Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 112 (2020)
Heft: 3

Artikel: Zukunft der Schweizer Wasserkraft : Sicht Wasserkraftwerksbetreiber
Autor: Piot, Michel
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941693

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Zukunft der Schweizer Wasserkraft: Sicht Wasserkraftwerksbetreiber

Michel Piot

Zusammenfassung

Die Schweizer Wasserkraft vermag Energie, Kapazität und Flexibilität anzubieten und weist eine herausragende Gesamtenergiebilanz auf. Trotzdem sieht sie sich nebst Chancen auch mit zahlreichen Hürden konfrontiert. Basierend auf Themenfeldern und Wirkungszusammenhängen werden im vorliegenden Artikel die aus Sicht eines Wasserkraftwerksbetreibers bestehenden und zu erwartenden Herausforderungen nach Relevanz und Beeinflussbarkeit dargestellt. Während in der ersten Hälfte des Jahrhunderts nachfrageseitige Themenfelder wie die globale Energie- und Klimastrategie im Fokus liegen, werden es in der zweiten Hälfte aufgrund der fortschreitenden Auswirkungen der Klimaänderung vermehrt auch angebotsseitige sein. Wasserkraftwerksbetreiber sind gefordert, um die über hundertjährige Erfolgsgeschichte der Schweizer Wasserkraft fortschreiben zu können. Die Voraussetzungen aber sind günstig: Mit dem gewollten Übergang auf ein Netto-null-Emissionen-Energiesystem im Jahr 2050 kommt den Stromdienstleitungen aus erneuerbaren Energien eine Schlüsselrolle zu. Die Schweizer Wasserkraft bleibt somit zukunftsfähig, allerdings ist ihr Sorge zu tragen, indem nicht stets noch höhere und widersprüchliche Erwartungen an sie gestellt werden.

Resumé

La force hydraulique suisse, synonyme d'énergie, de capacité et de flexibilité, affiche un bilan énergétique global exceptionnel. Malgré ces atouts, elle est confrontée à de nombreux obstacles. Sur la base de champs thématiques et de rapports de causalité, les défis actuels et futurs sont représentés du point de vue d'un exploitant de centrale en fonction de la pertinence et du potentiel d'influence. Alors que les thèmes liés à la demande tels que la stratégie énergétique et climatique globale domineront pendant la première moitié du siècle, ceux de la deuxième moitié se concentreront plutôt, au vu du processus de changement climatique, sur l'offre. Pour les exploitants de centrales, le défi consiste à pérenniser l'histoire à succès, qui perdure depuis plus de cent ans, de la force hydraulique suisse. Les conditions sont favorables: avec la décision de passer à un système énergétique à zéro émission en 2050, les prestations liées à l'électricité issue d'énergies renouvelables jouent un rôle clé. La force hydraulique reste porteuse d'avenir, et il faut veiller à ne pas lui porter préjudice avec des attentes toujours plus élevées et souvent contradictoires.

1. Ausgangslage

Strom aus Schweizer Wasserkraft – ein Wachstumsmarkt

Die Wasserkraft hat die Stromproduktion in der Schweiz seit Anbeginn der Elektrifizierung, die im Jahr 1879 im Badrutt's Palace Hotel in St. Moritz ihren Anfang nahm, dominiert. Zwar ist ihre relative Bedeutung, gemessen als Anteil an der Gesamtproduktion, im Verlaufe der Jahrzehnte auf unterdessen rund 56 Prozent zurückgegangen, ihre absolute Bedeutung, gemessen als jährliche Produktionserwartung, hat aber kontinuierlich zugenommen und liegt heute bei fast 37 TWh. Auch bei der Flexibilität, gemessen an der Pumpenleistung (ohne Zubringerpumpen), liegt die Wasserkraft heute mit 2,7 GW einsam an der Spitze.

Gemäss World Energy Outlook 2019 der Internationalen Energieagentur wird die Stromproduktion im Jahr 2040 im Szenario «Current Policies» weltweit gegenüber 2018 um 61 Prozent zunehmen, im Szenario «Sustainable Development» sind es 46 Prozent. Auch innerhalb Europas ist in den beiden Szenarien mit einer erheblichen Zunahme zu rechnen *(Tabelle 1)*. Während im Szenario «Current Policies» Erdgas mit 21 Prozent der wichtigste Primärenergieträger zur Stromproduktion sein wird, ist es im Szenario «Sustainable Development» der Wind mit 35 Prozent, gefolgt von Wasserkraft und Kernkraft mit je 16 Prozent. Damit kann die Wasserkraft ihre Bedeutung am Produktionsmix in Europa gegenüber heute noch leicht ausbauen.

	2018		2040			
			Szenario «Current Policies»		Szenario «Sustainable Development»	
	TWh	GW	TWh	GW	TWh	GW
Total	4163	1305	5012	1724	5246	2066
Wasserkraft	624	248	762	273	824	293
Windkraft	417	191	1049	353	1860	590

Tabelle 1: Stromproduktion in Europa in den Jahren 2018 und 2040. Datenquelle: IEA (2019).

Die Schweiz ist bestrebt, die wegfallende Produktion von Strom aus Kernkraftwerken auf Jahresbasis durch erneuerbare Energien zu ersetzen, allen voran durch Photovoltaik. Bei der Frage, wie unter dieser Prämisse eine sichere, wirtschaftliche und umweltfreundliche Versorgung erzielt werden kann und ob die Schweiz einen bestimmten Eigenversorgungsgrad anstreben oder gesetzlich verankern soll, gehen die Meinungen allerdings weit auseinander.

Die Betreiber von Wasserkraftwerken können je nach Anlage verschiedene, nachfolgend als Stromdienstleistungen bezeichnete, Produkte anbieten: Energie, Kapazität und Flexibilität. Die Stromdienstleistung Energie (Einheit Joule J [$kg \cdot m^2/s^2$] bzw. kWh) ist die zur Verfügung gestellte Arbeit, die Kapazität (Einheit Watt W [$kg \cdot m^2/s^3$]) die Leistung, also die erste Ableitung der Energie nach der Zeit, und die Flexibilität

(Einheit [kg·m²/s⁴]), die Ableitung der Leistung nach der Zeit bzw. die zweite Ableitung der Energie nach der Zeit, die in der Literatur auch als Leistungsänderungsgeschwindigkeit bezeichnet wird.

Mit dem verstärkten weltweiten Fokus auf die Klimapolitik wird der damit zwingend zu erfolgende Substitutionseffekt im Wärme- und Mobilitätsbereich in der Schweiz und in Europa zu einer Zunahme der nachgefragten Stromdienstleistung Energie führen. Um diese zusätzliche Nachfrage – ebenfalls unter dem Aspekt der Klimapolitik – erneuerbar anbieten zu können, muss das Angebot an Strom aus Wind und Photovoltaik massiv ausgebaut werden. Aufgrund der geringen Volllaststunden, insbesondere der Photovoltaik, wird entsprechend auch die installierte Leistung des Kraftwerkparks massiv steigen. Gleichzeitig führt die geringe gesicherte Leistung *(dena, 2018)* dieser beiden Technologien in Zeiten hoher Nachfrage zu einem grossen Bedarf an Reservekapazität: einerseits, wenn der Wind «geplant» nicht weht und die Sonne «geplant» nicht scheint, in Form von Kapazität über möglicherweise einen längeren Zeitraum und andererseits, bei «ungeplanten» Windverhältnisänderungen und «ungeplanten» Änderungen in der Einstrahlung, in Form von hohem Flexibilitätsbedarf über einen eher kürzeren Zeitraum. In der Konsequenz bedeutet dies, dass für sämtliche von der Schweizer Wasserkraft angebotenen Stromdienstleistungen mit einer deutlichen Zunahme der Nachfrage zu rechnen ist. A priori sind dies insgesamt somit optimale Voraussetzungen für eine rosige Zukunft der Wasserkraft. Allerdings gibt es zahlreiche Punkte, die diese rein positive Einschätzung trüben. Im vorliegenden Artikel werden die zukünftigen Herausforderungen für die Schweizer Wasserkraft im Allgemeinen und für Wasserkraftwerksbetreiber im Speziellen aufgezeigt.

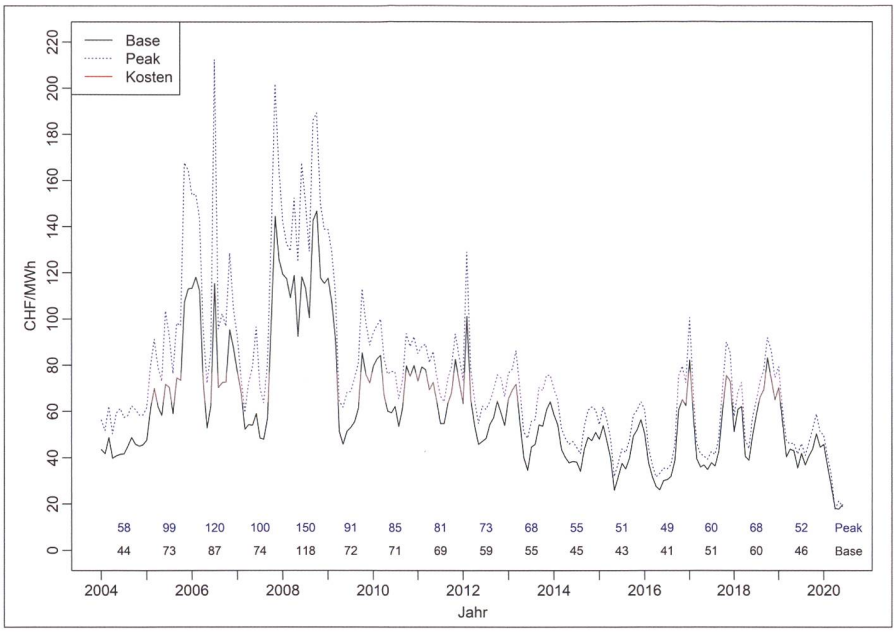

Bild 1: Spotpreise an der Strombörse Schweiz (Base schwarz, Peak blau) im Vergleich zu den Gestehungskosten (rot). Datenquellen: ENTSO-E Transparency Platform, Piot (2017).

Strom aus Schweizer Wasserkraft – wo bleiben die Preissignale?

Die in den letzten fünfzehn Jahren erzielbaren Strompreise lassen Zweifel aufkommen, ob die Wasserkraft mit der aktuellen Marktausgestaltung in Form eines Energy-only-Marktes langfristig wirtschaftlich betrieben werden kann. So zeigt ein Blick zurück bis ins Jahr 2004 – also seit der Verfügbarkeit von Strompreisdaten an der Börse für das Marktgebiet Schweiz –, dass die Preise ab dem Jahr 2012 unter den auf ein Normproduktionsjahr umgerechneten Gestehungskosten lagen *(Bild 1)* und sich die Niveaus der Peak-Preise (Montag bis Freitag, 8–20 Uhr) und der Base-Preise stark angeglichen haben, was das Geschäftsmodell der Pumpspeicherkraftwerke verschlechtert.

In den vergangenen zehn Jahren konnten die meist tiefen Preise mit erheblichen europäischen Überkapazitäten erklärt werden. In Zukunft wird der massive Ausbau der erneuerbaren Energien bei gleichzeitigem Rückgang der konventionell-thermischen Kraftwerke dazu führen, dass am Energy-only-Markt, der die Grenzkosten der Produktion abbildet, im Normalfall nur erneuerbare Energien mit Grenzkosten null einen Zuschlag erhalten werden, während in Zeiten geringer erneuerbarer Einspeisung, kombiniert mit hoher Nachfrage, hohe Marktpreise resultieren werden. Von diesen hohen Marktpreisen werden aber die meisten Produzenten erneuerbarer Energie gerade nicht profitieren können. Das bedeutet aber, dass die erneuerbaren Energien trotz häufigem Zuschlag am Markt nicht ausreichend Einnahmen generieren können, um die Investitionskosten zu decken. Folglich scheint unter heutiger Ausgestaltung des Marktes eine längerfristige Subventionierung des Ausbaus und des Erhalts der erneuerbaren Energien unausweichlich (siehe dazu *Kopp, 2012* und *Bode et al., 2013*). Obschon also die Auswirkungen sowohl konventionell-thermischer Überkapazitäten als auch eines massiven Ausbaus der erneuerbaren Energien auf die Marktpreise in einem Energy-only-Markt vergleichbar sind, haben sie völlig unterschiedliche Ursachen. Handelt es sich bei den konventionell-thermischen Überkapazitäten um ein temporäres Phänomen, führt der Ausbau der erneuerbaren Energien zu einem systemischen Problem.

Diese Beobachtungen bzw. Befürchtungen sind weder neu noch schweizspezifisch, sondern zeigen sich in ganz Europa. Deshalb sind die Diskussionen um die Einführung von Kapazitätsmechanismen und die Verlängerung von Förderprogrammen für erneuerbare Energien nicht abgeflacht bzw. wurden in zahlreichen Ländern unter verschiedensten Namen bestehende Instrumente verlängert oder neue eingeführt. Letztlich geht es um die Frage, ob ein zusätzlicher Marktmechanismus neben dem Energy-only-Markt zu etablieren ist, um Investitionen in die Erneuerungen, Erweiterungen und Neubauten von erneuerbaren Energien zu sichern. Dabei ist festzuhalten, dass mit jedem zusätzlichen länderindividuellen Eingriff in einem europäischen Land die Gefahr von Verzerrungen steigt und ein einheitliches europäisches Strommarktdesign, das die Bezeichnungen «Markt» und «Design» verdient, unwahrscheinlicher wird.

2. Schweizer Wasserkraft

Themenfelder

Um die zukünftigen Herausforderungen der Schweizer Wasserkraft bestimmen zu können, ist eine Übersicht über die die Wasserkraft beeinflussenden Themenfelder und Wirkungszusammenhänge notwendig. Dazu hat der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband im vergangenen Jahr durch EBP im Projekt «Zukunft der Schweizer

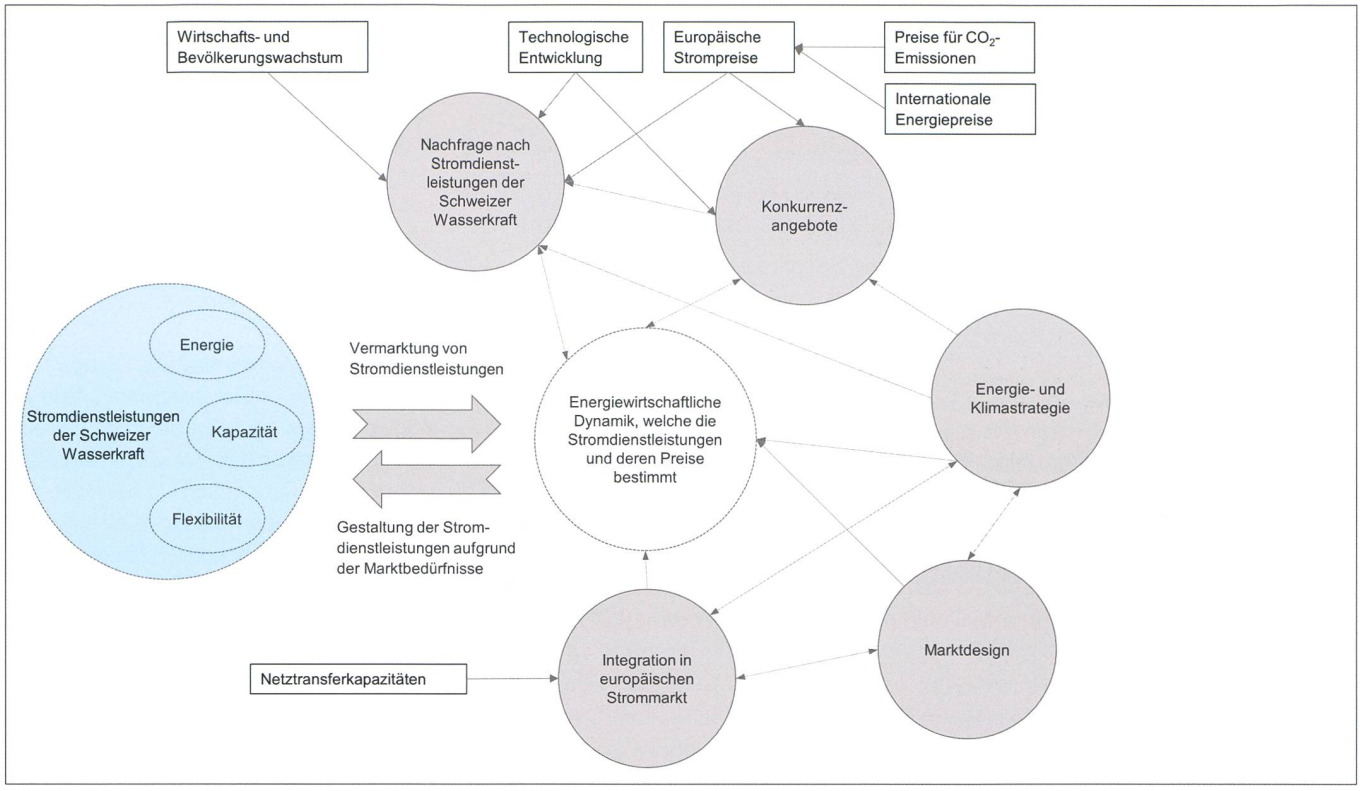

Bild 2: Übersicht über die nachfrageseitigen Themenfelder. Quelle: EBP (2019), leicht bearbeitet.

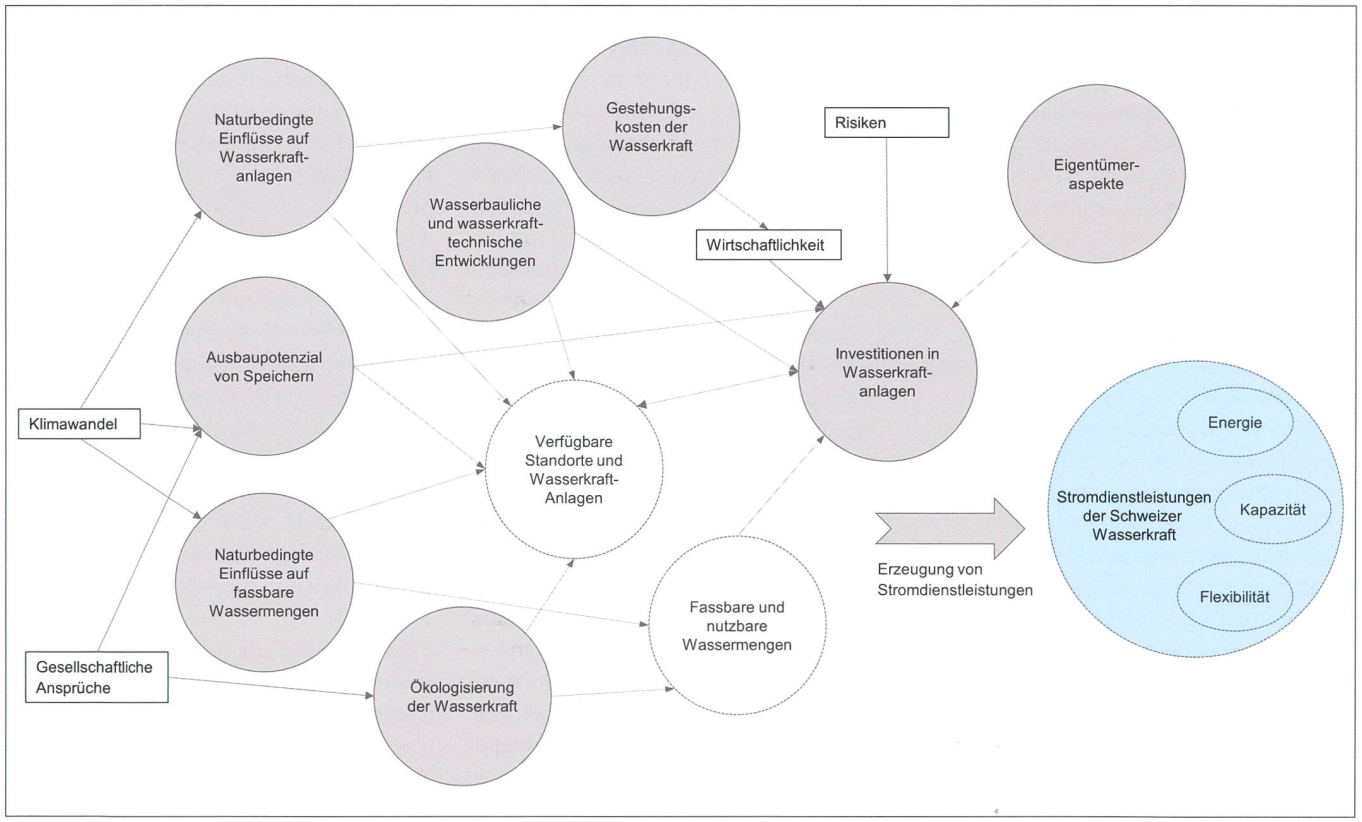

Bild 3: Übersicht über die angebotsseitigen Themenfelder. Quelle: EBP 2019, leicht bearbeitet.

Wasserkraft» (*EBP, 2019,* Zusammenfassung *Ribi et al., 2020*) eine Auslegeordnung und eine systematische Darstellung der Wirkungszusammenhänge erarbeiten lassen. Darin wurden zusammenfassend fünf nachfrageseitige *(Bild 2, grau)* und acht angebotsseitige Themenfelder *(Bild 3, grau)* eruiert, die den Absatz und die Produktion von Stromdienstleistungen der Wasserkraft massgeblich beeinflussen. Abgeleitet aus diesen Arbeiten soll nachfolgend die Frage beantwortet werden, welche Relevanz und Beeinflussbarkeit die einzelnen Themenfelder haben.

Begrifflichkeiten und Festsetzungen

Um ein gemeinsames Verständnis über den Begriff der Herausforderung sowie zur Beurteilung der Relevanz und Beeinflussbarkeit der Themenfelder schaffen zu können, werden zuerst einige Begriffe definiert bzw. umschrieben *(Tabelle 2)*.

Begriff	Umschreibung
Akteur	Handelnder, an einem bestimmten Geschehen Beteiligter; handelnde Person
Beeinflussbarkeit	Eigenschaft beeinflussbar zu sein
beeinflussbar	so beschaffen, dass man es beeinflussen kann
beeinflussen	• auf jemanden, etwas einen Einfluss (mit bestimmten Wirkungen) ausüben • Einfluss nehmen auf, einwirken auf, (in eine bestimmte Richtung) lenken
Herausforderung	• Anlass, tätig zu werden; Aufgabe, die einen fordert • Aufforderung zum Kampf
Relevanz	Bedeutsamkeit, Wichtigkeit in einem bestimmten Zusammenhang
Stakeholder	• Person, für die es aufgrund ihrer Interessenlage von Belang ist, wie ein bestimmtes Unternehmen sich verhält • Person(engruppe) ausser den Unternehmenseignern, für die ein Unternehmen einen bestimmten Wert besitzt
Zukunft (selten Zukünfte)	Zeit, die noch bevorsteht, die noch nicht da ist; die erst kommende oder künftige Zeit (und das in ihr zu Erwartende)
zukunftsfähig	künftigen Entwicklungen standhaltend, auch in der Zukunft erfolgversprechend

Tabelle 2: Begriffsbeschreibungen. Quellen: Duden (2015), Wahrig (2011).

Um eine Einschätzung über die künftige Zeit und das in ihr zu Erwartende – also die Zukunft oder die Zukünfte – abzugeben, sind in einem ersten Schritt zwei Festsetzungen vorzunehmen:

- Wer ist das Subjekt, also welcher Akteur bzw. Stakeholder ist von Interesse?
  In BFE (2017) werden sämtliche Akteure beschrieben, die bei der Gewährleistung der Stromversorgungssicherheit eine Rolle übernehmen, unterteilt nach Akteuren der Stromwirtschaft und behördlichen Akteuren auf Bundesebene.
- Welcher Zeithorizont bzw. welche Zeitperioden sind von Interesse?
  Einerseits ist zu berücksichtigen, dass die Themenfelder für die jeweiligen Akteure über verschiedene Zeitperioden unterschiedliche Relevanz haben und von diesen jeweils in unterschiedlicher Form beeinflusst werden können. Andererseits sollte eine Beurteilung nur dann erfolgen, wenn das in der Zukunft zu Erwartende genügend gut abgeschätzt werden kann bzw. wenn die Unsicherheiten nicht zu gross sind.

Mit diesen Festsetzungen ist es anschliessend möglich, sowohl die Relevanz – also die Wichtigkeit in einem bestimmten Zusammenhang – als auch die Beeinflussbarkeit – also den Einfluss mit bestimmten Wirkungen – zu beurteilen. Die Relevanz und die Beeinflussbarkeit sind somit das Ergebnis einer Funktion, die vom Akteur und von den interessierenden Zeitperioden abhängig ist. Im Weiteren bedingt die Beurteilung der Relevanz – per Definition – die Festsetzung einer Zielgrösse.

Beispiel: Akteur Wasserkraftwerksbetreiber: Die zu beurteilenden Zielgrössen können energiebezogene Grössen sein, wie die mengenmässige Maximierung des Energieabsatzes, oder ökonomische Grössen, wie die Maximierung des Gewinns. Akteur Staat: Für ihn ist es eher der volkswirtschaftlich kostenoptimale Beitrag der Schweizer Wasserkraft an die Gewährleistung der Versorgungssicherheit der Schweiz. Das heisst, für den Staat ist die Maximierung des Gewinns des Betreibers wenig relevant (höchstens aus steuerlichen Überlegungen oder wenn er Miteigentümer der Anlage ist), während der Wasserkraftwerksbetreiber nicht für die Gewährleistung der Versorgungssicherheit verantwortlich ist und somit seinerseits diesen Aspekt für sich als nicht relevant einschätzt. Zudem sind beide Zielgrössen zeitperiodenunabhängig.

Beispiel: Thema Gletscherrückgang (als Teil des Themenfeldes «Naturbedingte Einflüsse auf fassbare Wassermengen»), Akteur Speicherkraftwerksbetreiber einer Anlage mit periglazialem Einzugsgebiet, Zeitperioden Kurz- bis Mittelfrist und Mittel- bis Langfrist: Die Relevanzbeurteilung soll anhand des betriebswirtschaftlichen Nutzens der Anlage für den Akteur erfolgen. In der Kurz- bis Mittelfrist hat die Gletscherschmelze als Ergebnis des Klimawandels für den Speicherkraftwerksbetreiber eine erhebliche Relevanz im positiven Sinne. So wurde in *Schaefli et al. (2019)* gezeigt, dass für die Periode 1980–2010 dem Massenverlust der Gletscher jährlich rund 1,0–1,4 TWh Wasserkraft zuzuschreiben sind. In der Kurz- bis Mittelfrist dürfte sich an diesem Ergebnis wenig ändern. Die Mehrproduktion führt ceteris paribus zu einem höheren Umsatz und in der Folge zu einem verbesserten betriebswirtschaftlichen Ergebnis. Die Beeinflussbarkeit durch den Speicherkraftwerksbetreiber ist vernachlässigbar. In der Mittel- bis Langfrist ist ein Rückgang der Produktion aus dem Massenverlust auf 0,4 TWh zu erwarten. Damit wird der Gletscherrückgang gegenüber heute eine geringere Relevanz haben, und dies mit negativem Vorzeichen.

Beispiel: Thema Heimfall (als Teil des Themenfeldes Eigentümeraspekte), Akteure Wasserkraftwerksbetreiber und Gemeinwesen, Zeitperioden Kurz- bis Mittelfrist und Mittel- bis Langfrist. In der Kurz- bis Mittelfrist ist für den Betreiber der mögliche Heimfall, und damit verbunden die Frage, wer künftiger Eigentümer der Wasserkraftanlage sein wird, von erheblicher Relevanz, da er unter der aktuellen Unsicherheit nicht bereit ist, mehr als das sicherheitstechnische Minimum in die Anlagen zu investieren. Dies kann unter Umständen zu einer nicht-optimalen Auslastung der Anlage führen, was einen negativen Einfluss auf den betriebswirtschaftlichen Nutzen hat. Für das Gemeinwesen hingegen ist die Relevanz des Heimfalls in der Kurz- bis Mittelfrist untergeordnet, da der Betreiber bis zum Ende der Konzession ein Sondernutzungsrecht am Wasser hat. In der Mittel- bis Langfrist, also nach der Neukonzessionierung, nimmt die Relevanz für das Gemeinwesen vor allem dann zu, wenn es den Heimfall ausübt, denn damit wird es selber erhebliche Investitionen tätigen müssen und dem Marktpreisrisiko an den Strommärkten ausgesetzt sein. Hingegen nimmt die Relevanz für den Betreiber nach dem Heimfallentscheid wieder ab, da der dannzumalige Eigentümer ein Interesse haben wird, die Wasserkraftanlage betriebswirtschaftlich optimal zu betreiben. Die Beeinflussbarkeit des Heimfalls ist für das Gemeinwesen hoch und für den Betreiber mittel.

Einschätzung zur Relevanz und Beeinflussbarkeit

Basierend auf den obigen Überlegungen, werden nun zwei Einschätzungen – und zwar für das Jahr 2030 und das Jahr 2060 – vorgenommen. Akteur sei ein Betreiber von Wasserkraftwerken, der in seinem Portfeuille auch Anteile an grösseren Speicherkraftwerken hat, deren Konzessionen zwischen 2040 und 2050 enden. Zielgrösse ist die nachhaltige Maximierung des Gewinns durch das Anbieten der Stromdienstleistungen Energie, Kapazität und Flexibilität aus Schweizer Wasserkraft. Stellvertretend für die Kurz- bis Mittelfrist werde das Jahr 2030

gewählt, also vor Konzessionsende und damit bevor der mögliche Heimfall eintritt, für die Mittel- bis Langfrist das Jahr 2060.

Überlegungen und Einschätzungen zum Jahr 2030

Exemplarisch werden einige Themenfelder herausgegriffen und die angestellten Überlegungen dargelegt.

- Themenfeld Energie- und Klimapolitik: Die internationalen Bestrebungen zu einer Reduktion des CO_2-Ausstosses und einer Begrenzung des Temperaturanstiegs auf unter 2 °C werden die politischen Diskussionen dominieren. Für den Wasserkraftwerksbetreiber hat das Themenfeld somit eine mittelgrosse Relevanz im positiven Sinne, da seine angebotenen Stromdienstleistungen relativ attraktiver werden. Allerdings ist die Beeinflussbarkeit der Klimapolitik auf internationaler Ebene vernachlässigbar; auf nationaler Ebene kann er sich in der Energiepolitik einbringen und so die Strategie mitbeeinflussen. Trotzdem bleibt die Beeinflussbarkeit insgesamt aber eher klein.
- Themenfeld Konkurrenzangebote: Ein starker Wettbewerb zwischen den Technologien (darunter sind auch nachfrageseitige Angebote zu verstehen) hat eine grosse Relevanz für den Kraftwerksbetreiber, allerdings ist die Beeinflussbarkeit klein.
- Themenfeld Eigentümeraspekte: bis zur Neukonzessionierung einer Wasserkraftanlage bestehen hohe Unsicherheiten und insgesamt eine hohe Relevanz, die für den Wasserkraftwerksbetreiber negativ einzustufen ist. So wird er sich mit Investitionen zurückhalten, solange nicht klar ist, wie diese Investitionen in einer Restwertvereinbarung ausgeglichen werden oder er die Gewissheit hat, weiterhin Konzessionär der Anlage zu bleiben. Die Beeinflussbarkeit durch ihn ist mittel, da es sich um ein nationales Thema handelt und er sich als aktueller Eigentümer einbringen kann.
- Themenfeld Marktdesign: Da unter diesem Begriff sehr viel subsummiert und hineininterpretiert werden kann, ist er schwierig zu handhaben. Je nach Auslegung kann die Relevanz für den Wasserkraftwerksbetreiber von klein bis gross sein, ebenso die Beeinflussbarkeit. In der Wirkung kann Marktdesign negative, positive oder auch keine Effekte haben, was begründet, dass das Marktdesign an neutraler Stelle in neutraler Farbe erscheint.
- Themenfeld Nachfrage nach Stromdienstleistungen der Schweizer Wasserkraft: Dieses Themenfeld hat für den Wasserkraftwerksbetreiber hohe Beeinflussbarkeit und auch hohe Relevanz. Unter Berücksichtigung der aktuellen Klimadebatte bietet dieses Themenfeld vor allem Chancen, wobei einschränkend anzumerken ist, dass eine Erhöhung der Nachfrage nicht zwingend zu einem verbesserten Ergebnis für den Wasserkraftwerksbetreiber führt.

Bild 4 zeigt das Ergebnis dieser Überlegungen. Grün umrahmte Themenfelder sind für den Akteur als Chancen zu werten, rote als Herausforderungen und orange eher als neutral bzw. in Summe unbestimmbar. Aus dem Bild kann gefolgert werden, dass die nachfrageseitigen Themenfelder (sandgelb) eine insgesamt höhere Relevanz haben als die angebotsseitigen (hellgrau), bei gleichzeitig geringerer Beeinflussbarkeit. Die angebotsseitigen Themenfelder, allen voran die naturbedingten Einflüsse, sind zwar als Klimaphänomen nicht zu unterschätzen, in der Relevanz für den Betreiber allerdings eher untergeordnet, da sich erstens die vollen Auswirkungen des Klimawandels verstärkt erst in der zweiten Jahrhunderthälfte zeigen werden und zweitens der Betreiber aufgrund der laufenden Konzession eingeschränkt ist, was die baulichen Anpassungen für den Betrieb der Anlagen anbelangt.

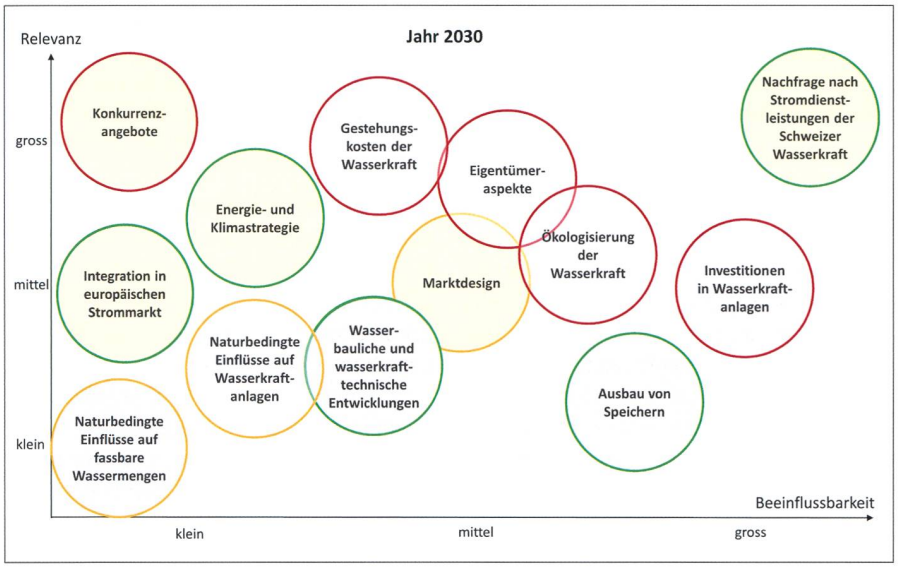

Bild 4: Einschätzung der Beeinflussbarkeit und Relevanz der Themenfelder für das Jahr 2030.

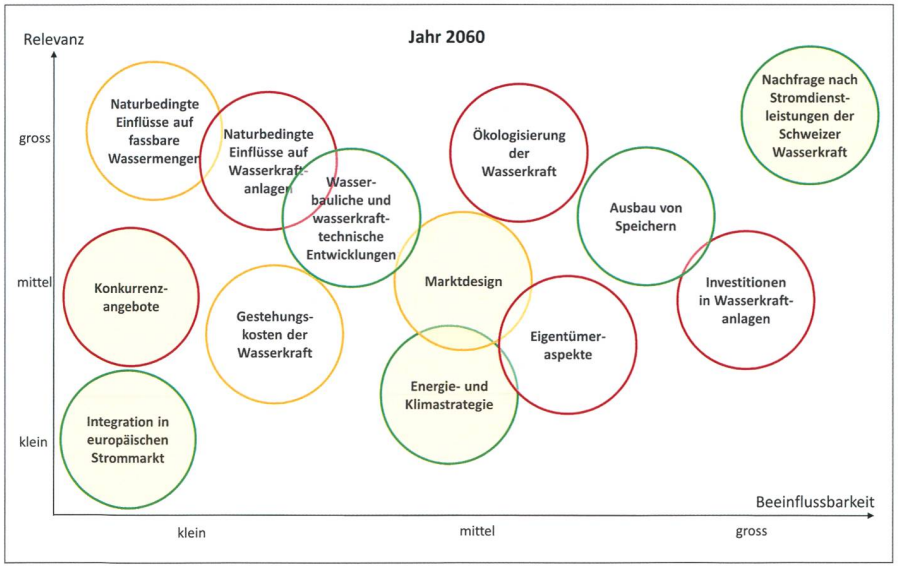

Bild 5: Einschätzung der Beeinflussbarkeit und Relevanz der Themenfelder für das Jahr 2060.

Überlegungen und Einschätzungen zum Jahr 2060

Bild 5 zeigt die Einschätzung der Beeinflussbarkeit und Relevanz für das Jahr 2060, stellvertretend für die Mittel- bis Langfrist.

- Themenfeld Energie- und Klimapolitik: Aufgrund der aktuellen Wichtigkeit und Dringlichkeit einer Einigung in der internationalen Klimapolitik dürfte die Relevanz in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts abflauen, da entweder eine Einigung erzielt wurde und in der Umsetzung sein wird oder aber das geopolitische Gefüge ist so, dass sich die Staatengemeinschaft nicht auf die Umsetzung der Ziele des Pariser Klimaabkommens oder eines Nachfolgeabkommens einigen konnte und Klimapolitik insgesamt wieder einen geringeren Stellenwert hat als in der Kurz- bis Mittelfrist. Damit steigt die relative Bedeutung der nationalen Energiepolitik gegenüber der internationalen Klimapolitik, was zu einer höheren Beeinflussbarkeit bei gleichzeitig geringerer Relevanz für den Wasserkraftwerksbetreiber führt.
- Themenfeld Eigentümeraspekte: Dieses Themenfeld verliert an Relevanz, da mit der Neukonzessionierung in den Jahren 2040 bis 2050 eine Einigung über den Weiterbetrieb erzielt wurde. An der Beeinflussbarkeit ändert sich wenig.

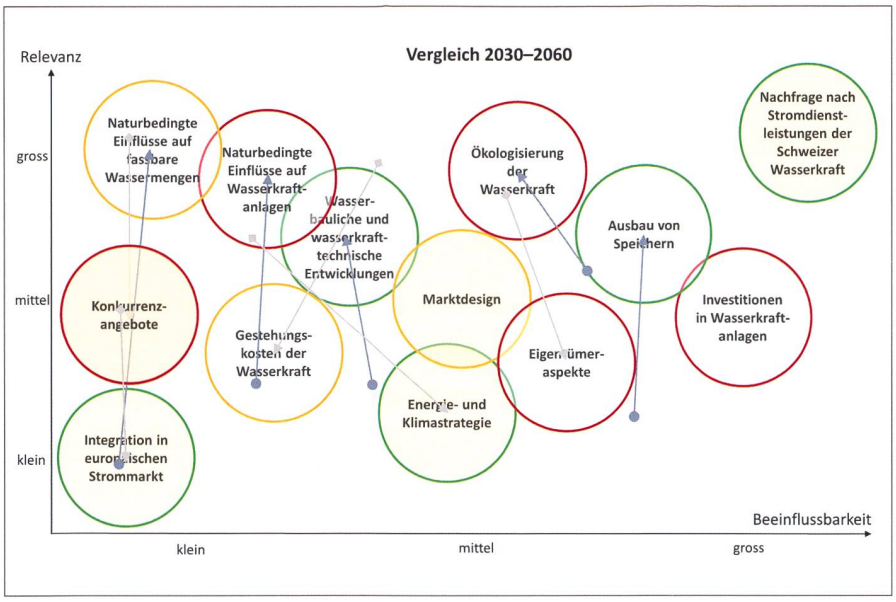

Bild 6: Vergleich der Beeinflussbarkeit und Relevanz der Themenfelder zwischen 2030 und 2060.

Vergleich der Kurz- bis Mittel- und Mittel- bis Langfrist

Bild 6 ist eine Überlagerung der *Bilder 4* und *5*, wobei die Kreise des Jahres 2060 beibehalten wurden. Die Pfeile verdeutlichen die Änderung zwischen 2030 (Start des Pfeils) und 2060 (Ende des Pfeils) für die jeweiligen Themenfelder, grau bedeutet eine Abnahme der Relevanz, blau eine Zunahme. Insgesamt ist davon auszugehen, dass mit den fortschreitenden Auswirkungen der Klimaänderung die angebotsseitigen Themenfelder eine höhere Relevanz erhalten, insbesondere die naturbedingten Einflüsse. Während bei Laufwasserkraftwerken der Fokus auf den naturbedingten Einflüssen auf die fassbaren Wassermengen liegen dürfte, kommen bei den Speicherkraftwerken auch noch die naturbedingten Einflüsse auf die Wasserkraftanlagen – zum Beispiel als Gefährdung durch Rutschungen und Steinschläge oder durch die Verlandung der Stauseen – hinzu, die im Vergleich zu 2030 zu einer erheblichen Herausforderung avancieren werden. Die Beinflussbarkeit bleibt in den meisten Fällen in etwa gleich (vertikale Pfeile), wobei es auch einige Ausnahmen gibt. Die Energie- und Klimastrategie dürfte vom internationalen Fokus eher auf die nationale Ebene zurückkehren und damit einem Schweizer Akteur grössere Beeinflussbarkeit ermöglichen. Bei den Gestehungskosten ist davon auszugehen, dass sie in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts von den Kapitalkosten getrieben werden, da die Betriebskosten so weit optimiert sind, dass kaum Handlungsspielraum mehr besteht, und bei den Abgaben entweder marktnahe Modelle zur Verfügung stehen oder die Abgaben im Sinne eines finanz- und regionalpolitischen Themas nicht mehr beim Wasserkraftwerksbetreiber anfallen, sondern über andere Finanzierungsmechanismen durch den Endverbraucher oder den Steuerzahler bezahlt werden. Folglich nimmt die Beeinflussbarkeit ab. Dass die Gestehungskosten insgesamt an Relevanz verlieren, ist darauf zurückzuführen, dass mit dem Rückgang der konventionell-thermischen Kraftwerksproduktion immer mehr Technologien am Markt sein werden, die sich durch geringe Grenzkosten und hohe Investitionskosten auszeichnen. Damit ist die Differenzierung zwischen den Technologien kleiner als dies heute der Fall ist, und es muss zum grenzkostenbasierten Energy-only-Markt mindestens ein ergänzender Marktmechanismus gefunden werden.

Einordnung der Ergebnisse

Die obigen Überlegungen beziehen sich auf einen Betreiber von Wasserkraftwerken. Bei der Beeinflussbarkeit zeigt sich, dass sie bei einigen Themenfeldern mit mittlerer bis grosser Relevanz klein ist und im Zeitverlauf bei den meisten Themenfeldern in etwa gleich bleibt.

Die Relevanz der Themenfelder ändert über die Zeit zum Teil erheblich (Länge der Pfeile in der y-Komponente). So werden im Mittel- bis Langfristbereich die angebotsseitigen Themenfelder an Bedeutung gewinnen, was sich in *Bild 6* darin zeigt, dass zahlreiche graue Kreise nun im oberen Teil des Bildes und mit einem blauen Pfeil versehen sind. Insbesondere die naturbedingten Einflüsse, die aufgrund der Klimaänderung zu erheblichen neuen Risiken und Adaptationsmassnahmen führen, werden die Wasserkraftwerksbetreiber stark herausfordern.

Die naturbedingten Einflüsse sind zwar Themenfelder, die durch den betrachteten Akteur nicht beeinflussbar sind. Allerdings ist die Entwicklung der Auswirkungen über eine längere Zeitperiode abschätzbar, da es sich um ein System handelt, das physikalischen Gesetzmässigkeiten folgt. Im Gegensatz dazu ist bei nachfrageseitigen Themenfeldern weiterhin wenig Stabilität bzw. Konstanz zu erwarten, was die Unabwägbarkeiten für den Wasserkraftwerksbetreiber hochhält. Es ist deshalb wenigstens positiv zu werten, dass die Relevanz dieser Themenfelder insgesamt abnehmen dürfte.

In der Kurz- und Mittelfrist ist im regulatorischen Bereich noch mit vielen Interventionen zu rechnen, bedenkt man doch, dass mit der Energiestrategie 2050 die Klarheit über die fortzuführende Energiepolitik in der Schweiz kaum zugenommen hat. Im Weiteren will die Schweiz im Jahr 2050 eine Netto-null-Treibhausgasbilanz aufweisen. Dies ist aktuell ein vom Bundesrat politisch festgesetztes Ziel. Wie dieses Ziel erreicht werden kann und vor allem, welche unmittelbaren Konsequenzen es für die Bevölkerung haben wird, ist aktuell noch unbekannt. Aufschluss darüber

dürften die Energieperspektiven 2050+ geben, die das BFE zurzeit ausarbeitet. Insgesamt wäre es aber äusserst wünschenswert, wenn die politischen Instanzen ihren Regulierungshorizont im Energiebereich verstärkt dem Investitionszyklus der Energieinfrastruktur anpassen würden, damit Rahmenbedingungen gesetzt werden, die die Risiken für einen Wasserkraftwerksbetreiber beherrschbar machen. Die kommenden Herausforderungen aufgrund naturbedingter Einflüsse sind gross und anspruchsvoll genug.

Natürlich ist die oben erfolgte qualitative Beurteilung der Themenfelder nach Beeinflussbarkeit und Relevanz mit Unsicherheiten und Subjektivität verbunden. Die zusätzliche Definition von Szenarien, also von «Wenn-dann-Aussagen», könnte dazu beitragen, dass die Unsicherheiten in den Wirkungszusammenhängen und Einschätzungen verringert, die Argumentationslinie geschärft und damit die Beurteilung insbesondere der Relevanz verbessert werden könnte. Ob dabei der Erkenntnisgewinn wesentlich höher und vor allem die konkreten Handlungen des Wasserkraftwerksbetreibers substanziell anders ausfallen würden, wird vom Autor allerdings bezweifelt.

3. Handlungsmöglichkeiten und Fazit

Handlungsmöglichkeiten

Welche Schlüsse können die Wasserkraftwerksbetreiber aus dieser Analyse ziehen, und welche Handlungen sollten sie daraus ableiten?

Grundsätzlich ist der Fokus auf die Themenfelder mit hoher Relevanz zu legen, unabhängig von der Beeinflussbarkeit, denn eine kleine Beeinflussbarkeit bedeutet nicht, dass der Akteur keinen Handlungsbedarf bzw. keine -möglichkeiten hat. Gerade im Bereich der Klimaänderung hat der Akteur

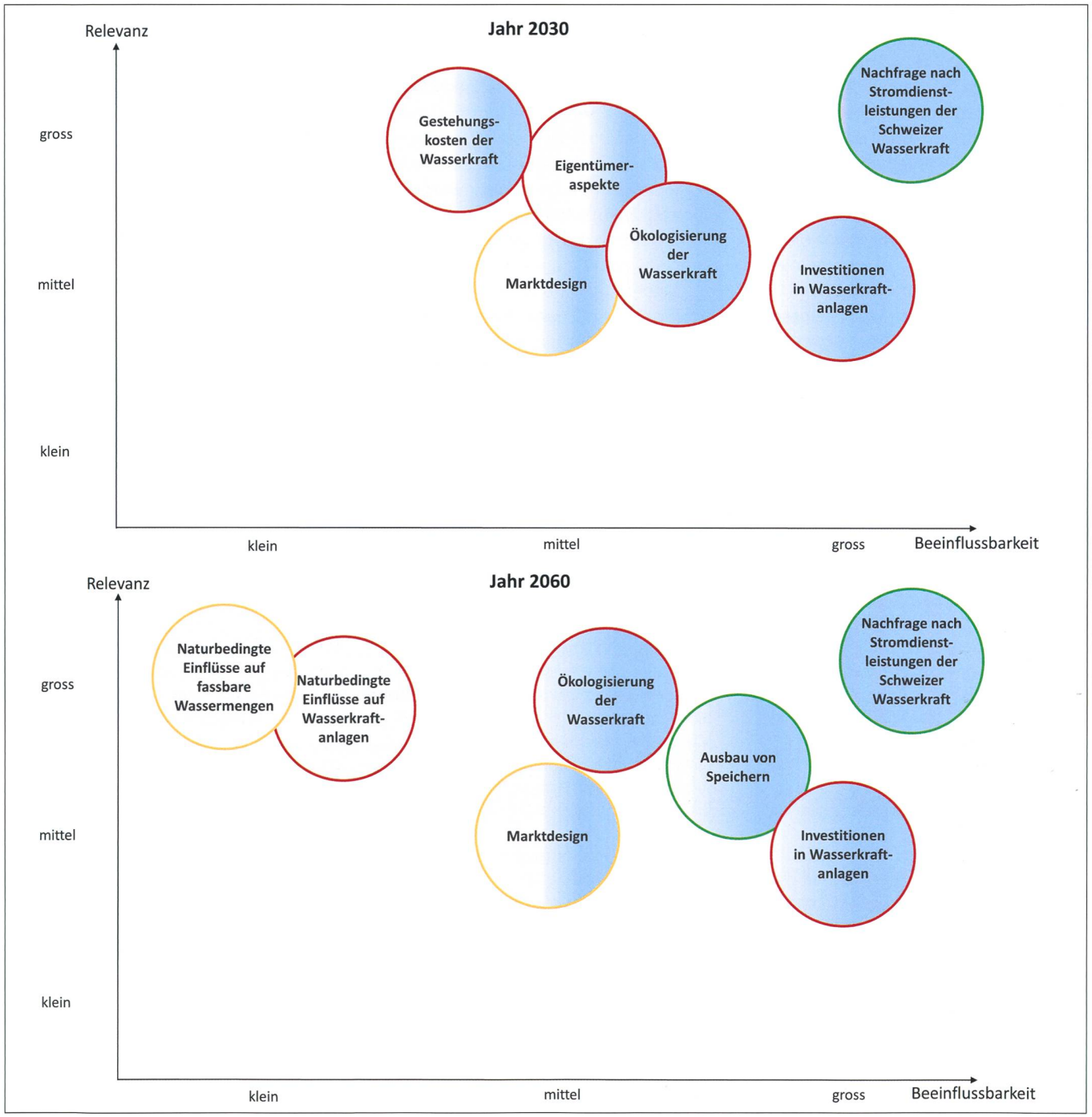

Bild 7: Übersicht über die zu bearbeitenden Themenfelder durch Wasserkraftwerksbetreiber (hellgrau) und Verband (hellblau) im Jahr 2030 (oben) und 2060 (unten).

zwar nur eine kleine Beeinflussbarkeit auf die physikalischen Auswirkungen, umso mehr Handlungsbedarf im Sinne einer Adaptationsstrategie besteht aber für ihn. Aber auch der Bereich mit hoher Beeinflussbarkeit und mittlerer Relevanz sollte er mitberücksichtigen, da sich unter Umständen mit einem überschaubaren Aufwand Resultate erzielen lassen, die immerhin von mittlerer Relevanz sind.

Bild 7 übernimmt die aus Sicht des Wasserkraftwerksbetreibers weiterzuverfolgenden Themenfelder aus *Bild 4*. Mit Blick auf den Kurz- und Mittelfristbereich liegen die Herausforderungen bei den folgenden vier Themen:

- Konkurrenzangebote
- Gestehungskosten der Wasserkraft
- Eigentümeraspekte und damit verbunden
- Investitionen in Wasserkraftanlagen

Sind die Themenfelder von übergeordnetem Interesse, dann liegt es auf der Hand, dass die Wasserkraftwerksbetreiber von der bestehenden Verbandsstruktur profitieren und ihre Anforderungen und Erwartungen dem Verband weitergeben, damit dieser in einem ersten Schritt eine interne Interessenbündelung vornehmen kann, um dann in einem zweiten Schritt diese Interessen in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft einzubringen. Handelt es sich um Themenfelder, die individuelle kraftwerksspezifische Massnahmen erfordern, hat der Wasserkraftwerksbetreiber sie selber anzugehen. Hierzu gelten typischerweise zum Beispiel die Adaptationsmassnahmen an die naturbedingten Einflüsse auf die Wasserkraftanlagen und die fassbaren Wassermengen. *Bild 7* zeigt schematisiert die durch den Wasserkraftwerksbetreiber (hellgrau), den Verband (hellblau) und durch beide (hellgrau-hellblau) zu bearbeitenden Themenfelder.

Fazit

Die Wasserkraft in der Schweiz ist eine Erfolgsgeschichte, und sie hat sich in der weit über hundertjährigen Geschichte trotz mehrfacher Krisen bewährt. Dies ist auch nicht überraschend, denn ihre Vorteile gegenüber anderen Technologien sind mannigfaltig: einheimisch, erneuerbar, flexibel, kostengünstig, zuverlässig und mit hohem Erntefaktor. Nebst diesen Eigenschaften trägt sie wesentlich zur Gewährleistung der Stromversorgungssicherheit bei und brachte/bringt erheblichen volkswirtschaftlichen Nutzen auch in peripheren Gebieten. In Anbetracht des globalen Ziels der Eindämmung der Klimaerwärmung auf unter 2 °C wird sie unverzichtbar bleiben.

Gleichzeitig ist festzustellen, dass die ökologischen Anforderungen an die Wasserkraft stets verschärft und die Abgaben (unabhängig vom energiewirtschaftlichen Umfeld) erhöht wurden. Dies führt dazu, dass sich die Wasserkraft mit hohen und widersprüchlichen Erwartungen konfrontiert sieht, die sie gesamthaft nicht erfüllen kann. Hier wäre eine Klärung zur Rolle der Wasserkraft in Zukunft hilfreich, wobei diese Klärung nicht durch die Betreiber zu erfolgen hat, sondern durch die Gesellschaft, unter Berücksichtigung sämtlicher Konsequenzen. Die Arbeiten von EBP, insbesondere die Übersicht zu den Wirkungszusammenhängen, bieten eine wichtige Grundlage für eine verantwortungsvolle Klärung.

Die Schweizer Wasserkraft ist mit etlichen Herausforderungen konfrontiert, die sich im Verlaufe der Zeit vor allem in ihrer Relevanz ändern werden. Zusätzliche Konkurrenz durch verbesserte und neue Technologien, aber auch naturbedingte Einflüsse werden eine stete Anpassung der Schweizer Wasserkraft an die ökonomischen Realitäten und ökologischen und gesellschaftlichen Ansprüche erfordern. Die Wasserkraft kann diese Herausforderungen aber meistern, denn ihre Vorzüge für die Bereitstellung sämtlicher nachgefragten Stromdienstleistungen von Energie, Kapazität und Flexibilität und ihre gemäss Schweizerischer Akademie der technischen Wissenschaften (SATW) herausragende Gesamtenergiebilanz sind einzigartig und werden der Wasserkraft dazu verhelfen, dass sie im Wachstumsmarkt Strom in der Schweiz weiterhin ihre zentrale Rolle wird behaupten können. In diesem Sinne ist die Wasserkraft zukunftsfähig, was heisst, dass sie künftigen Entwicklungen standhalten wird und auch in der Zukunft erfolgversprechend ist.

Quellen:

Das Literaturverzeichnis enthält auch zahlreiche Einträge, die im Artikel nicht explizit erwähnt werden *(kursiv)*, die aber sowohl wertvolle Hintergrundinformationen liefern können als auch neueren Datums sind.

AGAW (2019): Wasserkraft und Flexibilität – Der Beitrag der alpinen Wasserkraft zum Gelingen der Energiewende, Arbeitsgemeinschaft Alpine Wasserkraft.

BAFU (2019): Restwassersanierung nach Art. 80ff. GSchG: Stand Ende 2018 und Entwicklung seit Ende 2016.

Beer M., R. Kyburz: Mit Speicherwasser gegen die Dunkelflaute, Bulletin 10/2019.

BFE (2017): Zuständigkeiten im Bereich der Stromversorgungssicherheit – Bericht zu Handen der UREK-N.

BFE (2019a): Energiestrategie 2050 – Monitoring-Bericht 2019.

BFE (2019b): Wasserkraftpotenzial der Schweiz – Abschätzung des Ausbaupotenzials der Wasserkraftnutzung im Rahmen der Energiestrategie 2050.

BFE (2020): Modellierung der Erzeugungs- und Systemkapazität (System Adequacy) in der Schweiz im Bereiche Strom 2019.

Bode S. et al. (2013): Wege in ein wettbewerbliches Strommarktdesign für erneuerbare Energien.

dena (2018): dena-Leitstudie Integrierte Energiewende – Teil B: Gutachterbericht.

Duden (2015): Deutsches Universalwörterbuch – Das umfassende Bedeutungswörterbuch der deutschen Gegenwartssprache, 8. Auflage.

EBP (2019): Zukunft der Schweizer Wasserkraft – Auslegeordnung der Einflussfaktoren.

Ehrbar D. et al. (2019): Wasserkraftpotenzial in Gletscherrückzugsgebieten der Schweiz, Wasser Energie Luft 4/2019.

ElCom (2020a): ElCom System Adequacy 2030 – Studie zur Versorgungssicherheit der Schweiz im Jahr 2030.

ElCom (2020b): Rahmenbedingungen für die Sicherstellung einer angemessenen Winterproduktion – Einschätzung der ElCom.

ElCom (2020c): Stromversorgungssicherheit der Schweiz 2020 – Bericht der ElCom.

Felix D. et al. (2020): Ausbaupotenzial der bestehenden Speicherseen der Schweiz, Wasser Energie Luft 1/2020.

IEA (2019): World Energy Outlook.

Kopp O., A. Esser-Frey, T. Engelhorn (2012): Können sich erneuerbare Energien langfristig auf wettbewerblich organisierten Strommärkten finanzieren? Zeitschrift für Energiewirtschaft 36/2012.

Pfammatter M., N. Semadeni Wicki (2018): Energieeinbussen aus Restwasserbestimmungen – Stand und Ausblick, Wasser Energie Luft 3/2018.

Piot M. (2017): Wirtschaftlichkeit der Wasserkraft in der Schweiz, WasserWirtschaft 1/2017.

Piot M. (2020): Der energiepolitische Trumpf der Schweiz, Bulletin 2/2020.

PLEF (2020): Generation Adequacy Assessment – Final Report.

Ribi F., M. Müller, C. Dübendorfer (2020): Zukunft der Schweizer Wasserkraft: Systemverständnis als Grundlage für künftiges Handeln, Wasser Energie Luft 1/2020.

SATW (2018): Stromproduktion: Erneuerbare sind spitze, Studien-Kurzzusammenfassung.

Schaefli B. et al. (2019): The role of glacier retreat for Swiss hydropower production, Renewable Energy 132/2019.

Tami R. (2020): Neues aus der ElCom: Herausforderungen Versorgungssicherheit, Referat am Stromkongress 2020.

van Baal P. et al. (2019): The Swiss energy transition and the relationship with Europe – Complementary study – Final report 03 June 2019.

Wahrig (2011): Deutsches Wörterbuch, Brockhaus Verlag, 9. Auflage.

Wechsler T., M. Stähli (2019): Climate change impact on Swiss hydropower production, Synthesis Report.

Autor:

Michel Piot, Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband, Rütistrasse 3a, 5401 Baden, michel.piot@swv.ch