

steuerBAR? Wo wollen wir «Energiewänschaften» und wo nicht?

Boris Salak¹, Felix Kienast¹, Roland Olschewski¹, Reto Spielhofer², Ulrike Wissen², Adrienne Grät-Regamey² und Marcel Hunziker¹

¹ Eidg. Forschungsanstalt WSL, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf, boris.salak@wsl.ch

² ETH Zürich, Institut für Raum- und Landschaftsentwicklung (IRL), 8093 Zürich

Die vorliegende Studie befasst sich mit den Präferenzen der Schweizer Bevölkerung in Bezug auf Infrastrukturen zur Produktion erneuerbarer Energie (engl. IPRE: Wind, Photovoltaik) in charakteristischen Schweizer Landschaften. Es wurde eine repräsentative Online-Panelumfrage (n = 1063) durchgeführt, die ein visuelles Entscheidungsexperiment beinhaltete. Die Ergebnisse legen nahe, dass das Vorhandensein von Energieanlagen die wahrgenommene Landschaftsqualität in den meisten Fällen reduziert, in einigen Landschaften mehr (Berggebiete abseits von Infrastrukturen, Voralpen, Jura), in anderen weniger (siedlungsgeprägtes Flachland und entsprechende Berggebiete (Alpentäler), touristisch geprägte Berggebiete). Das gänzliche Fehlen von Photovoltaik-Infrastrukturen wird in letzteren von der Bevölkerung sogar negativ bewertet, doch eine Kombination mit Wind-Infrastrukturen kann die Beurteilung positiv beeinflussen. Der Einbezug der Bevölkerungssicht in die Planung von IPRE wird im Hinblick auf deren Akzeptanz empfohlen.

1 Hintergrund und Motivation

2011 war ein entscheidendes Jahr für die Energiepolitik in der Schweiz und in vielen anderen Ländern Europas. Die Kernschmelze im japanischen Kernkraftwerk Fukushima am 11. März 2011 führte zum Umdenken in vielen Regierungen. Die nukleare Energieproduktion wurde hinterfragt, und es wurde eine Umstellung zugunsten erneuerbarer Energieträger erwogen. Deutschland verabschiedet sich bis 2050 schrittweise von seinen Atomkraftwerken (Die Bundesregierung 2011), und auch andere Staaten der Europäischen Union setzen vermehrt auf neue erneuerbare Energieträger wie Wind, Photovoltaik, Biomasse und Geothermie (z.B. Österreich: STREICHER *et al.* 2010; Deutschland: Die Bundesregierung 2013; Island: MACKAY und PROBERT 1996; Schweden: IEA and OECD 2013; Dänemark: Danish Ministry of Climate and Energy und Regeringen 2011; Italien: Ministero dello Sviluppo Economico 2013 u.v.m.).

Auch in der Schweiz hat das Atomunglück von Fukushima deutliche Spuren hinterlassen. So wurde unmittelbar danach vom Bundesrat eine Überprüfung der Energiestrategie der Schweiz veranlasst und in der Folge ein Aus-

stieg aus der Kernenergie (Verbot des Baus neuer Anlagen) bis 2050 mit entsprechendem Massnahmenpaket vorgeschlagen, das vom Schweizer Stimmvolk angenommen wurde (Bundesamt für Energie BFE 2017). Das Paket beinhaltet Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz, zum Ausbau von Infrastrukturen für die Produktion erneuerbarer Energie und zum schrittweisen Atomausstieg. Als ein Ziel wird «eine Elektrizitätsproduktion mit [neuen] erneuerbaren Energien [...] im Jahr 2050 [mit] insgesamt 24,22 TWh» Energie pro Jahr angegeben (Schweizerischer Bundesrat 2013).

Der Ausfall der Atomkraftwerke und die daraus entstehende Lücke in der Stromproduktion soll laut Bundesrat mit einheimischen, «neuen» erneuerbaren Energien geschlossen werden. Diese Energieträger umfassen Ressourcen aus Sonne, Wind, Holz, Biomasse, Geothermie u.a. Die Gross-Wasserkraft und deren Entwicklungsziele werden in diesem Zusammenhang getrennt ausgewiesen und sind somit nicht den Zielen der neuen erneuerbaren Energien zuzuordnen. In der Schweiz weist die traditionelle Gross-Wasserkraft ohnehin nur noch ein geringes Ausbaupotenzial auf, das 2019 vom BFE noch weiter zurückgestuft wurde (Bundesamt für Energie BFE 2019).

2017 lag der Anteil neuer erneuerbarer Energien in der Schweiz bei 3,16 TWh Energie (KAUFMANN 2017). Um die Ziele des Bundesrats zu erreichen, muss der Anteil der neuen erneuerbaren Energieträger an der Schweizer Stromproduktion bis 2050 um mehr als das Siebenfache gesteigert werden (siehe Abb. 1). Eine bedeutende Rolle im Strom-Mix 2050 werden sowohl Wind- als auch Photovoltaikenergie spielen. Um die selbstgesetzten Ziele zu erreichen, sind bis 2050 etwa 700 neue Windenergieanlagen (jeden 17. Tag eine neue Anlage) und zusätzlich neue PV-Anlagen auf ca. jedem dritten Dach (oder alle 5 Minuten eine neue Anlage) erforderlich (historische Gebäude ausgenommen).

Die Integration von Infrastrukturen zur Produktion von erneuerbarer Energie (IPRE) in die Landschaft bedeutet eine Transformation dieser Landschaft zu einer «Energiewänschaft» (BOUZAROVSKI 2009; BLASCHKE *et al.* 2013): IPRE sollten idealerweise dort positioniert werden, wo sie ihre maximal mögliche Wirkung entwickeln. Dies sind oftmals landschaftlich exponierte Lagen, wie Bergkämme bei Windenergieanlagen, sowie Gebäude (gebäudeintegrierte PV-Anlagen) und freies Gelände (PV-Freiflächenanlagen) bei Photovoltaikanlagen. PV-Freiflächenanlagen sind nach aktuellem Rechtsstand in der Schweiz nicht realisierbar, könnten aber in Verbindung mit einem allfälligen künftigen Verzicht auf fossile Anteile im Energiesystem zugunsten der Reduktion des CO₂-Ausstosses an Bedeutung gewinnen.

In jedem Fall stellt sich die Frage nach den Auswirkungen von Energieinfrastrukturen auf die (wahrgenommene) Qualität der Landschaft und nach Möglichkeiten zur Vermeidung bzw. Geringhaltung von Qualitätsverlusten. Denn die Literatur belegt, dass IPRE aufgrund negativ beur-

teilter landschaftlicher Auswirkungen auf Ablehnung und Widerstand stossen können (WOLSINK 2007a). Im Rahmen der Schweizer Energiestrategie 2050 ist daher die Beurteilung der durch IPRE bedingten Landschaftsveränderung auch für die gesellschaftliche Akzeptanz der Energieanlagen bedeutend, ohne die eine erfolgreiche Umsetzung der Energiewende nicht möglich ist.

Die soziale Akzeptanz erneuerbarer Energieträger war bereits in der Vergangenheit oft im Fokus von Studien. Neben der oben erwähnten Studie von WOLSINK (2007a) belegen weitere Autoren, dass die wahrgenommene Auswirkung der Energiewende auf die Landschaftsqualität einen wesentlichen Faktor für die soziale Akzeptanz darstellt (WÜSTENHAGEN *et al.* 2007; STRAZZERA *et al.* 2012; EK und PERSSON 2014; DIMITROPOULOS und KONTOLEON 2009; WOLSINK 2007; CHIABRANDO *et al.* 2011; JONES und EISER 2010). Die visuelle Beurteilung einzelner Energieträger in der Landschaft ist dabei bereits teilweise gut erforscht (Windenergieanlagen: COHEN 1988; BETAKOVA *et al.* 2015; MOLNAROVA *et al.* 2012; STRAZZERA *et al.* 2012; PV-Anlagen: CHIABRANDO *et al.* 2009; SCOGNAMIGLIO 2016; TSOUTSOS *et al.* 2005). Allerdings lassen sich die Resultate nur eingeschränkt auf die Hügel- und Berggebiete der Schweizer Landschaften übertragen. Auch ist derzeit keine Studie bekannt, die eine Kombination unterschiedlicher Energietechnologien in verschiedenen Landschaften untersucht. Es fehlt daher an Wissen darüber, wie die landschaftliche Wirkung verschiede-

ner Kombinationen von Wind- und PV-Anlagen, aber auch der energietransportierenden Hochspannungsfreileitungen im Landschaftskontext von der Bevölkerung beurteilt wird.

Ein wesentliches Ziel des Forschungsvorhabens war daher, die Beurteilung der Auswirkungen von IPRE auf Schweizer Landschaften durch die Schweizer Bevölkerung zu erheben. Der Fokus wurde bewusst auf die besonders landschaftswirksamen Energieträger Wind und Photovoltaik sowie auf Hochspannungsfreileitungen gelegt, da hierbei unmittelbare visuell-ästhetische Auswirkungen zu erwarten waren.

2 Erhebung und Analyse von Präferenzen der Bevölkerung für IPRE-bedingte Landschaftsentwicklungen

Die gesellschaftlichen Präferenzen der Schweizer Bevölkerung wurden mittels einer repräsentativen Panel-Online-Befragung und unter Verwendung eines standardisierten Befragungsinstruments durchgeführt. Ein Online-Panel besteht aus einer Gruppe von Personen, die bei Organisationen (z.B. Marktforschungsinstituten) registriert sind und freiwillig (und oft gegen Bezahlung) an Umfragen teilnehmen. Aus einem solchen Panel wird je nach Anforderungen (Repräsentativität bezüglich Alter, Geschlecht etc.) eine Zufallsstichprobe gezogen, die den Verhältnissen der Gesamtbevölkerung

entspricht. In der vorliegenden Studie wurde diesbezüglich mit dem Marktforschungsinstitut und Online-Panel-Provider BILENDI GmbH zusammengearbeitet. Die Stichprobe ist für die Schweiz repräsentativ bezüglich Sprache, Alter, Geschlecht, Bildung und Landschaft. Im Zeitraum von Dezember 2018 bis März 2019 nahmen insgesamt 1063 Personen an der Online-Panel-Befragung teil. 20,6 % (n = 216) der ProbandInnen wurden aufgrund unterschiedlicher Qualitätskriterien (Gesamtzeit, Zeit in gewissen Abschnitten des Fragebogens, Konsistenz der Antworten etc.) aus der Stichprobe entfernt und von den weiteren Analysen ausgeschlossen.

Kernelement des Befragungsinstruments war ein sogenanntes visuelles Entscheidungsexperiment (Visual Choice Experiment; CE). Hierbei wird den ProbandInnen eine Auswahl an verschiedenen Szenarien zur Entscheidung vorgelegt. Jedes Szenario besteht aus einer Kombination von Attributen und deren Ausprägungen (Levels) (siehe Tab. 1). Folgende Attribute wurden berücksichtigt: «Landschaft» (LS), «Wind» (W), «Photovoltaik» (PV) und «Hochspannungsfreileitungen» (HL). Das Attribut «Landschaft» besteht aus sieben für die Schweiz charakteristischen Landschaften, die in einer der Befragung vorangegangenen Phase gemeinsam mit einer Expertengruppe ausgewählt wurden. Im Attribut «Photovoltaik» wurden neben gebäudeintegrierten und -aufgesetzten PV-Anlagen auch PV-Freiflächenanlagen berücksichtigt, da diese im Rahmen der Ent-

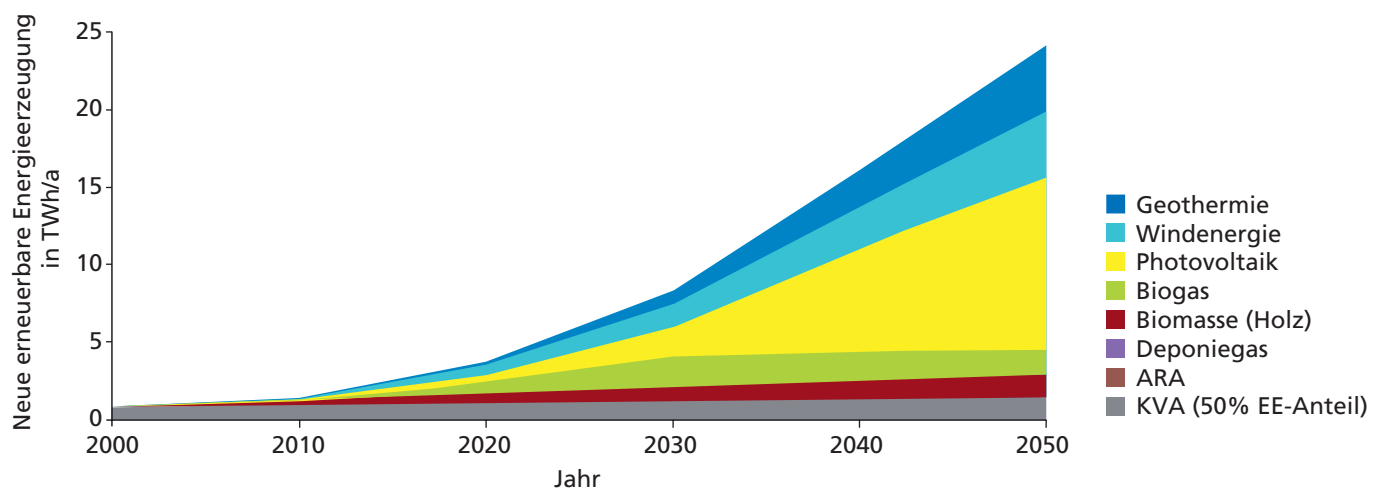


Abb. 1. Stromezeugung aus neuen erneuerbaren Energieträgern in der Schweiz in TWh/a bis zum Jahr 2050, Variante C&E, Szenario «Neue Energiepolitik» (Prognos 2012).

Tab. 1. Beschreibung der Attribute des Choice Experiments.

Nr.	Attribut	Attributlevel	Attributbeschreibung/-ausprägung
1	Landschaft (LS)	PLAT_URB	siedlungsgeprägtes Flachland
		PLAT_AGRI	landwirtschaftlich geprägtes Flachland
		JURA	sanftes Hügelland des Jura
		PRE_ALPS	Landschaften mit voralpinem Charakter
		ALP_URB	siedlungsgeprägte Berggebiete (Alpentäler)
		ALP_TOUR	touristisch geprägte Berggebiete
		ALP	andere Berggebiete (abseits von Infrastrukturen)
2	Wind (W)	Wind NO	keine Windenergieanlagen
		Wind MIN	geringe Anzahl an Windenergieanlagen (3)
		Wind MED	mittlere Anzahl an Windenergieanlagen (6)
		Wind MAX	grosse Anzahl an Windenergieanlagen (10 bzw. 15)
3	Photovoltaik (PV)	PV NO	keine PV
		PV MIN	geringe Fläche an PV-Gebäude- und PV-Freiflächenanlagen*
		PV MED	mittlere Fläche an PV-Gebäude- und PV-Freiflächenanlagen*
		PV MAX	grosse Fläche an PV-Gebäude- und PV-Freiflächenanlagen*
4	Hochspannungsfreileitung (HL)	PL NO	Absenz von Hochspannungsfreileitungen
		PL YES	Präsenz von Hochspannungsfreileitungen

* gemäss OAISPP (TORRES *et al.* 2009), ergänzt durch Berechnungen der Anzahl (pixel count) und Edges (edge count) der Pixel, die durch PV-Anlagen pro Szenario bedeckt sind.

wicklung zu einer «kohlenstoffarmen Gesellschaft» (siehe oben) zukünftig an Bedeutung gewinnen könnten.

Insgesamt ergeben sich durch die Kombination der Attributlevels 224 mögliche Szenarien (7 LS * 4 W * 4 PV * 2 HL = 224). Die Szenarien wurden als unbeschriftete Optionen, sprich rein visuell und ohne weitere textliche Erläuterung (unlabelled options), präsentiert. Jedem/r ProbandIn wurden pro Auswahlentscheidung zwei Optionen (= zwei unterschiedliche Szenarien) vorgelegt. Natürlich konnten die Befragten in der Umfrage nicht alle 224 Optionen beurteilen. Daher wurde ein sogenanntes «effizientes Design» berechnet, bei dem jedem/r ProbandIn 15 verschiedene Entscheidungssituationen präsentiert wurden. Die dem CE zugrunde liegende Frage lautete: «Wenn Sie sich zwischen folgenden Szenarien entscheiden müssten, welche Entscheidung würden Sie treffen?» Um die Entscheidungssituation realistischer zu gestalten, schlagen LOUVIERE *et al.* (2000) vor, eine sogenannte Opt-Out-Alternative hinzuzufügen, um die ProbandInnen zu keiner Entscheidung zu zwingen. Die ProbandInnen hatten daher zusätzlich zur Entscheidung zwischen den beiden Szenarien auch die Möglichkeit, keine Entscheidung zu treffen.

3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der Online-Panel-Befragung zeigen, welche Entwicklungen die Schweizer Bevölkerung im Vergleich der sieben charakteristischen Landschaften bevorzugen.

3.1 Bedeutung der Attribute in der Entscheidung der ProbandInnen

Die Analyse der Wichtigkeit der einzelnen Attribute bei der Wahlentscheidung (Tab. 2) zeigt, dass die Landschaft, in der die Energieszenarien präsentiert wurden, wesentlichen Einfluss hatte. Dieses Attribut wurde von den ProbandInnen sehr heterogen beurteilt. Wind- und PV-Infrastrukturen

waren ebenfalls wichtig, allerdings mit deutlichem Abstand zu den Landschaften. Somit ist die Beurteilung der ProbandInnen bei Wind- und PV-Infrastrukturen im Vergleich zur Beurteilung der Landschaften homogener. Das Attribut «HL» weist lediglich eine geringe Wichtigkeit bei den Entscheidungen aus. Dies deutet auf einen mehrheitlichen Konsens in der Bevölkerung bezüglich dieses Attributs hin.

3.2 Beurteilung von Energieszenarien durch die Schweizer Bevölkerung

Tabelle 3 zeigt eine Übersicht der Ergebnisse aus der sogenannten HB-Analyse (Hierarchical Bayes Analyse) und stellt den aggregierten Nutzen auf

Tab. 2. Bedeutung der Attribute bezogen auf die Wahlentscheidung (attribute importance; Orme 2014, S.192), Angaben in %, n = 1063. Die Wichtigkeit der Attribute repräsentiert jeweils den maximalen Einfluss, den ein Attribut auf die Auswahlentscheidung haben kann. Die Werte sind jeweils über alle Energieszenarien (Landschaft) bzw. alle Landschaften (Wind, PV, HL) gemittelt.

Attribut	Durchschnittliche Wichtigkeit in %	p-Werte
Landschaft (LS)	37,8	***p < 0,01
Wind (W)	26,3	***p < 0,01
Photovoltaik (PV)	23,6	***p < 0,01
Hochspannungsfreileitung (HL)	12,3	***p < 0,01

Tab. 3. Darstellung des durchschnittlichen Nutzens der ProbandInnen pro Attributlevel des Choice Experiments (CE), Ergebnis der Hierarchical Bayes Analyse (HB), Angaben in nullzentrierten Teilnutzwerten, n = 1063.

Attribut	Attributlevel	durchschnittliche individuelle Nutzen	p-Werte
Landschaft (LS)	1_PLAT_URB	29,1	***p < 0,01
	2_PLAT_AGRI	17,9	***p < 0,01
	3_JURA	-2,3	p < 0,15 (n. sign.)
	4_PRE_ALPS	-13,2	***p < 0,01
	5_ALP_URB	7,7	***p < 0,01
	6_ALP_TOUR	5,8	***p < 0,01
	7_ALP	-45,0	***p < 0,01
Windenergie-Infrastrukturen (W)	WIND NO	36,0	***p < 0,01
	WIND MIN	20,0	***p < 0,01
	WIND MED	-23,1	***p < 0,01
	WIND MAX	-32,9	***p < 0,01
Photovoltaikenergie-Infrastrukturen (PV)	PV NO	-6,4	***p < 0,01
	PV MIN	27,6	***p < 0,01
	PV MED	12,4	***p < 0,01
	PV MAX	-33,5	***p < 0,01
Hochspannungsfreileitungs-Infrastrukturen (HL)	HL NO	18,0	***p < 0,01
	HL YES	-18,0	***p < 0,01
Opt-Out	NONE	-105,2	***p < 0,01

Basis der Attributlevels dar. Der Nutzen spiegelt den jeweiligen Mehrwert des Attributlevels für die ProbandInnen wider. Je höher der Nutzen und je grösser der Abstand zwischen den Nutzenwerten eines Attributs, desto stärker wird das Attributlevel vor den anderen bevorzugt. Es wird deutlich, dass die Bevölkerung die potenzielle Platzierung von IPRE in verschiedenen Landschaften unterschiedlich beurteilt. So werden Platzierungen von IPRE im Flachland, den Alpentälern und den touristisch genutzten Berggebieten (PLAT_URB, PLAT_AGRI, ALP_URB, ALP_TOUR) positiver beurteilt als Platzierungen in anderen Landschaften (ALP, PRE_ALPS, JURA). Besonders negativ in Relation zu den anderen Alternativen werden Landschaften in Berggebieten abseits von Infrastrukturen beurteilt (ALP). Auch Platzierungen im Jura und den Voralpen werden mehrheitlich kritisch betrachtet (JURA, PRE_ALPS). Dies indiziert, dass die Bevölkerung tendenziell der Meinung ist, Landschaften abseits von Infrastrukturen und in hügeligen bis gebirgigen Umgebungen von der Platzierung von IPRE zu verschonen.

Beim Attribut «Wind» ist mit Zunahme der Infrastrukturen eine kontinuierliche Abnahme der Nutzenwerte erkennbar. Das bedeutet, Szenarien, in denen keine Windenergieinfrastruktur vorkommt, wurden deutlich häufiger gewählt als Szenarien mit Windenergieinfrastrukturen.

Das Attribut «Photovoltaik» zeigt ein uneinheitliches Ergebnis. So werden Szenarien ohne PV-Infrastruktur (PV NO) seltener gewählt als Szenarien mit PV-Infrastruktur (PV MIN, PV MED). Dies bedeutet, dass im Zusammenspiel von Energie und Landschaft ein vollständiges Fehlen von PV-Infrastruktur in der Landschaft als vergleichsweise negativ bewertet wird. Aber auch das andere Extrem, maximale PV-Infrastruktur in der Landschaft (PV MAX), findet im Vergleich zu den anderen Ausprägungen dieses Attributes keine Zustimmung in der Bevölkerung.

Szenarien ohne Hochspannungsfreileitungen (HL) werden gegenüber Szenarien mit HL klar bevorzugt.

Die Opt-out Alternative wurde von den ProbandInnen signifikant weniger oft gewählt als die Optionen mit Energielandschaften. Dies zeigt, dass die

Teilnehmenden keine grundsätzlichen Einwände gegen das visuelle Entscheidungsexperiment und die präsentierten Szenarien hatten und ihre persönliche Meinung in diesem CE kundtun wollten.

Analysen mittels sogenannter RFC-Simulationen erlauben einen tieferen Einblick in die Ergebnisse (siehe Abb. 2). So zeigte sich anhand der hohen sogenannten SoP-Werte («Shares of Preferences»), dass im allgemeinen Landschaften, die potenziell einer gewissen «Vorbelastung» wie z.B. Siedlungsbau, Tourismus etc. unterliegen (PLAT_URB, PLAT_AGRI, ALP_URB, ALP_TOUR), für die Entwicklung von IPRE bevorzugt werden gegenüber Landschaften, die traditionell als «naturnah» empfunden werden (ALP, PRE_ALP, JURA). Die niedrigen Werte für einen Grossteil der Szenarien in den anderen Berggebieten (ALP), den Voralpen (PRE_ALPS) und dem Hügelland des Jura (JURA) zeigen deutlich, dass diese nach Meinung der Bevölkerung von IPRE tendenziell freigehalten werden sollten.

Betrachtet man die Abbildung 2 insgesamt, zeigt sich, dass Szenarien mit einer geringen Anzahl an Energieinfrastrukturen gegenüber solchen mit einer grossen Anzahl an Infrastrukturen bevorzugt werden. Dies ist auch durch die aggregierten SoP-Werte in den Spalten erkennbar. Die am meisten bevorzugten Szenarien (Szenario 3, 5 und 11) befinden sich allesamt in der oberen Hälfte der nach Anzahl von Windenergieinfrastrukturen geordneten Abbildung, während sich die am wenigsten bevorzugten Szenarien (24, 25 und 32) am unteren Ende befinden. Hierbei wird auch der uneinheitliche Effekt der Photovoltaik erkennbar. Szenarien mit einer geringen oder mittleren Anzahl an PV-Infrastrukturen werden (unabhängig vom Vorkommen von Windenergieinfrastrukturen und Hochspannungsfreileitungen) gegenüber Szenarien bevorzugt, wo PV-Infrastrukturen fehlen.

Deutlich ist auch, dass Szenarien mit einem bestimmten Mix an Energieinfrastrukturen (Wind + PV) bis auf wenige Ausnahmen (Szenario 3 und 5) gegenüber Szenarien ohne diesen Mix (nur Wind, nur PV) bevorzugt werden.

In manchen Fällen zeigt sich, dass auch eine grössere Anzahl an IPRE ge-

genüber einer geringeren Anzahl bevorzugt wird. Dies ist vor allem in jenen Landschaften zu beobachten, die ohnehin bereits als günstig für die Entwicklung von IPRE betrachtet werden (PLAT_URB, ALP_TOUR).

Aber auch im landwirtschaftlich geprägten Flachland (PLAT_AGR) und teilweise ebenfalls im westlichen Hügelland des Jura (JURA) zeigt sich dieses Ergebnis. Szenarien mit einer hohen Anzahl an Windenergieanlagen weisen in Kombination mit den Attributen «PV» und auch «HL» eine stärkere Bevorzugung aus, als die gleichen

Szenarien mit einer mittleren Anzahl an Windenergieinfrastrukturen. Auch wenn die Werte dieser Szenarien insgesamt auf einem niedrigen Niveau bleiben, ist eine Tendenz hin zu einer bevorzugten «Verdichtung» von Anlagen in bestimmten Situationen erkennbar. Dies könnte eine Folge der tendenziell gewünschten «Freihaltung» anderer Landschaften sein (siehe oben).

Aus Sicht der Bevölkerung wird keines der Szenarien mit Hochspannungsfreileitung besser bewertet als ein vergleichbares Szenario ohne Hochspannungsfreileitung. Allerdings zeigt sich,

dass weder das Vorhandensein weniger Windenergieinfrastrukturen allein, noch in Kombination mit einer geringen bis mittleren Anzahl an PV-Infrastrukturen zu einer besseren Beurteilung dieser Szenarien führt. So werden manche Szenarien mit PV- und mit Wind-/PV-Kombinationen (z.B. 4, 6, 12 und 14) in Verbindung mit Hochspannungsfreileitungen dem isolierten Vorkommen von Hochspannungsfreileitungen (Szenario 2) in der Landschaft bevorzugt oder zumindest nicht als schlechter beurteilt.

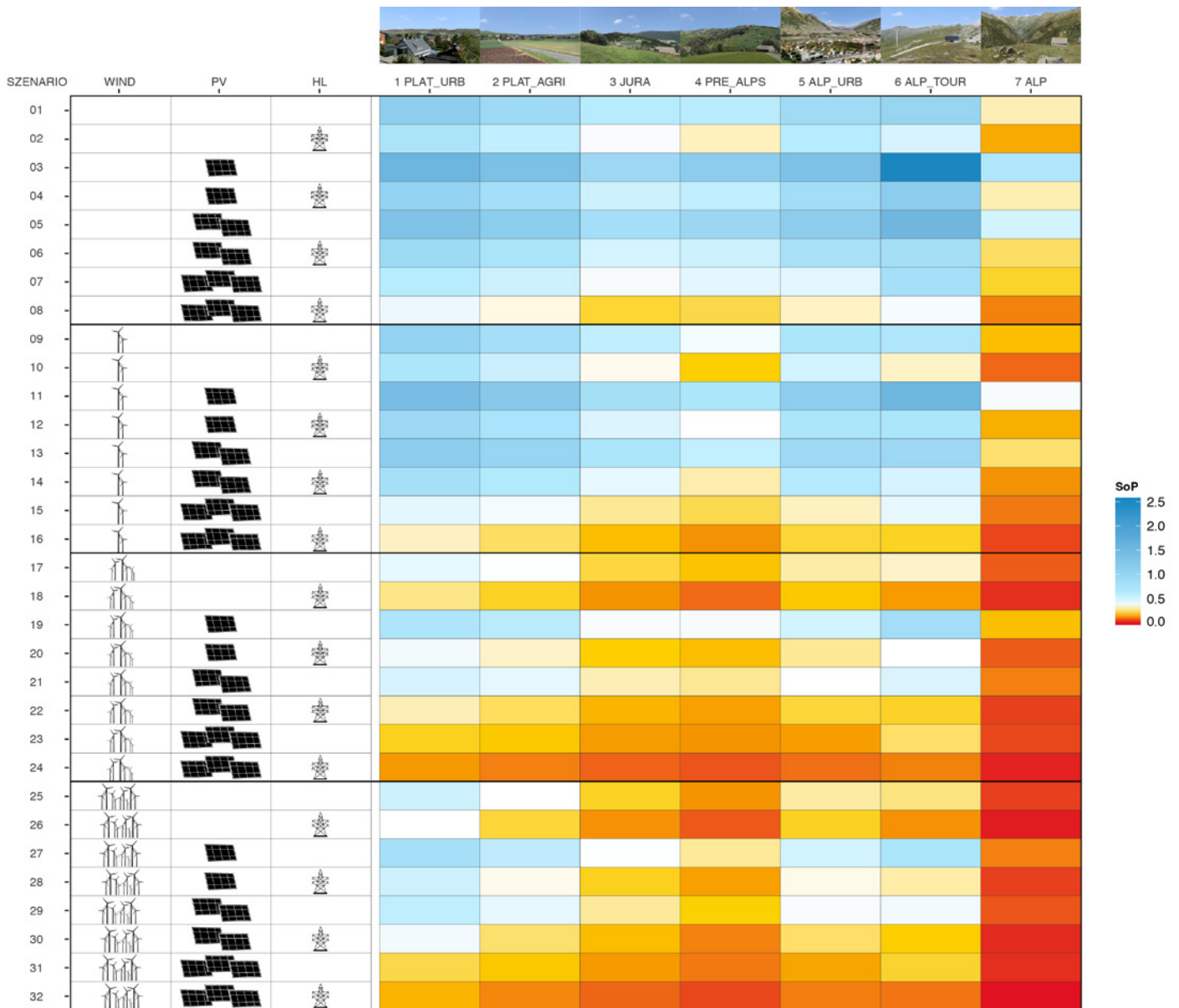


Abb. 2. Darstellung der Ergebnisse der RFC-Simulation (5925 Iterationen pro ProbandIn) für alle Szenarien, farbliche Darstellung repräsentiert die «Shares of Preferences» (SoP): Blau = hohe SoP, Rot = tiefe SoP, Weiss = Median, «Share of preference» repräsentieren das durchschnittliche Interesse der ProbandInnen an den jeweiligen Szenarien und summieren sich auf 100 (ORME 2014, S.218).

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die vorliegende Studie beschäftigt sich mit der Beurteilung von Infrastrukturen zur Gewinnung von erneuerbarer Energie (Wind, PV) und Hochspannungsfreileitungen in charakteristischen Schweizer Landschaften durch die Schweizer Bevölkerung. Im Rahmen dieser Studie wurde eine repräsentative Online-Panel-Befragung durchgeführt (n = 1063), deren Bestandteil ein visuelles Entscheidungsexperiment war. Die Ergebnisse der repräsentativen Studie geben die aktuellen Präferenzen der Bevölkerung wieder.

Wesentliche Erkenntnisse der Studie sind, dass in manchen Landschaften eine räumliche Konzentration von Energieinfrastrukturen eher bevorzugt wird als in anderen. Das Vorhandensein einer Energieinfrastruktur (Hochspannungsfreileitungen), aber auch das Fehlen (PV) wird von der Bevölkerung vergleichsweise negativ beurteilt. Ein Mix aus Energieinfrastrukturen unterschiedlicher Energieträger kann ebenso zu einer Bevorzugung durch die Bevölkerung führen wie ein Mix aus unterschiedlichen PV-Anlagen (Freiflächen- und Gebäudeanlagen). Manche Landschaften möchte die Bevölkerung vor Entwicklungen mit IPRE tendenziell schützen (ALP, PREALPS, JURA), während andere in Bezug auf IPRE-Szenarien weniger kritisch beurteilt werden (PLAT_URB, ALP_TOUR, ALP_URB). Szenarien mit Hochspannungsfreileitungen werden von der Bevölkerung im Vergleich zu solchen ohne Hochspannungsfreileitungen generell negativ beurteilt.

Die Studie zeigt eine aktuelle Beurteilung der landschaftlichen Auswirkungen von IPRE durch die Bevölkerung. Die betrachteten Energieszenarien beinhalten jedoch keine energetische Beurteilung. Die Ergebnisse sind nicht als eine Übersicht von Vorrangs- oder Verbotsszenarien zu verstehen, sondern zeigen potenzielle Konfliktfelder auf. So stellen neue Windmodellierungen für die Schweiz (KOLLER und HUMAR 2019) die sanfte Hügellandschaft des Jura als ein für Windenergieanlagen günstiges Gebiet dar (gemessen am Jahresmittelwert der Windgeschwindigkeit). Dies steht im Kontrast zu der Erkenntnis

aus der vorliegenden Studie, dass Szenarien mit Windenergie im Jura (in der Gesamtbevölkerung) keine grosse Zustimmung finden. Es wird deutlich, dass neben der technisch-physikalischen Beurteilung des Energiepotenzials eines Standorts noch andere Kriterien zu berücksichtigen sind. Sollen seitens der Politik und der (Raum-)Planung bestimmte Szenarien in konkreten Landschaften realisiert werden, so müssten diese Vorhaben, um erfolgreich zu sein, auch die Präferenzen der Bevölkerung berücksichtigen.

Die Ergebnisse dieser Studie können daher als Ausgangspunkt für weitere Diskussionen in Politik und Planung dienen. Sie sind – wie bereits erwähnt – eine Momentaufnahme. KÜHNE (2018) spricht von der Notwendigkeit einer physischen Manifestation der Energiewende in der Landschaft, um ein nachhaltiges Energiesystem aufbauen zu können. Diese Notwendigkeit muss der Bevölkerung jedoch auch bewusst sein. Dies ist in der Schweizer Bevölkerung aktuell noch nicht zu beobachten, da, wie unsere Ergebnisse erkennen lassen, Szenarien mit wenigen Energieanlagen bevorzugt werden. Um dieses Bewusstsein aktiv zu fördern, sind Kenntnisse über Präferenzen und deren Einflussvariablen notwendig. So ist derzeit noch unklar, warum zum Beispiel die Schweizer Bevölkerung manche Landschaften stärker schützen und andere Landschaften stärker nutzen möchte. Dies könnte mit der individuellen Bedeutung der Landschaft als Erholungslandschaft oder auch als Sehnsuchtsbeziehungsweise Wohlfühl-landschaft zusammenhängen (RODEWALD 2001). Derzeit ist aber weder bekannt, welchen Einfluss diese Bedeutungszuweisungen (Konnotationen) zu Landschaften und auch zu Energieinfrastrukturen haben, noch ob es Aspekte neben Landschaft und Energie gibt, die die Wahlentscheidung massgeblich beeinflussen. Mehrere Publikationen (DEVINE-WRIGHT 2011a; DEVINE-WRIGHT 2011b; DEVINE-WRIGHT 2013; McLACHLAN 2009) verbinden die Unterstützung von beziehungsweise Opposition gegenüber Energieinfrastrukturen auch mit der Verschränkung von individuellen Ortsbindungen und Werthaltungen. Entscheidender Aspekt dabei ist, ob Menschen diese Verbindung von Ort (Landschaft) und Technolo-

gie als «passend» empfinden oder nicht (Place-Technology-Fit). Dadurch wird impliziert, dass nur etwas als passend empfunden wird, wenn es eine Überschneidung in der persönlichen Werthaltung und Sinn- und Bedeutungszuweisung gibt. Ein weiterer Teil des Projektes beschäftigt sich speziell mit diesen Fragestellungen und wird die hier vorgestellten Ergebnisse weiter verknüpfen und analysieren.

Die Ziele der Energiestrategie 2050, also die Abschaltung der Nuklearkraftwerke und die Substitution deren Leistung durch neue erneuerbare Energieträger, stellt lediglich einen ersten Schritt in Richtung einer dekarbonisierten und damit nachhaltigen Energieversorgung in der Schweiz dar. Selbst nach den aus heutiger Sicht ehrgeizigen Entwicklungsplänen in der Energiestrategie 2050 verbleibt noch ein Grossteil der fossilen Energie im Post-2050-Energiesystem der Schweiz. Eine dekarbonisierte Gesellschaft erfordert eine deutliche Mehranstrengung in der Integration von neuen erneuerbaren Energien in unser Energiesystem. Das Erkennen der Notwendigkeit der Veränderung von gesellschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen kann neue Kräfte entfalten (siehe Klimajugend) und Horizonte eröffnen. Aus diesem Grund wurden im Rahmen der vorliegenden Studie auch potenziell mögliche Varianten der erneuerbaren Energieerzeugung (PV-Freiflächenanlagen) berücksichtigt. Varianten, die aktuell aus unterschiedlichen Gründen (aufwändige Bewilligungsverfahren, Vorbehalte in der Bevölkerung, Flächenknappheit durch Exklusivnutzung etc.) in der Schweiz noch keine Rolle spielen. Ein Blick über die Landesgrenzen zeigt allerdings, dass diese Alternativen mancherorts bereits Realität sind (Deutschland, Frankreich, Spanien, Italien, Österreich etc.). Es wird eine Frage der kommenden Jahre sein, wie unsere Gesellschaft auch diese Herausforderung meistert und die Schweiz für die kommenden Generationen vorbereitet.

Dank

Diese Forschung wurde finanziert durch den Schweizerischen Nationalfonds (SNF), Nationales Forschungs-

programm NFP 70 «Energiewende», Bewilligungsnummer 407040_173808/1 (ENERGYSCAPE). Weitere Unterstützung wurde geleistet durch das Bundesamt für Umwelt (BAFU), das Bundesamt für Energie (BFE), die Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ), die Swissgrid AG, die Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) und die Binding Stiftung.

5 Literatur

- BETAKOVA, V.; VOJAR, J.; SKLENICKA, P., 2015: Wind turbines location: How many and how far? *Appl. Energy* 151:23–31.
- BLASCHKE, T.; BIBERACHER, M.; GADOCHA, S.; SCHARDINGER, I., 2013: 'Energy landscapes': Meeting energy demands and human aspirations. *Biomass Bioenergy* 55:3–16.
- BOUZAROVSKI, S., 2009: East-Central Europe's changing energy landscapes: a place for geography. *Area* 41, 4: 452–463.
- Bundesamt für Energie BFE, 2017: Energiestrategie 2050: Chronologie. Energiestrategie 2050 Online verfügbar unter: http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_433829709.pdf.
- Bundesamt für Energie BFE, 2019: Wasserkraftpotenzial der Schweiz. Abschätzung des Ausbaupotenzials der Wasserkraftnutzung im Rahmen der Energiestrategie 2050. Online verfügbar unter: <https://www.newsd.admin.ch/newsd/message/attachments/58259.pdf>.
- CHIABRANDO, R.; FABRIZIO, E.; GARNERO, G., 2011: On the applicability of the visual impact assessment OASPP tool to photovoltaic plants. *Renew. Sustainable Energy Rev.* 15, 1: 845–850.
- CHIABRANDO, R.; FABRIZIO, E.; GARNERO, G., 2009: The territorial and landscape impacts of photovoltaic systems: Definition of impacts and assessment of the glare risk. *Renew. Sustainable Energy Rev.* 13, 9: 2441–2451.
- COHEN, J., 1988: *Statistical power analysis for the behavioral sciences* 2nd ed. Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates.
- Danish Ministry of Climate and Energy und Regeringen, 2011: *Energy strategy 2050: from coal, oil and gas to green energy*. The Danish Government. Online verfügbar unter: <http://www.efkm.dk/sites/kebmin.dk/files/news/from-coal-oil-and-gas-to-green-energy/Energy%20Strategy%202050%20web.pdf>.
- DEVINE-WRIGHT, P., 2011a: Enhancing local distinctiveness fosters public acceptance of tidal energy: A UK case study. *Energy Policy* 39, 1:83–93.
- DEVINE-WRIGHT, P., 2013: Explaining "NIMBY" Objections to a Power Line: The Role of Personal, Place Attachment and Project-Related Factors. *Environ. Behav.* 45, 6:761–781.
- DEVINE-WRIGHT, P., 2011b: Public engagement with large-scale renewable energy technologies: breaking the cycle of NIMBYism: Breaking the cycle of NIMBYism. *Wiley Interdisc. Rev.: Climate Chang.* 2, 1:19–26.
- Die Bundesregierung, 2011: Bundesregierung | Regierungserklärung von Bundeskanzlerin Angela Merkel zur Energiepolitik «Der Weg zur Energie der Zukunft» (Mitschrift). Online verfügbar unter: <https://www.bundesregierung.de/Content/Archiv/DE/Archiv17/Artikel/2011/06/2011-06-09-regierungserklaerung.html> [Zugegriffen am: März 11, 2013].
- Die Bundesregierung, 2013: Erneuerbare Energien – tragende Säule künftiger Energieversorgung. Online verfügbar unter: http://www.bundesregierung.de/Webs/Breg/DE/Themen/Energiekonzept/ErneuerbareEnergien/erneuerbare_energien/_node.html [Zugegriffen am: Jänner 24, 2013].
- DIMITROPOULOS, A.; KONTOLEON, A., 2009: Assessing the determinants of local acceptability of wind-farm investment: A choice experiment in the Greek Aegean Islands. *Energy Policy* 37, 5: 1842–1854.
- EK, K.; PERSSON, L., 2014: Wind farms – Where and how to place them? A choice experiment approach to measure consumer preferences for characteristics of wind farm establishments in Sweden. *Ecol. Econ.* 105: 193–203.
- International Energy Agency; Organisation for Economic Co-Operation and Development, 2013: *Energy Policies of IEA Countries: Sweden*. Online verfügbar unter: <http://www.iea.org/publications/countryreviews/> [Zugegriffen am: Juli 8, 2013].
- JONES, C.R.; EISER, R.J., 2010: Understanding 'local' opposition to wind development in the UK: How big is a backyard?. *Energy Policy* 38, 6: 3106–3117.
- KAUFMANN, U., 2017: *Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien 2018*. Bundesamt für Energie BFE. Online verfügbar unter: <https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/9474.pdf>.
- KOLLER, S.; HUMAR, T., 2019: Windpotentialanalyse für Windatlas.ch: Jahresmittelwerte der modellierten Windgeschwindigkeit und Windrichtung. Bericht zur Aktualisierung des Windatlas von 2016. No. SI/401394-01, Online verfügbar unter: https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/geoinformation/geodaten/wind/windgeschwindigkeit/_jcr_content/par/tabs/items/tab/tabpar/externalcontent.external.exturl.pdf/aHR0cHM6Ly9wdWJkYi5iZmUuYWRtaW4uY2gvZGUVcHVibGljYX/Rpb24vZG93bmxvYWQvODMwMi5wZGY=.pdf.
- KÜHNE, O., 2018: *Landschaftstheorie und Landschaftspraxis: eine Einführung aus sozialkonstruktivistischer Perspektive 2., aktualisierte und überarbeitete Auflage*. Wiesbaden: Springer VS.
- LOUVIERE, J.J.; HENSHER, D.A.; SWAIT, J.D., 2000: *Stated choice methods: analysis and applications*. Cambridge; New York, NY, US: Cambridge University Press; Online verfügbar unter: <http://public.eblib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=144724> [Zugegriffen am: Juni 16, 2019].
- MACKAY, R.M.; PROBERT, S.D., 1996: Iceland's energy and environmental strategy. *Appl. Energy* 53, 3: 245–281.
- MCLACHLAN, C., 2009: 'You don't do a chemistry experiment in your best china': Symbolic interpretations of place and technology in a wave energy case. *Energy Policy* 37, 12: 5342–5350.
- Ministerio Dello Sviluppo Economico, 2013: *Italy's National Energy Strategy: For a more competitive and sustainable energy*. Roma. Online verfügbar unter: http://www.sviluppoeconomico.gov.it/images/stories/documenti/SEN_EN_marzo2013.pdf.
- MOLNAROVA, K.; SKLENICKA, P.; STIBOREK, J.; SVOBODOVA, K.; SALEK, M.; BRABEC, E., 2012: Visual preferences for wind turbines: Location, numbers and respondent characteristics. *Appl. Energy* 92: 269–278.
- ORME, B.K., 2014: *Getting started with conjoint analysis: strategies for product design and pricing research* 3. ed. Glendale, Calif: Research Publ.
- Prognos, 2012: *Die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050. Energienachfrage und Elektrizitätsangebot in der Schweiz 2000–2050*. Online verfügbar unter: https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/klima/externe-studien-berichte/die_energieperspektivenfuerdieschweizbis2050.pdf.download.pdf/die_energieperspektivenfuerdieschweizbis2050.pdf.

- RODEWALD, R., 2001: Sehnsucht Landschaft: Landschaftsgestaltung unter ästhetischem Gesichtspunkt 2. Aufl. Zürich: Chronos.
- Schweizerischer Bundesrat, 2013: Botschaft zum ersten Massnahmenpaket der Energiestrategie 2050 und zur Volksinitiative «Für den geordneten Ausstieg aus der Atomenergie (Atomausstiegsinitiative)». No. Botschaft 13.074, Schweizerischer Bundesrat.
- SCOGNAMIGLIO, A., 2016: 'Photovoltaic landscapes': Design and assessment. A critical review for a new transdisciplinary design vision. *Renewable and Sustainable Energy Rev.* 55: 629–661.
- 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.
- STREICHER, W.; DAMM, A.; HAAS, R.; HAUSERBERGER, S.; HEIMRATH, R.; KALT, G.; OBLASSER, S.; SCHNITZER, H.; STEININGER, K.; TITZ, M.; TAZBER, F.; WETZ, I., 2010: Energieautarkie für Österreich 2050.
- TORRES SIBILLE, A. DEL 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. *Renew. Sustainable Energy Rev.* 13, 1:40–66.
- TSOUTSOS, T., FRANTZESKAKI, N., UND GEKAS, V., 2005: Environmental impacts from the solar energy technologies. *Energy Policy* 33, 3: 289–296.
- WOLSINK, M., 2007a: 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.
- WOLSINK, M., 2007b: Wind power implementation: The nature of public attitudes: Equity and fairness instead of 'backyard motives'. *Renew. Sustainable Energy Rev.* 11, 6: 1188–1207.
- WÜSTENHAGEN, R.; WOLSINK, M.; BÜRER, M.J., 2007: Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept. *Energy Policy* 35, 5: 2683–2691.

Abstract

New Renewable Energy Infrastructures in Swiss landscapes: Where do we prefer their placement and where not?

This study deals with the preferences of the Swiss population with regard to infrastructures for the production of renewable energy (IPRE: wind, photovoltaics) in characteristic Swiss landscapes. A representative online panel survey (n=1'063) was conducted, which included a discrete choice experiment. The results suggest that the presence of energy installations reduces the perceived landscape quality in most cases, in some landscapes more (abandoned mountain areas, Prealps, Jura), in others less (lowland & mountain areas (alpine valleys), tourist mountain areas). The total absence of PV infrastructures in the latter is even rated negatively by the population, whereas a combination of PV and wind infrastructures can have a positive impact on the assessment. The inclusion of the population's perspective in the planning of IPRE is recommended with a view to its acceptance.

Keywords: energy landscapes, renewable energy, landscape preferences, discrete choice model, representative survey.