Andere Berggebiete» (ALP). In den «Voralpen» (PRE_ALPS) wirkt die negative Intervention im Vergleich zur neutralen/positiven deutlich. In den Charakterlandschaften «Touristisch geprägte Berggebiete» (ALP_TOUR) und «Landwirtschaftlich geprägtes Flachland» (PLAT_AGRI) ist eine Veränderung durch beide Interventionen im Vergleich zur Ausgangssituation ebenfalls deutlich erkennbar. Im «Jura» ist die Tendenz einer Veränderung durch die negative Intervention erkennbar, allerdings statistisch nicht signifikant (und daher nicht weiter zu berücksichtigen).

Insgesamt zeigt das Ergebnis, dass auch kurzfristige Interventionen wie im Rahmen einer Szenario-Beschreibung oder im Darstellungsstil der Visualisierung grundsätzlich ihre Wirkung entfalten können. Mit Hilfe von Kommunikationsinhalten und -weisen lassen sich also Meinungen beziehungsweise Haltungen von Menschen (kurzfristig und unterschiedlich) beeinflussen. Aufgrund des Charakters der Arbeit als Einzelstudie, lassen sich aus diesen Ergebnissen jedoch keine konkreten Umsetzungsempfehlungen ableiten. Um Erkenntnisse über die Wirkungsweise von Interventionen im Rahmen von präferierten Landschaftsentwicklungen zu erlangen, ist eine Reihe weiterer Untersuchungen notwendig. Diese vertieften Erkenntnisse können eine Grundlage für kommunikationsorientierte Empfehlungen über die Verwendungsweise von Massnahmen (Text und Bild) liefern.

8 Empfehlungen für eine Landschaftsentwicklung durch Anlagen erneuerbarer Energien

Wie können Infrastrukturen erneuerbarer Energien so in die Landschaften der Schweiz integriert werden, dass sie aus landschaftlicher Perspektive von der Bevölkerung akzeptiert werden? Basierend auf den vorgestellten Ergebnissen der Präferenzstudie kommt das Forschungsteam zu folgenden zentralen Erkenntnissen und Empfehlungen für die Praxis, die dazu beitragen können, die gesellschaftliche Akzeptanz der Landschaftsentwicklung durch Anlagen erneuerbarer Energien zu stärken. Die Empfehlungen geben Antworten auf drei zentrale Fragen: (1) Welche Landschaften kommen für eine Entwicklung durch Anlagen erneuerbarer Energien aus Sicht der Bevölkerung am ehesten in Frage? (2) Welche Kombination von Anlagen erneuerbarer Energien sollte basierend auf den Studienergebnissen hinsichtlich der landschaftlichen Akzeptanz angestrebt werden? (3) Was sollte bei der Planung von Anlagen erneuerbarer Energien hinsichtlich der Landschaftsentwicklung berücksichtigt werden?

Die Schweiz weist eine grosse Vielfalt verschiedener Landschaften auf. Die Landschaftstypologie der Schweiz unterscheidet aus naturräumlicher und nutzungsorientierter Sicht 38 verschiedene Typen (ARE/BAFU/BFS 2011). Der Katalog der charakteristischen Kulturlandschaften der Schweiz beschreibt 39 Typen und formuliert für diese Entwicklungsziele, um ihre landschaftlichen Qualitäten zu bewahren und aus ästhetischer Sicht gezielt weiterzuentwickeln (Rodewald et al. 2014). Darin finden sich auch Hinweise für die Landschaftsentwicklung mit Windenergieanlagen oder Hochspannungsfreileitungen. Noch fehlt die Information, in welchen Landschaften die Schweizer Bevölkerung Infrastrukturentwicklungen mit Anlagen erneuerbarer Energien eher akzeptiert. Die Resultate des Projekts ENERGYSCAPE zeigen aus gesamtschweizerischer Sicht und einer vorrangig landschaftlichen Perspektive auf, welche Landschaften die Bevölkerung für solche Entwicklungen relativ zueinander bevorzugen könnte.

Die Flughöhe dieser Untersuchung und der Ergebnisse ist hoch, da die Landschaften der Schweiz zu insgesamt acht Charakterlandschaften – «Siedlungsgeprägtes Flachland», «Landwirtschaftlich geprägtes Flachland», «Jura», «Voralpen», «Siedlungsgeprägte Berggebiete», «Touristisch geprägte Berggebiete», «Berggebiete mit Infrastruktur» und «Andere Berggebiete» – zusammengefasst wurden. In der Praxis wird dagegen bei der Planung von Windenergieanlagen im Jura beispielsweise zwischen der ersten und zweiten Jurakette unterschieden (Michelon et al. 2012). Auch die Landschaftstypologie Schweiz zeigt, wie die Charakterlandschaften in spezifischere Landschaftstypen unterteilt werden können (ARE/BAFU/BFS 2011). Die für die vorliegende Präferenzstudie eingesetzten 3D-Visualisierungen repräsentieren somit zwar einen generellen Charakter der jeweiligen Landschaften (vgl. Abb. 25); im Gebiet einer Charakterlandschaft sieht es aber nicht überall diesem generellen Charakter entsprechend aus. Deshalb sind die Empfehlungen vor allem für die nationale Planungsebene aussagekräftig. Für die Verwendung auf regionaler und lokaler Planungsebene müssen gegebenenfalls die gesellschaftlichen Präferenzen für feiner aufgelöste Landschaftstypen ermittelt werden, um die Beurteilung auf diesen Massstabsebenen zu überprüfen und an die lokalen Gegebenheiten anzupassen.

8.1 Zentrale Erkenntnisse und Empfehlungen für die Praxis

Die folgenden fünf zentralen Erkenntnisse aus der ENERGYSCAPE-Studie und daraus abgeleiteten Empfehlungen sollten bei der Planung der Landschaftsentwicklung durch Anlagen erneuerbarer Energien berücksichtigt werden:

(1) Landschaftstyp und Vorbelastung spielen für die Beurteilung von Landschaftsveränderungen durch Energieanlagen eine wesentliche Rolle

Im Vergleich der acht untersuchten Landschaften beurteilte die repräsentative Stichprobe der Schweizer Bevölkerung Landschaftsentwicklungen durch Anlagen erneuerbarer Energien am ehesten positiv im «Siedlungsgeprägten Flachland» und – mit Einschränkungen, weil sensibler – in «Touristisch geprägten Berggebieten». In den naturnahen Berggebietslandschaften sind sie zurzeit eher unerwünscht.

Siedlungsgeprägtes Flachland

Die siedlungsgeprägten Landschaften des Flachlands sind geprägt von einem Nebeneinander von Wohnen, Gewerbe und Landwirtschaft sowie von Infrastrukturen für den Verkehr und die Stromversorgung. Es handelt sich um baulich vielgestaltige und patchworkartige Räume mit grosser Entwicklungsdynamik (Rodewald et al. 2014). In diesem Sinne sind sie als Gebiete zu sehen, deren Landschaftsbild durch die menschliche Nutzung stark «vorbelastet» ist. Die Studienteilnehmenden im Laborexperiment haben das «Siedlungsgeprägte Flachland» als weniger schön wahrgenommen als die anderen Charakterlandschaften, was sich mit Bewertungen der befragten Bevölkerung im Rahmen der Landschaftsbeobachtung Schweiz deckt (vgl. LABES-Indikator «Wahrgenommene Schönheit der Landschaft», Kienast et al. 2013: 54).

Durch die hohe Dynamik wandelt sich im «Siedlungsgeprägten Flachland» das Landschaftsbild in hohem Tempo. Es droht eine Banalisierung des Landschaftsbilds, das immer weniger Orientierung und Identifikationsmöglichkeiten zu bieten vermag (Rodewald et al. 2014). Mit einer bewussten gestalterischen Integration weiterer Infrastrukturen für die Gewinnung erneuerbarer Energie bietet sich in diesen Landschaften die Chance, beispielsweise mit Windenergieanlagen gezielt Orientierungspunkte oder mit gut in Dächer und Fassaden integrierten PV-Anlagen prägende Siedlungsansichten zu schaffen. Es eröffnet sich das Potenzial, dass dank solcher Entwicklungen und mit hochwertiger Gestaltung die wahrgenommene Kohärenz dieser Landschaften insgesamt gesteigert werden kann (vgl. Kap. 7.2.3). Um diese Potenziale auf angemessene Weise auszuschöpfen, sollten die jeweilige landschaftliche Situation und weitere Ansprüche der Bevölkerung an die Landschaftsqualität (z. B. Erholungsqualität) bei der Planung sorgfältig berücksichtigt werden.

Ein Ausbau der erneuerbaren Energien im «Siedlungsgeprägten Flachland» ist insofern vorteilhaft, als dadurch die Produktion und der Konsum von Energie räumlich nahe beieinanderliegen. Doch auch wenn gemäss repräsentativer Bevölkerungsbefragung (repräsentativ für die Schweizer Bevölkerung nach Sprache, Geschlecht, Alter, Bildung und Charakterlandschaft) hier die Anlagen am ehesten akzeptiert werden, muss unter Umständen dennoch mit Widerstand der unmittelbar Betroffenen gerechnet werden (Wolsink 2007a). Es ist aber auch eine Frage des Masses der Vorbelastung einer Landschaft, ob weitere Infrastrukturen von der lokalen Bevölkerung akzeptiert werden. So fühlt sich eine grosse Mehrheit von Befragten von Windenergieanlagen neben Autobahnen und Eisenbahnlinien nicht gestört (Tabi & Wüstenhagen 2015). Dieses Einverständnis kann aber kippen, wenn die lokale Bevölkerung eine gewisse Sättigung der Landschaft mit Infrastrukturen wahrnimmt (Batel et al. 2015). Im Hinblick darauf sollten bei der langfristigen Planung der Landschaftsentwicklung auch mögliche weitere künftig notwendige Anlagen wie zur Speicherung beziehungsweise zur Nutzung von Kohlendioxid (Carbon Capture and Storage/Utilization) und ihre gesellschaftliche Wahrnehmung und Akzeptanz (Arning et al. 2019) miteinbezogen werden.

Touristisch geprägte Berggebiete

Auch in «Touristisch geprägten Berggebieten», die bereits Transportanlagen wie Skilifte und Seilbahnen aufweisen, werden Landschaftsentwicklungen durch bestimmte Anlagen erneuerbarer Energien von der repräsentativen Stichprobe der Schweizer Bevölkerung positiver beurteilt als in anderen Charakterlandschaften. Im Vergleich zum siedlungsgeprägten Flachland sind die touristisch geprägten Berggebiete jedoch weitaus sensibler bezüglich einer schnellen Veränderung des Landschaftsbilds oder der Störung markanter Landschaftsansichten (Rodewald et al. 2014). Aus Sicht der Touristen stellen touristische Transportanlagen wie Skilifte oder Grosskabinenbahnen in den meisten Fällen bereits eine ästhetische Beeinträchtigung der Landschaft dar (Hunziker 1992). Im Hinblick auf die Förderung eines Vier-Jahreszeiten-Tourismus sind deshalb mögliche Auswirkungen zusätzlicher Anlagen, insbesondere von Windenergieanlagen, in diesen Landschaften kritisch zu prüfen. Um bestehende Potenziale für die Nutzung erneuerbarer Energien in diesen Landschaften zu nutzen, ist eine sehr behutsame Integration der entsprechenden Anlagen notwendig.

Naturnah geprägte Berggebiete

Von der repräsentativen Stichprobe der Schweizer Bevölkerung am wenigsten erwünscht sind Entwicklungen mit erneuerbaren Energien hingegen in den sehr naturnah geprägten «Anderen Berggebieten». Diese Gebiete in den westlichen und östlichen Zentralalpen sowie an der Alpensüdflanke sind heute zu einem grossen Anteil frei von Anlagen jeglicher Art (vgl. LABES-Indikator «Anlagefreie Gebiete», Kienast et al. 2013) oder sind geprägt von einer historisch tradierten Landwirtschaft mit entsprechenden Bauten (ARE/BAFU/BFS 2011). Die Landschaften der Zentralalpen werden von der im Rahmen der Landschaftsbeobachtung Schweiz befragten Bevölkerung auch als schönste Landschaften der Schweiz geschätzt (vgl. LABES-Indikator «Wahrgenommene Schönheit der Landschaft», Kienast et al. 2013, S. 54). Wie die ENERGYSCAPE-Präferenzstudie (Kap. 7.2.3) zeigt, scheint das Landschaftsbild der naturnah geprägten «Anderen Berggebiete» im Vergleich zu den anderen Charakterlandschaften sehr empfindlich zu sein hinsichtlich Veränderungen durch Infrastrukturen erneuerbarer Energien. Selbst wenige Energieanlagen verringerten bei den Studienteilnehmenden des Laborexperiments die wahrgenommene Kohärenz gegenüber der Landschaft ohne erneuerbare Energien. Im Hinblick auf die landschaftlichen Beurteilungen der repräsentativen Bevölkerungsstichprobe sollte deshalb in den naturnahen Berggebietslandschaften auf Entwicklungen durch Anlagen erneuerbarer Energien verzichtet werden (vgl. SL 2018).

Bei dieser Empfehlung zeigt sich ein wesentliches Dilemma, das in ähnlicher Weise auch für andere Landschaften bezüglich der Ausschöpfung vorhandener Potenziale für die Erzeugung erneuerbarer Energie gilt: In den hohen Lagen der Berggebiete könnte die Solarstromerzeugung mit PV-Anlagen effizienter erfolgen als in anderen Landschaften, insbesondere auch im Winter, wenn der Strom am meisten benötigt wird (Kahl et al. 2019). Informationen dieser Art wurde den Befragten in der Studie jedoch nicht vermittelt. Sie mussten bei der landschaftlichen Beurteilung auch keine Alternativlösungen zur Stromproduktion in Betracht ziehen. Da die Beurteilungen der Bevölkerung jedoch nachweislich von den Bedeutungszuweisungen zu einer Landschaft und zu erneuerbaren Energien beeinflusst werden (s. Kap. 7.3), kann sich die momentane Beurteilung der Szenarien im Laufe der Zeit ändern (vgl. Empfehlung 5).

Landwirtschaftlich geprägtes Flachland

Aufgrund der landschaftlichen Beurteilungen akzeptiert die repräsentative Stichprobe der Schweizer Bevölkerung Windenergieanlagen und Agro-PV-Anlagen, also Freiflächenanlagen kombiniert mit landwirtschaftlicher Produktion (Rösch 2016), im «landwirtschaftlich geprägten Flachland» eher mässig. Die intensiv agrarisch genutzten Landschaften werden zwar nicht unbedingt als sehr schön beurteilt (vgl. LABES-Indikator «Wahrgenommene Schönheit der Landschaft», Kienast et al. 2013). Ihr Landschaftsbild steht jedoch stellvertretend/identitätsstiftend für die bäuerliche Kulturlandschaft. Diese Kulturlandschaft erfüllt eine wichtige Funktion als Erholungsraum, insbesondere im Mittelland.

Veränderungen im «Landwirtschaftlich geprägten Flachland» durch wenige Windenergie- und Photovoltaikanlagen auf Dächern werden im Vergleich zu den beiden Charakterlandschaften «Jura» und «Voralpen» hingegen relativ positiv beurteilt (vgl. Kap. 7.1.1 und 7.1.4). Das «Landwirtschaftlich geprägte Flachland» bietet bei einer umsichtigen Gestaltung deshalb aus landschaftlicher Sicht ein gewisses Potenzial für eine behutsame Entwicklung mit erneuerbaren Energien. Vor allem gut in Gebäude integrierte PV-Anlagen könnten hier gefördert werden. Grundsätzlich zieht die repräsentative Stichprobe der Schweizer Bevölkerung diese Landschaft aber für Entwicklungen mit Anlagen erneuerbarer Energien weniger stark vor als etwa die Landschaften der siedlungsgeprägten Gebiete im Flachland.

Jura

Bezüglich der möglichen Landschaftsveränderungen durch die Bereitstellung erneuerbarer Energie in der Charakterlandschaft «Jura» gehen die in der Online-Befragung repräsentativ für die Gesamtbevölkerung erfassten Beurteilungen und die der Gruppe der jungen, gut ausgebildeten Erwachsenen auseinander. Die jungen Erwachsenen befürworten im «Jura» Entwicklungen mit Windenergie- und PV-Anlagen auf Dächern im ähnlichen Ausmass wie im «Landwirtschaftlich geprägten Flachland». Die Gesamtstichprobe der Bevölkerung lehnt sie eher ab. Dieser Unterschied in der Beurteilung kann mit unterschiedlichen Bedeutungszuweisungen zur Landschaft «Jura» zu tun haben (vgl. Kap. 7.3). Auch Anwohnende beurteilen bestehende Windenergieanlagen im Jura durchaus positiv, im Gegensatz zu Anwohnenden potenzieller Standorte, die eine negativere Einstellung zu den Anlagen und ihren Auswirkungen auf das Landschaftsbild zeigen (Hübner et al. 2013). An den Bedeutungszuweisungen zur Landschaft und zu den Energieanlagen anzusetzen, könnte deshalb helfen, die verschiedenen Einstellungen der Bevölkerung besser zu verstehen und bei der Entwicklung der Landschaft im Jura durch Anlagen erneuerbarer Energien zu berücksichtigen (vgl. Empfehlung 5).

Voralpen

Auch die Voralpenlandschaft an der Alpennordflanke empfinden die Studienteilnehmenden des Laborexperiments als sehr schön, sehr ähnlich wie die Berggebiete (vgl. LABES-Indikator «Wahrgenommene Schönheit der Landschaft», Kienast et al. 2013: 54; Rodewald et al. 2014). Verglichen mit den anderen Charakterlandschaften beurteilte die repräsentative Stichprobe der Schweizer Bevölkerung Entwicklungen in den «Voralpen» durch Windenergie- und PV-Freiflächenanlagen negativer. Basierend auf den Studienergebnissen sollte schweizweit betrachtet den Voralpen im Vergleich zu den anderen Landschaften für Entwicklungen mit diesen Energieanlagen eher geringes Gewicht beigemessen werden. Auf lokaler Ebene kann die Akzeptanz für Anlagen erneuerbarer Energien jedoch auch in dieser Charakterlandschaft durchaus hoch sein, wie ein Beispiel zur Windenergienutzung in der Gemeinde Entlebuch (LU) zeigt (Stadelmann-Steffen et al. 2018).

In Ergänzung zu bestehenden Empfehlungen für die landschaftliche Integration erneuerbarer Energien, die sich jeweils auf einzelne Energiesysteme beziehen (z.B. Apostol et al. 2017; Hübner et al. 2013), lassen sich aus den Resultaten der ENERGYSCAPE-Präferenzstudie weitere Erkenntnisse gewinnen und Empfehlungen für die Charakterlandschaften der Schweiz ableiten. Diese betreffen insbesondere die Menge an Infrastrukturen und ihre Kombination sowie Entwicklungen mit PV-Anlagen. Wichtig ist hier, die Fragestellung der ENERGYSCAPE-Studie zu beachten und sich bewusst zu sein, dass die Studie die Landschaftspräferenz untersucht und nicht die Akzeptanz von Windenergie und Photovoltaik.

(2) Eine grössere Menge an Energieanlagen kann negativ beurteilt werden

Eine zunehmende Menge an Anlagen zur Gewinnung erneuerbarer Energie führte – mit Ausnahme der Photovoltaik auf Dächern und Fassaden – in allen Charakterlandschaften generell zu einer negativeren landschaftlichen Beurteilung. Die Studienresultate zeigen, dass die grösseren landschaftlichen Veränderungen durch Energieanlagen die Wahrnehmung der Landschaft stärker beeinflussen. Bei Landschaftsentwicklungen durch Anlagen erneuerbarer Energien sollte deshalb ein Auge darauf geworfen werden, wie die angestrebte Menge an Energieanlagen in der Landschaft von der Bevölkerung wahrgenommen wird.

Basierend auf den Studienergebnissen zeigt sich, dass sich eine zunehmende Menge an Infrastrukturen auf die Wahrnehmung der Landschaft auswirken kann. Im Laborexperiment bewirkte die grössere Menge an Infrastrukturen eine höhere physiologische Reaktion der Teilnehmenden (Kap. 7.2.1). Eine grössere Menge an Energieinfrastrukturen verringerte zudem die wahrgenommene Kohärenz der Landschaft, also wie stimmig das Landschaftsbild wirkt (Kap. 7.2.3). In «naturnahen Berggebieten», aber auch im «Jura», scheinen sich grössere landschaftliche Veränderungen durch sichtbare Energieinfrastrukturen stärker auf die physiologische Reaktion auszuwirken als in dem visuell stärker «vorbelasteten», siedlungsgeprägten Landschaften im Flachland. Die physiologische Reaktion auf eine grössere Menge an Energieinfrastrukturen widerspiegelt jedoch nicht direkt die landschaftliche Beurteilung durch die Bevölkerung.

Grössere Mengen an Energieanlagen werden durchaus gesellschaftlich akzeptiert, wie sich am grössten Schweizer Windpark mit sechzehn Windenergieanlagen am Mont-Crosin im Jura zeigt (Hübner et al. 2013). Auch in der Online-Befragung der ENERGYSCAPE-Studie bewertete die repräsentative Stichprobe der Schweizer Bevölkerung grosse Mengen an PV-Anlagen auf Dächern und Fassaden überaus positiv (Kap. 7.1.2). Szenarien, in denen eine Kombination einer grossen Menge an Windenergie- und PV-Infrastrukturen auf Dächern und Freiflächen sichtbar ist, bewerteten die Befragten jedoch negativer als Szenarien mit einer geringen Menge (Kap. 7.1.2). Die Studienergebnisse geben damit einen Hinweis darauf, dass aus landschaftlicher Perspektive die Menge an Energieanlagen einen wesentlichen Faktor für die gesellschaftliche Akzeptanz von Landschaftsentwicklungen durch Anlagen erneuerbarer Energien darstellen kann. Hinsichtlich der Landschaftswahrnehmung scheint jedoch bedeutender zu sein, wie stimmig die Landschaft mit den Energieinfrastrukturen der Bevölkerung erscheint. Auf diesen Aspekt sollte Acht gegeben werden, insbesondere bei einer räumlichen Konzentration beziehungsweise Bündelung von Infrastrukturen, wie beispielsweise im Konzept Windenergie (ARE 2017) oder im Landschaftskonzept Schweiz (BAFU 1998) angestrebt. Indem eine mögliche Wirkung der jeweiligen anvisierten Menge an Infrastrukturen auf die Wahrnehmung der Landschaft durch die Bevölkerung kritisch geprüft wird, könnte eine Grundlage für Strategien und Konzepte zur Landschaftsentwicklung geschaffen werden, die diesen Aspekt frühzeitig berücksichtigt.

(3) Sinnvolle Kombinationen unterschiedlicher Typen von Energieanlagen werden geschätzt

Landschaftsveränderungen ausschliesslich mit Solaranlagen akzeptiert die repräsentative Stichprobe der Schweizer Bevölkerung am besten. Windturbinen und Hochspannungsfreileitungen hingegen haben einen schwereren Stand. In einzelnen Charakterlandschaften beurteilen die Befragten in einer Landschaftsszene sichtbare Kombinationen einer moderaten Wind- und Solarenergienutzung und Freileitungen besser als Szenarien mit nur einer Energienutzungsform.

Die repräsentative Stichprobe der Schweizer Bevölkerung scheint der Ansicht zu sein, dass Anlagen für die Solarenergienutzung integrierender Teil heutiger Landschaften sind. So werden in allen Landschaften Szenarien mit Solarenergienutzung denjenigen gegenüber bevorzugt, in denen gar keine erneuerbare Energie produziert wird.

In einem abgegrenzten Landschaftsraum scheint es die repräsentative Bevölkerungsstichprobe zudem vorzuziehen, sowohl Wind- als auch Solarenergieanlagen zu sehen als lediglich Windenergieanlagen. Landschaftsveränderungen durch kleine Windparks werden besser akzeptiert als durch grosse. Noch besser akzeptiert werden kleine Windparks, wenn – wie in den Landschaftssimulationen der Studie gezeigt – im selben Landschaftsraum auch Solarenergieanlagen vorhanden sind (vgl. Abb. 25). Es könnte deshalb für die Förderung der Akzeptanz vorteilhaft sein, Windparkprojekte zusammen mit Konzepten für den Ausbau der Photovoltaik im jeweiligen Landschaftsraum zu entwickeln.

Auch bei Hochspannungsfreileitungen könnte es aus landschaftlicher Perspektive für die gesellschaftliche Akzeptanz förderlich sein, sie in grossräumige Landschaftsentwicklungen einzubinden, bei denen Solarenergieanlagen – und allenfalls wenige Windenergieanlagen – im Landschaftsraum vorgesehen werden. Die Bevölkerung beurteilt Freileitungen besser, wenn sie für die Umsetzung der Energiewende und zur Förderung von erneuerbaren Energien als notwendig erachtet werden (Lienert et al. 2015). Eine deutlicher erkennbare Notwendigkeit von Freileitungen könnte deshalb ein Grund für die leicht positivere Beurteilung solcher Kombinationen von Energieinfrastrukturen in der ENERGYSCAPE-Studie sein. Es gilt jedoch zu beachten, dass die repräsentative Stichprobe der Schweizer Bevölkerung Szenarien mit Hochspannungsfreileitungen im Vergleich zu Landschaften ohne Freileitungen deutlich ablehnt (s. Kap. 7.1.2). Freileitungen werden grundsätzlich sehr negativ bewertet (Lienert et al. 2017).

In Übereinstimmung ebenfalls mit Lienert et al. (2017) zeigen die Analysen von ENERGYSCAPE, dass der jeweilige Landschaftskontext – eher naturnah oder eher anthropogen geprägt – entscheidend dafür ist, wie stark Freileitungen abgelehnt werden. Im Vergleich zu den anderen Charakterlandschaften scheinen sie im «vorbelasteten» «siedlungsgeprägten Flachland» und auch in den «touristisch geprägten Berggebieten» besser akzeptiert zu werden, wenn auch PV-Anlagen oder eine grossräumige Kombination von wenigen Windenergie- und PV-Anlagen vorhanden sind. Auch im «Landwirtschaftlich geprägten Flachland» und im «Jura» zeigt sich eine positivere Beurteilung für diese in einem Landschaftsraum sichtbare Kombination von Energieanlagen. Weitere Kombinationen oder Mehrfachnutzungen von Energieinfrastrukturen auch mit neueren Entwicklungen wie schwimmende PV-Anlagen auf Stauseen (SL 2013; Piana 2019) haben eventuell ebenfalls Chancen auf gesellschaftliche Akzeptanz. Sie sollten hinsichtlich ihrer landschaftlichen Wahrnehmung und Bewertung aus Sicht der Bevölkerung untersucht werden.

(4) Photovoltaik-Anlagen auf Dächern und Fassaden werden positiv beurteilt

Für die repräsentative Stichprobe der Schweizer Bevölkerung ist es selbstverständlich, dass Photovoltaik-Anlagen auf Dächern und Fassaden in den Landschaften der Schweiz sichtbar sind. Auf gut sichtbaren Freiflächen werden diese Anlagen jedoch mehrheitlich abgelehnt.

PV-Anlagen beurteilt die befragte Bevölkerung in allen Landschaften als sehr gut, wenn sie auf Dächern oder Fassaden realisiert werden. Fehlt in einer Landschaft diese Energienutzungsform, verschlechtert sich die Beurteilung. Aus landschaftlicher Perspektive ist entsprechend in der Schweiz ein Ausbau der PV auf Dächern und Fassaden weiter zu fördern. Dabei sollten gestalterisch hochstehende, gebäudeintegrierte Lösungen angestrebt werden (vgl. «Solares Bauen», www.swissolar.ch), wie sie auch im NFP «Energie» entwickelt wurden (www.nfp-Energie). Es ist zudem davon auszugehen, dass die neue Generation von Solarzellen kaum mehr in Erscheinung treten wird (vgl. Kap. 4.4).

Diese Empfehlung gilt jedoch nicht für PV-Anlagen auf gut sichtbaren Freiflächen. Diese werden von der repräsentativen Stichprobe der Schweizer Bevölkerung klar abgelehnt. Lediglich Sonderlösungen von PV-Installationen – etwa auf Skiliften (wie im Projekt ENERGYSCAPE anhand von Landschaftssimulationen beurteilt) oder auf Lawinenverbauungen (Michel et al. 2015) – werden positiv bewertet. In «touristisch geprägten Berggebieten», die entsprechende Infrastrukturen aufweisen, können solche Lösungen einen guten Weg für den Ausbau der Solarenergienutzung darstellen (Empfehlung 1).

Die Sichtweise der repräsentativen Bevölkerungsstichprobe deckt sich auch mit dem Ziel des Landschaftskonzepts Schweiz, dass PV-Anlagen «grundsätzlich auf bestehenden Infrastrukturen wie Dächern oder Fassaden realisiert und landschafts- und ortsbildverträglich gestaltet» (BAFU 2019, S. 17) werden sollen. Wichtig ist, dass auch fördernde und hindernde Mechanismen für den Bau von gut integrierten PV-Anlagen geprüft werden, so dass Investitionsentscheide ebenfalls in diese Richtung begünstigt werden (vgl. SL 2013).

Die Umsetzung dieser Empfehlungen kann nur in konkreten Planungsprozessen erfolgen. Mit der Gestaltung der Planungsprozesse auf den verschiedenen Planungsebenen hat sich das Forschungsteam nicht konkret befasst. Allerdings können Erkenntnisse des Projekts helfen, die Planung von Landschaftsentwicklungen mit erneuerbaren Energiesystemen zu verbessern.

(5) Emotionale Reaktionen sowie Bedeutungszuweisungen zu Landschaft und Energieanlagen beeinflussen Beurteilungen von Landschaftsveränderungen durch Energieanlagen

Landschaft wird von Menschen in verschiedener Weise betrachtet, zum Beispiel als «arkadisch» oder eher als «utilitaristisch». Energieanlagen verbinden die einen mit einem Nachhaltigkeitsfortschritt, andere mit einer zusätzlichen Technisierung der Landschaft. Wie gut Infrastrukturen erneuerbarer Energien in eine Landschaft passen, hängt auch mit solchen Bedeutungszuweisungen zu Landschaften und Energieanlagen zusammen. Zudem beeinflusst die unbewusste, emotionale Wahrnehmung der Landschaft die rationalen Entscheide. Es sollte versucht werden, solche Erkenntnisse in Planungsprozessen zu berücksichtigen.

Die Bedeutungen, die den Landschaften, den Energieträgern und der Energiewende zugewiesen werden, haben einen Einfluss darauf, in welchen Landschaften die Entwicklungen durch Anlagen erneuerbarer Energien aus landschaftlicher Perspektive eher akzeptiert und in welchen sie eher abgelehnt werden (vgl. Kap. 7.3). Planungsprozesse sollten deshalb die Bedeutungen berücksichtigen, die die Bevölkerung der Landschaft und den Energieanlagen zuweist. Lokale Planungsprozesse wollen heute insbesondere klären, wo die Anlagen installiert werden sollen, wie sie sich in die Landschaft integrieren oder wie lärmig sie sind. Künftige Prozesse sollten jedoch die Landschaftswahrnehmung durch die Bevölkerung und ihre Einstellungen zu Landschaftsveränderungen durch Anlagen erneuerbarer Energien und die damit initiierte Veränderung ihrer Bedeutung vermehrt ins Zentrum rücken.

Es sollte deshalb untersucht werden, wie die bewussten Einstellungen der Leute besser identifiziert und wie diese in den Planungsprozess einbezogen werden können. Darüber hinaus sind auch ein frühzeitiger und offener Einbezug und Austausch mit Direktbetroffenen sowie neue Modelle zum kontinuierlichen Dialog mit der Bevölkerung auf allen Planungsebenen empfohlen (Stadelmann-Steffen et al. 2018). Auf diese Weise können die Bedeutungen und Werte, die verschiedene Landschaften in der Schweiz für die Bevölkerung haben, in landschaftsrelevante Instrumente, Zielbilder und Massnahmen (vgl. Steiger 2016) einfließen.

Die Menge an Energieanlagen löste im Laborexperiment eine emotionale Reaktion aus (vgl. Kap. 7.2.1). Grundsätzlich zeigen Forschungsergebnisse, dass Emotionen starke Treiber in der Entscheidungsfindung sind, die die Bewertungen und die Auswahl von Optionen beeinflussen (Lerner et al. 2015). Auch Bedeutungszuweisungen hängen mit Emotion zusammen. Das verdeutlichen aktuelle Umfrageergebnisse zur Akzeptanz hybrider Freileitungen in der Schweiz. Einige Teilnehmende zeigten diffuse Ängste bezüglich möglicher negativer Umweltauswirkungen der neuen Technologie. Erhielten sie negative oder sowohl negative als auch positive Informationen über die Hybridleitungen, verstärkte dies die negative Bedeutungszuweisung und wirkte sich auf die Zustimmung zu Hybridleitungen aus. Positive Informationen erhöhten hingegen die Zustimmungsraten (NFP Energie-Projekt «Hybride Freileitungen in der Schweiz», <https://www.nfp-energie.ch/de/projects/1017>). Um die Zusammenhänge zwischen emotionalen Reaktionen und Bedeutungszuweisungen besser zu verstehen, sind weitere Untersuchungen notwendig.

9 Ausblick

Die ENERGYSCAPE-Studie leistet einen Beitrag dazu, die landschaftliche Beurteilung der Bevölkerung bezüglich Entwicklungen durch Anlagen erneuerbarer Energien bei raumplanerischen Tätigkeiten besser zu berücksichtigen. Sie zeigt, wie sich gesellschaftliche Präferenzen für die Entwicklung verschiedener Charakterlandschaften durch unterschiedliche Kombinationen erneuerbarer Energien messen lassen. Die aus den Ergebnissen abgeleiteten Empfehlungen sollen Planungsakteuren helfen, Zielbilder für die Entwicklung unterschiedlicher Landschaftstypen mit einer Planung von Nutzungszonen für die Produktion erneuerbarer Energie zu konkretisieren und Landschaftsqualitätsziele festzulegen.

Als zentrales Instrument für die Erarbeitung von Landschaftsqualitätszielen für eine Gesamtlandschaft und deren Teilräume dienen Landschaftskonzeptionen (vgl. Kap. 2.4.3). Insbesondere auf kantonaler und regionaler Ebene können darin auch Fragen zur Landschaftsentwicklung durch Anlagen erneuerbarer Energien geklärt werden. Dabei bildet die Charakterisierung der verschiedenen Landschaften in einem Raum die Grundlage, um räumlich spezifische Chancen und Konflikte hinsichtlich einer Entwicklung durch Anlagen erneuerbarer Energien aufzuzeigen (BAFU 2015). In diese Charakterisierung sollte deshalb auch die Eignung der betrachteten Landschaft für die Nutzung erneuerbarer Energie aufgenommen werden. Die Empfehlungen der ENERGYSCAPE-Studie können dabei eine kritische Beurteilung möglicher Entwicklungsszenarien mit Anlagen erneuerbarer Energien unterstützen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Präferenzstudie stellen eine Momentaufnahme dar, wie mögliche Landschaftsentwicklungen durch Anlagen erneuerbarer Energien, vor allem Windenergie- und Photovoltaikanlagen, in der repräsentativen Bevölkerungsbefragung beurteilt werden. Landschaften mit einer Kombination verschiedener Infrastrukturen erneuerbarer Energien sind für die Bevölkerung in der Schweiz relativ neu. Bei der Wahrnehmung und Beurteilung von Landschaftsveränderungen spielen Gewöhnungseffekte jedoch eine bedeutende Rolle (Stadelmann-Steffen et al. 2018; Felber Rufer 2006). In der Gemeinde Entlebuch (LU) wurden beispielsweise über mehrere Jahre drei Windenergieanlagen realisiert. Aufgrund der Erfahrungen mit der ersten Anlage – auch bezüglich der landschaftlichen Wirkungen – hat diese kontinuierliche Entwicklung die lokale Akzeptanz der Windenergieanlagen erhöht (Stadelmann-Steffen et al. 2018). Was die Realisierung der Energiestrategie 2050 (BFE 2018b) räumlich konkret bedeutet, ist sich die Bevölkerung noch kaum bewusst. Soziale Bewegungen wie die «Klimastreik-Bewegung» (climatestrike.ch) verändern zudem die gesellschaftliche Wahrnehmung und beeinflussen somit, welche Bedeutung die Bevölkerung den Anlagen erneuerbarer Energien zuweist. Entsprechend unterliegen auch die Beurteilungen der in der Studie gezeigten Szenarien (gegebenenfalls durchaus schnellen) Änderungen.

Aufgrund der fehlenden Erfahrung der Bevölkerung mit PV-Freiflächenanlagen lassen sich aus den Projektergebnissen keine Schlüsse ziehen, wie neue Entwicklungen in diesem Bereich beurteilt werden. Grossflächige, auch von weitem sichtbare PV-Freiflächenanlagen in den untersuchten Charakterlandschaften der Schweiz werden von der repräsentativen Stichprobe der Schweizer Bevölkerung jedoch abgelehnt. Allerdings kann es sein, dass die in der Charakterlandschaft «Landwirtschaftlich geprägtes Flachland» gezeigten Agro-PV-Anlagen negativ beurteilt wurden, weil die Studienteilnehmenden die Multifunktionalität (Stromerzeugung und landwirtschaftliche Produktion) nicht erkannt haben oder auch, weil für diese Energienutzungsformen in der Schweiz die Erfahrungen fehlen. Deshalb sollte man die Beurteilung dieser Energieanlagen und ihrer landschaftlichen Auswirkungen durch die Schweizer Bevölkerung weiter untersuchen. Darüber hinaus sollte untersucht werden, ob aus landschaftlicher Perspektive allenfalls auch andere Standorte für PV-Freiflächenanlagen wie schwimmende PV-Anlagen auf Stauseen gesellschaftlich akzeptabel sind (SL 2013; Piana 2019; s. auch Empfehlung 3). Neue technologische Entwicklungen dürfen ebenfalls nicht ausser Acht gelassen werden (vgl. Kap. 4.4)

Künftige Studien mit Fokus auf den Aspekt «Landschaft» können zeigen, ob sich die zugewiesenen Bedeutungen und die Bewertungen von Landschaften mit Anlagen erneuerbarer Energien in der Schweiz ändern oder nicht. Insbesondere Längsschnittstudien eignen sich, um solche Wandlungsprozesse vertieft zu untersuchen.

10 Literatur

- Akademien der Wissenschaften Schweiz (2012): Lösungsansätze für die Schweiz im Konfliktfeld erneuerbare Energien und Raumnutzung – Kurzfassung. <https://naturwissenschaften.ch/service/publications/14895-loesungsansaetze-fuer-die-schweiz-im-konfliktfeld-erneuerbare-energien-und-raumnutzung> (Abgerufen am 29.11.2019).
- Apostol, D., Palmer, J., Pasqualetti, M., Smardon, R., Sullivan, R. (2017). The Renewable Energy Landscape. Routledge.
- ARE (2017). Konzept Windenergie. Basis zur Berücksichtigung der Bundesinteressen bei der Planung von Windenergieanlagen. Bundesamt für Raumentwicklung ARE, Bern. <https://www.are.admin.ch/are/de/home/raumentwicklung-und-raumplanung/strategie-und-planung/konzepte-und-sachplaene/konzepte/konzept-windenergie.html> (Abgerufen am 29.11.2019).
- ARE (2019a). Sachpläne des Bundes. <https://www.are.admin.ch/are/de/home/raumentwicklung-und-raumplanung/strategie-und-planung/konzepte-und-sachplaene/sachplaene-des-bundes.html> (Abgerufen am 29.11.2019).
- ARE (2019b). Sachplan Übertragungsleitungen SÜL. <https://www.are.admin.ch/are/de/home/raumentwicklung-und-raumplanung/strategie-und-planung/konzepte-und-sachplaene/sachplaene-des-bundes/sachplan-uebertragungsleitungen-suel.html> (Abgerufen am 29.11.2019).
- ARE (2019c). Was ist ein Richtplan? <https://www.are.admin.ch/are/de/home/raumentwicklung-und-raumplanung/strategie-und-planung/kantonale-richtplaene/was-ist-ein-richtplan.html> (Abgerufen am 29.11.2019).
- ARE/BAFU/BFE/BLW (2012). Positionspapier freistehende Photovoltaik-Anlagen (03.07.2012). https://www.are.admin.ch/dam/are/de/dokumente/raumplanung/positionspapier_freistehendephotovoltaik-anlagen.pdf.download.pdf/positionspapier_freistehendephotovoltaik-anlagen.pdf (Abgerufen am 29.11.2019).
- ARE/BAFU/BFS (2011). Landschaftstypologie Schweiz. Dokumente und Geodaten <https://www.are.admin.ch/are/de/home/laendliche-raeume-und-berggebiete/grundlagen-und-daten/landschaftstypologie-schweiz.html> (Abgerufen am 29.11.2019).
- BAFU (1998). Landschaftskonzept Schweiz – Teil I Konzept und Teil II Bericht. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/landschaft/publikationen-studien/publikationen/landschaftskonzept-schweiz.html> (Abgerufen am 29.11.2019).
- BAFU (2015). Merkblatt «Kantonale Landschaftskonzeption und kohärente Landschaftsqualitätsziele». https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/landschaft/fachinfo-daten/merkblatt_kantonale-landschaftskonzeptionundkohaerentelandschafts.pdf.download.pdf/merkblatt_kantonale-landschaftskonzeptionundkohaerentelandschafts.pdf (Abgerufen am 29.11.2019).
- BAFU (2018). Das Übereinkommen von Paris. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/fachinformationen/klima--internationales/das-uebereinkommen-von-paris.html> (Abgerufen am 29.11.2019).
- BAFU (2019). Landschaftskonzept Schweiz. Landschaft und Natur in den Politikbereichen des Bundes. Stand Anhörung und öffentliche Mitwirkung vom 20. Mai bis 15. September 2019. https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/landschaft/fachinfo-daten/landschaftskonzept-schweiz-lks-anhoerung-und-mitwirkung-2019.pdf.download.pdf/landschaftskonzept-schweiz-lks-anhoerung-und-mitwirkung-2019_de.pdf (Abgerufen am 29.11.2019).
- Batel, S., Devine-Wright, P., Wold, L., Egeland, H., Jacobsen, G., Aas, O. (2015). The role of (de-)essentialisation within siting conflicts: An interdisciplinary approach. Journal of Environmental Psychology 44, 149-159. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2015.10.004>
- Bauer, C., Hirschberger, S. (2017). Potenziale, Kosten und Umweltauswirkungen von Stromproduktionsanlagen. Synthese. https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/politik/energiepolitik/_jcr_content/par/tabs/items/tab/tabpar/externalcontent.external.ex-turl.pdf/aHR0cHM6Ly9wdWJkYi5iZmUuYWwRtaW4uY2gvZGUvcHVibGljYX/Rpb24vZG93bmxyYWQvODg2Ny5wZGY=.pdf (Abgerufen am 29.11.2019).
- Betakova, V., Vojar, J. and Sklenicka, P. (2015). Wind turbines location: How many and how far? Applied Energy 151, 23-31. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.04.060>

- BFE (2016). Internationale Energiepolitik. <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/politik/internationale-energiepolitik.html> (Abgerufen am 29.11.2019).
- BFE (2018a): Energiestrategie 2050. <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/politik/energiestrategie-2050.html> (Abgerufen am 29.11.2019).
- BFE (2018b). Folienpräsentation: Energiestrategie 2050 nach dem Inkrafttreten des neuen Energiegesetzes. https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/politik/energiestrategie-2050/jcr_content/par/tabs/items/tab/tabpar/externalcontent.external.exturl.pdf/aHR0cHM6Ly9wdWJkYi5iZmUuYWRTaW4uY2gvZGUvcHVibGljYX/Rpb24vZG93bmVvYVQvODk5My5wZGY=.pdf (Abgerufen am 29.11.2019).
- BFE (2018c). Windatlas Schweiz. https://www.uvek-gis.admin.ch/BFE/storymaps/EE_Windatlas/?lang=de# (Abgerufen am 30.10.2018).
- BFE (2019a). Netzentwicklung – Strategie Stromnetze. <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/stromversorgung/stromnetze/netzentwicklung-strategie-stromnetze.html> (Abgerufen am 29.11.2019).
- BFE (2019b). Windatlas Schweiz. Abgerufen von http://www.uvek-gis.admin.ch/BFE/storymaps/EE_Windatlas/?lang=de (Abgerufen am 29.11.2019).
- BFE (2019c). Solarenergie Hausdach. Abgerufen von <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/geoinformation/geodaten/solar/solarenergie-eignung-hausdach.html> (Abgerufen am 29.11.2019).
- Bonaiuto, M., Aiello, A., Perugini, M., Bonnes, M., Ercolani, A.P. (1999). Multidimensional perception of residential environment quality and neighbourhood attachment in the urban environment. *Journal of Environmental Psychology* 19(4):331–352. <https://doi.org/10.1006/jevp.1999.0138>
- Bonaiuto, M., Fornara, F., Bonnes, M. (2003). Indexes of perceived residential environment quality and neighbourhood attachment in urban environments: a confirmation study on the city of Rome. *Landscape and Urban Planning* 65(1–2):41–52. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00236-0](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00236-0)
- Bontadina, F., Contesse, P., Gloor, S. (2001): Wie beeinflusst die persönliche Betroffenheit die Einstellung gegenüber Füchsen in der Stadt? *Forest Snow and Landscape Research* 76(1–2):255–266. <https://www.dora.lib4ri.ch/wsl/islandora/object/wsl:15405> (Abgerufen am 29.11.2019).
- Bourassa, S.C. (1991). *The aesthetics of landscape*. Belhaven, London/New York.
- Bradley, M. M., Lang, P. J. (2007). The International Affective Picture System (IAPS) in the study of emotion and attention. In J. A. Coan, Allen, J. J. B., Eds., *Handbook of Emotion Elicitation and Assessment*. Oxford University Press, Oxford, UK, 29–46.
- Brahms, E., Peters, J. (2012). Landschaftsbild, Erholungsnutzung und Windenergieanlagen in der Planungsregion Magdeburg. Abschlussbericht, entera/HNEE, Hannover und Eberswalde. https://www.regionmagdeburg.de/media/custom/493_722_1.PDF?1379420887 (Abgerufen am 29.11.2019).
- Bronfman, N., Jimenez, R., Arevalo, P., Cifuentes, L. (2012). Understanding social acceptance of electricity generation sources. *Energy Policy* 46, 246–252. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.03.057>
- BRP (1996). Leitfaden für die Richtplanung. Bundesamt für Raumplanung. https://www.are.admin.ch/dam/are/de/dokumente/raumplanung/publikationen/leitfaden_fuer_dierichtplanung.pdf.download.pdf/leitfaden_fuer_dierichtplanung.pdf (Abgerufen am 29.11.2019).
- Chergui, M., Nazeeruddin, M.K., Röthlisberger, U. (2019). Solarzellen aus Perowskit werden praxistauglich. NFP Energie, Nationale Forschungsprogramme 70 und 71. <https://www.nfp-energie.ch/de/projects/1016/> (Abgerufen am 29.11.2019).
- Chiabrando, R., Fabrizio, E., Garnero, G. (2009). The territorial and landscape impacts of photovoltaic systems: Definition of impacts and assessment of the glare risk. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13 (9), 2441–2451. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.06.008>
- Cohen, J.J., Reichl, J. and Schmidthaler, M. (2014) Re-focussing research efforts on the public acceptance of energy infrastructure: A critical review. *Energy* 76: 4–9. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.12.056>
- Critchley, H.D. (2002). Electrodermal Responses: What Happens in the Brain. *The Neuroscientist* 8(2). 132–142. <https://doi.org/10.1177/107385840200800209>

- Der Bundesrat (2013). Strategie Stromnetze; Detailkonzept im Rahmen der Energiestrategie 2050. https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/stromversorgung/stromnetze/netzentwicklung-strategie-stromnetze/_jcr_content/par/tabs/items/tab/tabpar/externalcontent.external.ex-turl.pdf/aHR0cHM6Ly9wdWJkYi5iZmUuYWRTaW4uY2gvZGUvcHVib-GljiYX/Rpb24vZG93bmxvYWQvNzA5MS5wZGY=.pdf (Abgerufen am 29.11.2019).
- Devine-Wright P. (2007) Reconsidering public attitudes and public acceptance of renewable energy technologies: a critical review. Manchester: School of Environment and Development, University of Manchester. https://geography.exeter.ac.uk/beyond_nimbyism/deliverables/bn_wp1_4.pdf (Abgerufen am 29.11.2019).
- Devine-Wright, P. (2011). Enhancing local distinctiveness fosters public acceptance of tidal energy: A UK case study. *Energy Policy* 39: 83-93. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.09.012>
- Devine-Wright, P., Batel, S. (2013). Explaining public preferences for high voltage pylon designs: An empirical study of perceived fit in a rural landscape. *Land Use Policy* 31:640–649. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.09.011>
- Devine-Wright, P., Batel, S. (2017). My neighbourhood, my country or my planet? The influence of multiple place attachments and climate change concern on social acceptance of energy infrastructure. *Global Environmental Change* 47:110–120. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.08.003>
- Díaz, P., Adler, C., Patt, A. (2017). Do stakeholders' perspectives on renewable energy infrastructure pose a risk to energy policy implementation? A case of a hydropower plant in Switzerland. *Energy Policy* 108:21–28. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.05.033>
- Dunlap, R.E., Van Liere, K.D. (2008). The "New Environmental Paradigm". *The Journal of Environmental Education* 40(1):19–28. <https://doi.org/10.1080/00958964.1978.10801875>
- Egli, T., Bolliger, J., Kienast, F. (2017). Evaluating ecosystem service trade-offs with wind electricity production in Switzerland. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 67: 863-875. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.074>
- EnergieSchweiz (2019). Solare Architektur – Jetzt und für die Zukunft. Bundesamt für Energie, https://www.swiss-solar.ch/fileadmin/user_upload/Shop/805.522_Broschueere_eCH_Solare_Architektur_D_web.pdf (Abgerufen am 29.11.2019).
- Europäische Kommission (2019). Eine Energieunion für Europa. <https://www.consilium.europa.eu/de/policies/energy-union> (Abgerufen am 29.11.2019).
- Felber Rufer, P. (2006). Landschaftsveränderung in der Wahrnehmung und Bewertung der Bevölkerung. Eine qualitative Studie in vier Schweizer Gemeinden. WSL. Birmensdorf. <https://www.dora.lib4ri.ch/wsl/is-landora/object/wsl:10343> (Abgerufen am 29.11.2019).
- Google (2018). Earth Pro für Desktop-Computer. <https://www.google.com/intl/de/earth/desktop> (Abgerufen am 29.11.2019).
- Grätzel, M., Steiner, U., Yum, J.-H., Domanski, K., Niesen, B., Sanchez Alonso, S., Abate, A., Kubicki, D.J. (2019). Die Zukunft der Solarzelle heisst Perowskit. Nationales Forschungsprogramm 70 und 71 «Energie», <https://www.nfp-energie.ch/de/projects/956> (Abgerufen am 29.11.2019).
- Grübel, J., Weibel, R., Jiang, M.H., Hölscher, C., Hackman, D.A., Schinazi, V.R. (2017). EVE: A Framework for Experiments in Virtual Environments. In Barkowsky, T., H. Burte, H. Hölscher, C. Schultheis /Eds.), *Spatial Cognition X, Spatial Cognition 2016, KogWis 2016. Lecture Notes in Computer Science* 10523, 159-176, Springer, Cham. <https://www.research-collection.ethz.ch/handle/20.500.11850/219645> (Abgerufen am 29.11.2019).
- Hastik, R., Basso, S., Geitner, C., Haida, C., Poljanec, A., Portaccio, A., Vrščaj, B., Walzer, C. (2015). Renewable energies and ecosystem service impacts. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 48, 608-623. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.004>
- Hawcroft, L.J., Milfont, T.L. (2010). The use (and abuse) of the new environmental paradigm scale over the last 30 years: A meta-analysis. *Journal of Environmental Psychology* 30(2):143–158. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2009.10.003>
- Heras-Saizarbitoria, I., Cilleruelo, E., Zamanillo, I. (2011). Public acceptance of renewables and the media: an analysis of the Spanish PV solar experience. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15(9):4685–4696. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.083>

- Hettich, P., Camenisch, L., Hofmann, B., Petrovich, B., Thaler, P., Wüstenhagen, R. (2019): Europäischer Strommarkt: Ein Fernbleiben wird teuer, eröffnet aber auch Spielräume. Zusammenfassung des Forschungsprojekts "Europäisierung des Schweizer Energiesystems", NFP Energie. <https://www.nfp-energie.ch/de/projects/1025> (Abgerufen am 29.11.2019).
- Huber, J., Zwerina, K. (1996). The Importance of Utility Balance in Efficient Choice Designs. *Journal of Marketing Research* 33(3):307–317. <https://doi.org/10.1177/002224379603300305>
- Hübner, G., Elisabeth, L., Hampl, N., Wüstenhagen, R. (2013). Wirkungen von Windkraftanlagen auf Anwohner in der Schweiz: Einflussfaktoren und Empfehlungen. Abschlussbericht, Institut für Wirtschaft und Ökologie der Universität St. Gallen und Institut für Psychologie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle. https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Akzeptanz/Wirkungen_von_WKA_auf_Anwohner_2013.pdf (Abgerufen am 29.11.2019).
- Hunziker, M. (1992). Tourismusbedingte Landschaftsveränderung im Urteil der Touristen. *Geographica Helvetica*, 47(4), 143-149. https://www.dora.lib4ri.ch/wsl/islandora/object/wsl%3A2911/datastream/PDF/Hunziker-1992-Tourismusbedingte_Landschaftsver%C3%A4nderung_im_Urteil_der_Touristen-%28published_version%29.pdf (Abgerufen am 29.11.2019).
- Hunziker, M. (2010). Die Bedeutung der Landschaft für den Menschen: objective Eigenschaft der Landschaft oder individuelle Wahrnehmung des Menschen? *Forum für Wissen* 2010: 33-41. https://www.dora.lib4ri.ch/wsl/islandora/object/wsl%3A13903/datastream/PDF/Hunziker-2010-Die_Bedeutungen_der_Landschaft_f%C3%BCr-%28published_version%29.pdf (Abgerufen am 29.11.2019).
- Hunziker, M., Buchecker, M., Hartig, T. (2007). Space and Place - two aspects of the human-landscape relationship. In: Kienast F, Ghosh S and Wildi O (eds): A changing world - challenges for landscape research. *Landscape Series Springer*, 47-62.
- Hunziker, M., Hoffmann, C., Wild-Eck, S. (2001). Die Akzeptanz von Wolf, Luchs und «Stadtfuchs» - Ergebnisse einer gesamtschweizerisch-repräsentativen Umfrage. *Forest Snow and Landscape Research* 76(1–2): 301–326. <https://www.dora.lib4ri.ch/wsl/islandora/object/wsl:15313> (Abgerufen am 29.11.2019).
- Jones, C. R., & Eiser, J. R. (2010). Understanding 'local' opposition to wind development in the UK: How big is a backyard? *Energy Policy*, 38(6), 3106-3117. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2010.01.051>
- Jorgensen, B.S., Stedman, R. (2001). Sense of place as an attitude: lakeshore property owners' attitudes toward their properties. *Journal of Environmental Psychology* 21, 233–248. <https://doi.org/10.1006/jevp.2001.0226>
- Kahl, A., Dujardin, J., Lehning, M. (2019). The bright side of PV production in snow-covered mountains. *PNAS*, 116(4), 1162-1167. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1720808116
- Kanton Bern (2019a). Richtplan Kanton Bern, Massnahme C_21 «Anlagen zur Windenergieproduktion fördern». https://www.jgk.be.ch/jgk/de/index/raumplanung/raumplanung/kantonaler_richtplan/suche.assetref/dam/documents/JGK/AGR/de/Raumplanung/Richtplan/agr_richtplan_c_21_de.pdf (Abgerufen am 29.11.2019).
- Kanton Bern (2019b). Richtplan Kanton Bern, Richtplan 2030. Stand: 20. November 2019. https://www.jgk.be.ch/jgk/de/index/raumplanung/raumplanung/kantonaler_richtplan.assetref/dam/documents/JGK/AGR/de/Raumplanung/Richtplan/agr_richtplan_richtplan_de.pdf (Abgerufen am 29.11.2019).
- Kanton Bern, Amt für Gemeinden und Raumordnung (2018). Anlagen zur Nutzung der Windenergie. Bewilligungsverfahren und Beurteilungskriterien. Wegleitung 2018, Bern. https://www.bve.be.ch/bve/de/index/energie/energie/windkraft.assetref/dam/documents/JGK/AGR/de/Raumplanung/Arbeitshilfen/agr_raumplanung_arbeitshilfen_wegleitung_anlagen_zur_nutzung_der_windenergie_de.pdf (Abgerufen am 29.11.2019).
- Kaplan, R., Kaplan, S. (1989). The experience of nature. A psychological perspective. University Press, Cambridge.
- Kaufmann, U. (2019). Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien – Ausgabe 2018. Dr. Eicher +Pauli AG, Liestal, im Auftrag des Bundesamts für Energie BFE, Sektion Analysen und Perspektiven. https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/teilstatistiken/jcr_content/par/tabs/items/tab/tabpar/externalcontent.external.ex-turl.pdf/aHR0cHM6Ly9wdWJkYi5iZmUuYWRTaW4uY2gvZGUvcHVibGJlYX/Rpb24vZG93bmVYWQvOT-gyOS5wZGY=.pdf (Abgerufen am 29.11.2019).

- Kienast, F., Frick, J., Steiger, U. (2013). Neue Ansätze zur Erfassung der Landschaftsqualität. Zwischenbericht Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES), Umwelt-Wissen Nr. 1325, Bundesamt für Umwelt, Bern und Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf: 75 S. https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/landschaft/uw-umwelt-wissen/neue_ansaetze_zurerfassungderlandschaftsqualitaet.pdf.download.pdf/neue_ansaetze_zurerfassungderlandschaftsqualitaet.pdf (Abgerufen am 29.11.2019).
- Kienast, F., Huber, N., Hergert, R., Bolliger, J., Segura Moran, L., Hersperger, A.M. (2017). Conflicts between decentralized renewable electricity production and landscape services – A spatially-explicit quantitative assessment for Switzerland. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 67, 397-407. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.045>
- Lerner, J.S., Li, Y., Valdesolo, P., Kassam, K.S. (2015). Emotion and Decision Making. *Annual Review of Psychology*, 66: 799-823. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010213-115043>
- Lewicka, M. (2011) On the Varieties of People's Relationships With Places: Hummon's Typology Revisited. *Environment and Behavior* 43(5):676–709. <https://doi.org/10.1177/0013916510364917>
- Lienert, P., Sutterlin, B., Siegrist, M. (2015). Public acceptance of the expansion and modification of high-voltage power lines in the context of the energy transition. *Energy Policy* 87, 573-583. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.09.023>
- Lienert, P., Sutterlin, B., Siegrist, M. (2017). The influence of high-voltage power lines on the feelings evoked by different Swiss surroundings. *Energy Research & Social Science*, 23(Supplement C), 46–59. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2016.11.010>
- Lobaccaro, G., Croce, S., Lindkvist, C., Munari Probst, M.C., Scognamiglio, A., Dahlberg, J., Lundgren, M., Wall, M. (2019). A cross-country perspective on solar energy in urban planning: Lessons learned from international case studies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 108, 209-237. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.03.041>
- Louviere, J.J., Hensher, D.A., Swait, J.D. (2000). Stated choice methods: analysis and applications. Cambridge; New York, NY, US: Cambridge University Press. <https://pdfs.semanticscholar.org/ab37/e185a0eaccac5c44ef96735ebfc1eed46fcb.pdf> (Abgerufen am 29.11.2019).
- MAXON (2018). Cinema 4D. <https://www.maxon.net/de/produkte/cinema-4d/cinema-4d/> (Abgerufen am 29.11.2019).
- Meier, C., Bucher, A. (2010). Die zukünftige Landschaft erinnern: eine Fallstudie zu Landschaft, Landschaftsbewusstsein und landschaftlicher Identität in Glarus Süd. Bern: Haupt.
- Meteotest (2012) Energiestrategie 2050. Berechnung der Energiepotenziale für Wind- und Sonnenenergie. BAFU-Meteotest. <https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/uvp/externe-studien-be-richte/energiestrategie2050berechnungderenergiepotenzialefuerwind-undso.pdf.download.pdf/energiestrategie2050berechnungderenergiepotenzialefuerwind-undso.pdf> (Abgerufen am 29.11.2019).
- Michel, A.H., Buchecker, M., Backhaus, N. (2015). Renewable Energy, Authenticity, and Tourism: Social Acceptance of Photovoltaic Installations in a Swiss Alpine Region. *Mountain Research and Development*, 35(2): 161-170. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-14-00111.1>
- Michelon, R., Stettler, D. Borer, A. (2012). Kantonale Planung Windenergie – Grundlagenbericht. Amt für Umweltkoordination und Energie des Kantons Bern. https://www.bve.be.ch/bve/de/index/energie/energie/windkraft.assetref/dam/documents/BVE/AUE/de/wind/aue_akt_en_kp_wind_grundlagenbericht_d.pdf (Abgerufen am 29.11.2019).
- Molnarova, K., Sklenicka, P., Stiborek, J., Svobodova, K., Salek, M., Brabec, E. (2012). Visual preferences for wind turbines: Location, numbers and respondent characteristics. *Applied Energy* 92: 269-278. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.11.001>
- Moro, A., Boelman, E., Joanny, G., Lopez Garcia, J. (2018). A bibliometric-based technique to identify emerging photovoltaic technologies in a comparative assessment with expert review. *Renewable Energy*, 123, 407-416. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.02.016>
- Munari Probst, M.C., Roecker, C. (2019). Criteria and policies to master the visual impact of solar systems in urban environments: The LESO-QSV method. *Solar Energy* 184, 672-687. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.03.031>
- Ntanos, S., Kyriakopoulos, G., Chalikias, M., Arabatzis, G., Skordoulis, M. (2018). Public Perceptions and Willingness to Pay for Renewable Energy: A Case Study from Greece. *Sustainability* 10(3): 687. <https://doi.org/10.3390/su10030687>

- Olschewski, R. (2013). How to value protection from natural hazards – a step-by-step discrete choice approach. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 13(4):913–922. <https://doi.org/10.5194/nhess-13-913-2013>
- Olschewski, R., Bebi, P., Teich, M., Wissen Hayek, U., und Grêt-Regamey, A. (2012). Avalanche protection by forests — A choice experiment in the Swiss Alps. *Forest Policy and Economics* 15:108–113. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2011.10.002>
- Perret-Aebi, L.-E., Cattaneo, G., Clua, A., Excarré, J., Heinsteins, P., Li, H., Lufkin, S., Rey, E. (2019). Die Ästhetik der Nachhaltigkeit. Nationales Forschungsprogramm 70 und 71 “Energie”, <https://www.nfp-energie.ch/de/projects/957> (Abgerufen am 29.11.2019).
- Piana, V. (2019). Floating PV in mountain artificial lakes: a sustainable contribution? HES-SO Valais-Wallis, Institute of Sustainable Energy, Switzerland; Swiss Competence Center for Energy Research CREST. https://www.researchgate.net/publication/335841803_Floating_PV_in_mountain_artificial_lakes_a_sustainable_contribution (Abgerufen am 29.11.2019).
- Price, B., Kienast, F., Seidl, I., Ginzler, C., Verburg, P.H., Bolliger, J. (2015). Future landscapes of Switzerland: Risk areas for urbanisation and land abandonment. *Applied Geography* 57, 32–41. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.12.009>
- Rey, E. (2019). Das Beste aus beiden Welten: Die Kombination aus Gebäudehülle und Energiequelle. NFP Energie, Nationale Forschungsprogramme 70 und 71. <https://www.nfp-energie.ch/de/projects/umbrella/106/> (Abgerufen am 29.11.2019)
- Rey L., Hunziker, M., Stremlow, M., Arn, D., Rudaz, G., Kienast, F. (2017). Wandel der Landschaft: Erkenntnisse aus dem Monitoringprogramm Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES), Bern, Umwelt-Zustand Nr. 1641, Bundesamt für Umwelt, Bern, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf: 72 S. <https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/landschaft/uz-umwelt-zustand/wandel-der-landschaft.pdf.download.pdf/UZ-1641-D.pdf> (Abgerufen am 29.11.2019)
- Rodewald, R. (2001). Sehnsucht Landschaft: Landschaftsgestaltung unter ästhetischem Gesichtspunkt. 2. Aufl. Zürich: Chronos.
- Rodewald, R., Schwyzer, Y., Liechti, K. (2014). Katalog der charakteristischen Kulturlandschaften der Schweiz. Grundlage zur Ermittlung von Landschaftsentwicklungszielen, inkl. Beispielgebiete zum Katalog. <https://www.sl-fp.ch/de/stiftung-landschaftsschutz-schweiz/dokumentation/katalog-charakteristische-kulturlandschaften-53.html> (Abgerufen am 29.11.2019).
- Rösch, C. (2016). Agrophotovoltaik – die Energiewende in der Landwirtschaft. *GAIA* 25(4): 242–246. <http://dx.doi.org/10.14512/gaia.25.4.5>
- Rosenholtz, R., Li, Y., Nakano, L. (2007). Measuring visual clutter. *Journal of Vision* 7(2): 17, 1–22. <https://doi.org/10.1167/7.2.17>
- Sánchez-Pantoja, N., Vidal, R., Pastor, M.C. (2018). Aesthetic impact of solar energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 98, 227–238. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.09.021>
- Sawtooth (2017). Technical Paper Series: The CBC System for Choice-Based Conjoint Analysis (Version 9, Technical paper) Sawtooth Software, 28. <https://www.sawtoothsoftware.com/support/technical-papers/cbc-related-papers/cbc-technical-paper-2013> (Abgerufen am 29.11.2019)
- Schweizerischer Bundesrat (2013). Botschaft zum ersten Massnahmenpaket der Energiestrategie 2050. <https://www.admin.ch/opc/de/federal-gazette/2013/7561.pdf> (Abgerufen am 29.11.2019).
- Scognamiglio, A. (2016). ‘Photovoltaic landscapes’: Design and assessment. A critical review for a new transdisciplinary design vision. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 55, 629–661. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.072>
- Segura Morán, L., Kienast, F., Hersperger, A.M. (2014). Conflicts between the production of renewable energy and other landscape services in Switzerland. Final Report, WSL.
- Shubbak, M.H. (2019). Advances in solar photovoltaics: Technology review and patent trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 115: 109383. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109383>
- SL, Stiftung Landschaftsschutz Schweiz (2013). Leitfaden für die Beurteilung von Solarenergieanlagen. https://www.sl-fp.ch/admin/data/files/asset/file/281/130701_sl_leitfaden_solarenergie.pdf?lm=1550763918 (Abgerufen am 29.11.2019).
- SL, Stiftung Landschaftsschutz Schweiz (2018). Landschaftsschutz und Windenergieanlagen. Positionspapier der SL. https://www.sl-fp.ch/admin/data/files/asset/file/280/180101_sl_positionspapier_windkraft.pdf?lm=1550763534 (Abgerufen am 29.11.2019).

- Spielhofer, R., Fabrikant, S.I., Rebsamen, J., Vollmer, M., Grêt-Regamey, A., Wissen Hayek, U. (2017), 3D Point Clouds for Representing Landscape Change. In: Buhmann, E., Hehl-Lange, S., Digital Landscape Architecture, 2-2017. Herbert Wichmann Verlag, VDE VERLAG GMBH, Berlin/Offenbach, 206-213. <https://doi.org/10.14627/537629021>
- 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> (Abgerufen am 29.11.2019).
- Steiger, U. (2016). Den Landschaftswandel gestalten. Überblick über landschaftspolitische Instrumente. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1611: 108 S. https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/landschaft/uw-umwelt-wissen/den_landschaftswandelgestalten.pdf.download.pdf/den_landschaftswandelgestalten.pdf (Abgerufen am 29.11.2019).
- Strazzera, E., Mura, M., Contu, D. (2012). Combining choice experiments with psychometric scales to assess the social acceptability of wind energy projects: A latent class approach. Energy Policy 48: 334-347. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.05.037>
- StremLOW, M., Sidler, C. (2002). Schreibzüge durch die Wildnis: Wildnisvorstellungen in Literatur und Printmedien der Schweiz. Berne: Haupt.
- Ströbele, M., Hunziker, M. (2015). Raumannsprüche der Gesellschaft. In: Tobias, S. (Ed), Raumannsprüche von Mensch und Natur, Synthesebericht des WSL Programms, WSL Berichte 35, Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, pp.47-58. <https://www.dora.lib4ri.ch/wsl/islandora/object/wsl%3A9060/datastream/PDF/view> (Abgerufen am 29.11.2019).
- Suisse Eole (2019). Windenergie – Technik. <https://www.suisse-eole.ch/de/windenergie/technik> (Abgerufen am 29.11.2019).
- Swissolar (2017) Solarpotenzial Schweiz. Abgerufen von https://www.swissolar.ch/fileadmin/user_upload/Swissolar/Top_Themen/Solarpotenzial_Schweiz.pdf (Abgerufen am 29.11.2019).
- Swissolar/Häberlin (2010). Photovoltaik – Technik. <https://www.swissolar.ch/ueber-solarenergie/photovoltaik/technik> (Abgerufen am 29.11.2019).
- Tabi, A., Wüstenhagen, R. (2015). Befragung der Anwohner von möglichen Windparks in der Ostschweiz. Universität St. Gallen, Institut für Wirtschaft und Ökologie, pp. 58. https://iwoe.unisg.ch/-/media/dateien/instituteundcenters/iwoe/news/151118_windoch_report_20151118.pdf?la=de&hash=7C415A5566090B666F3B7DF8156AD64DFDA6B635 (Abgerufen am 29.11.2019).
- Torkler, D., Zeidler, M. (2013). Sichtbarkeitsanalyse von bestehenden Windenergieanlagen sowie geplanten Windeignungsfeldern für die Fläche des Nationalparks Unteres Odertal (Phase 1). Hochschule für nachhaltige Entwicklung, Eberswalde. https://www.nationalpark-unteres-odertal.eu/wp-content/uploads/2013/12/Bericht_Sicht_phase1_nlpuo_torkler_redAe20131022.pdf (Abgerufen am 29.11.2019).
- Torres-Sibille A.d.C., Cloquell-Ballester V.-A., Cloquell-Ballester V.-A., Darton, R. (2009). Development and validation of a multicriteria indicator for the assessment of objective aesthetic impact of wind farms. Renewable and Sustainable Energy Reviews 13: 40-66. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2007.05.002>
- Torres-Sibille, A. d. C., Cloquell-Ballester, V.-A., Cloquell-Ballester, V.-A., Ramirez, M.A.A. (2009). Aesthetic impact assessment of solar power plants: An objective and a subjective approach. Renewable and Sustainable Energy Reviews 13, 986-999. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.03.012>
- Tsoutsos, T., Frantzeskaki, N., Gekas, V. (2005). Environmental impacts from the solar energy technologies. Energy Policy 33(3), 289-296. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(03\)00241-6](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(03)00241-6)
- Ulrich, R.S. (1986). Human Responses to Vegetation and Landscapes. Landscape and Urban Planning, 13, 29-44. [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(86\)90005-8](https://doi.org/10.1016/0169-2046(86)90005-8)
- UVEK, KdK, BPUK, SSV, SGV (2012): Raumkonzept Schweiz. Überarbeitete Fassung, Bern. https://www.are.admin.ch/dam/are/de/dokumente/raumplanung/publikationen/raumkonzept_schweiz.pdf.download.pdf/raumkonzept_schweiz.pdf (Abgerufen am 29.11.2019).
- Van der Horst, D., (2007). NIMBY or not? Exploring the relevance of location and the politics of voiced opinions in renewable energy siting controversies. Energy Policy 35, 2705-2714. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.12.012>
- Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen VSE (2019). Notwendige Annahmen für eine sachliche Einschätzung der Stromversorgungssicherheit. <https://www.strom.ch/de/media/5752/download> (Abgerufen am 29.11.2019).

- VLP-ASPAN (2014). Der Sachplan des Bundes – ein unterschätztes Instrument. Raum & Umwelt. März 2/2014. https://www.espacesuisse.ch/sites/default/files/documents/ru_14_02-web_0.pdf (Abgerufen am 29.11.2019).
- Watson, S., Moro, A., Reis, V., Baniotopoulos, C. Barth, S., et al. (2019). Future emerging technologies in the wind power sector: A European perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 113: 109270. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109270>
- Wissen Hayek, U., Endres, L., Spielhofer, R., Grêt-Regamey, A. (2018). Sound ambiances consistent with visualizations of landscape types – An evaluation. *Journal of Digital Landscape Architecture* 3, 172-180. <https://doi.org/10.14627/537642018>.
- Wissen Hayek, U., Spielhofer, R., Grêt-Regamey, A. (2019). Preparing 3D Point Clouds as Stimuli for Landscape Preference Studies: Lessons Learned. *Journal of Digital Landscape Architecture*, 4-2019. Herbert Wichmann Verlag, VDE VERLAG GMBH Berlin, Offenbach, 250 - 257, <https://doi.org/10.14627/537663027>
- Wolsink, M. (2000). Wind power and the NIMBY-myth: institutional capacity and the limited significance of public support. *Renewable Energy* 21(1):49–64. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(99\)00130-5](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(99)00130-5)
- Wolsink, M. (2007a). Wind power implementation: The nature of public attitudes: Equity and fairness instead of 'backyard motives'. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(6), 1188-1207. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2005.10.005>
- Wolsink, M. (2007b). Planning of renewables schemes: Deliberative and fair decision-making on landscape issues instead of reproachful accusations of non-cooperation. *Energy Policy*, 35(5), 2692-2704. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2006.12.002>
- Wolsink, M. (2012). Wind Power: Basic Challenge Concerning Social Acceptance wind power social acceptance. In R. Meyers (Ed.), *Encyclopedia of Sustainability Science and Technology* (pp. 12218-12254): Springer New York.