

BERICHT ZUM KERNENERGIEAUSSTIEG DES KANTONS SCHAFFHAUSEN

Schlussbericht
Zürich, 20. Mai 2011

Stefan Kessler, Othmar Schwank, Donald Sigrist

B-1803B-KERNENERGIEAUSSTIEG SH-SCHLUSSBERICHT_V15.DOC



INFRAS

INFRAS

BINZSTRASSE 23
POSTFACH
CH-8045 ZÜRICH
t +41 44 205 95 95
f +41 44 205 95 99
ZUERICH@INFRAS.CH

MÜHLEMATTSTRASSE 45
CH-3007 BERN

WWW.INFRAS.CH

Auftraggeber

Baudepartement Kanton Schaffhausen

Auftragnehmer

INFRAS, Binzstrasse 23, 8045 Zürich, www.infras.ch

Autoren

Stefan Kessler, Othmar Schwank, Donald Sigrist (INFRAS)

Begleitgruppe

Reto Dubach, Ernst Landolt (Regierungsrat), Erhard Meister (ehem. Regierungsrat)

Thomas Feurer (Stadtpräsident Stadt Schaffhausen)

Peter Käppler (Stadtrat Stadt Schaffhausen)

Andrea Paoli, Bernhard Dubochet (Energiefachstelle Kanton Schaffhausen)

Urs Capaul (Stadtökologie Stadt Schaffhausen)

Thomas Erb (Elektrizitätswerk des Kantons Schaffhausen)

Herbert Bolli (Städtische Werke Schaffhausen und Neuhausen am Rheinfall)

Für den Inhalt dieser Studie ist INFRAS verantwortlich. Die Studie stimmt nicht in allen Punkten mit der Haltung der Begleitgruppe überein. Keine einheitliche Position vertreten die Mitglieder der Begleitgruppe insbesondere in Bezug auf folgende Studienergebnisse:

- › Die Einschätzungen zu den Risiken und zum Ausmass der Strompreiserhöhungen, welche sich durch einen Ausstieg des Kantons Schaffhausen aus der Kernenergie ergeben.
- › Die Einschätzungen zur Preissensitivität der Stromendverbraucher und zum Risiko, dass Verbraucher in den freien Strommarkt „abwandern“.
- › Die Einschätzungen zu den Chancen und Risiken, welche ein Kernenergieausstieg für die Volkswirtschaft des Kantons Schaffhausen mit sich bringt.
- › Die Einschätzungen zur Verfügbarkeit von Strom aus erneuerbaren Energien, welcher von den öffentlichen Elektrizitätsversorgern auf dem Strommarkt beschafft werden muss.

INHALT

ZUSAMMENFASSUNG	5
1. EINLEITUNG, STUDIENZIELE UND STUDIENUMFELD	17
1.1. AUSGANGSLAGE IM KANTON SCHAFFHAUSEN	17
1.2. STUDIENZIELE UND UNTERSUCHUNGSFRAGEN	18
1.3. UMFELD UND PRIORITÄTEN DER STUDIE	19
1.4. AUSGANGSLAGE INTERNATIONAL, EU UND SCHWEIZ	21
2. AUS DER KERNENERGIE „AUSSTEIGEN“ – WAS HEISST DAS?	27
2.1. DEFINITION KERNENERGIEAUSSTIEG	29
2.2. DIE ZWEI WICHTIGSTEN SPIELREGELN DES LIBERALISIERTEN STROMMARKTS	29
3. PERSPEKTIVEN IM STROMMARKT	35
3.1. ELEKTRIZITÄTSNACHFRAGE: VOM ZIEL HER DENKEN	35
3.2. ELEKTRIZITÄTSANGEBOT	40
3.3. POTENZIALE ZUR STROMERZEUGUNG AUS ERNEUERBAREN QUELLEN	42
3.4. VERSORGUNGSSICHERHEIT	45
3.5. RESSOURCENVERFÜGBARKEIT	48
3.6. WEITERE RISIKOFAKTOREN	50
4. STRATEGIEVARIANTEN UND OPTIONEN ZUR UMSETZUNG	57
4.1. ZWEI STRATEGIEVARIANTEN FÜR DEN KERNENERGIEAUSSTIEG	57
4.2. UMSETZUNG DER STRATEGIEVARIANTEN	58
5. BEURTEILUNG DER STRATEGIEVARIANTEN	63
5.1. REFERENZENTWICKLUNG UND AUSSTIEGSSZENARIEN: DER KERNENERGIEAUSSTIEG IST DAS „PÜNKCHEN AUF DEM I“	63
5.2. AUSWIRKUNGEN AUF DIE STROMPREISE	68
5.3. AUSWIRKUNGEN AUF DIE SCHAFFHAUSER VOLKSWIRTSCHAFT	71
5.4. UMWELTAUSWIRKUNGEN	75
5.5. POLITISCHE GLAUBWÜRDIGKEIT	76
5.6. VERSORGUNGSSICHERHEIT	78
5.7. AKZEPTANZ AUS SICHT DER WICHTIGSTEN ANSPRUCHSGRUPPEN	79
5.8. GESAMTBEURTEILUNG	84
6. VORGEHENSPLAN FÜR DEN KANTON SCHAFFHAUSEN: IN ZWEI SCHRITTEN ZUM KERNENERGIEAUSSTIEG	87
6.1. SCHRITT 1: POLITIK- UND VOLKSENTSCHEID FORCIEREN	87

6.2.	SCHRITT 2: KERNENERGIEAUSSTIEG PLANEN UND UMSETZEN	88
7.	FAZIT DER AUTOREN: DIE ACHT ZENTRALEN AUSSAGEN DER VORLIEGENDEN STUDIE	97
	_____	_____
ANHANG	_____	103
LITERATUR	_____	109

ZUSAMMENFASSUNG

AUSGANGSLAGE

Mit der Motion Wetter „Ausstieg aus der Atomenergie“ (SP, 18. Mai 2009, als Postulat an die Regierung überwiesen) wurde der Regierungsrat damit beauftragt, die Machbarkeit eines Ausstiegs des Kantons Schaffhausen aus der Kernenergie und dessen Konsequenzen für Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft aufzuzeigen. Mit der vorliegenden Studie hat INFRAS im Auftrag des Kantons und in enger Zusammenarbeit mit den kantonalen und städtischen Behörden die Grundlagen erarbeitet, die für den Bericht und den Antrag des Regierungsrates an den Kantonsrat zum Postulat Wetter wichtig sind. Dabei gibt die Studie nicht notwendigerweise in allen Punkten die Haltung der Begleitgruppe wieder (beispielsweise in Bezug auf das Ausmass und die Auswirkungen von Strompreiserhöhungen sowie die Verfügbarkeit von Strom aus erneuerbaren Energien auf dem Strommarkt).

WELCHE FRAGEN DIE STUDIE BEANTWORTET – UND WELCHE NICHT

Die Studie fokussiert auf die gemäss Postulat vorgegebene Fragestellung und befasst sich mit der Machbarkeit eines kantonalen Kernenergieausstiegs, mit möglichen Strategien für dessen Umsetzung und den dadurch zu erwartenden Auswirkungen. Diese Aspekte werden erstens (ausschliesslich) aus Sicht des gesamten Kantons Schaffhausen beleuchtet und zweitens in Bezug auf eine Referenzentwicklung beurteilt (gemäss Annahme steigen die Strompreise in der Referenz zwischen 2010 und 2040 um rund 27%, was ca. 4 Rp./kWh entspricht). Dabei ist zu beachten, dass diese Referenzentwicklung für einen grossen Teil der Chancen und Risiken verantwortlich ist, welche die Stromzukunft des Kantons Schaffhausen in den nächsten Jahrzehnten mit sich bringen wird. Die energiepolitischen Trends in Europa, die zunehmende Liberalisierung der Strommärkte, die Unsicherheiten bezüglich neuen Atomkraftwerken in der Schweiz, der „sowieso“ anfallende Bedarf an neuen Systemdienstleistungen und Netzausbauten sowie andere Faktoren, welche die Stromzukunft des Kantons auch im Referenzfall voraussichtlich stark beeinflussen werden, werden hier nicht im Detail oder nur soweit als nötig diskutiert. Im Zentrum der Studie steht die Frage, welche zusätzlichen Vor- und Nachteile respektive Chancen und Risiken der kantonale Kernenergieausstieg im Vergleich zur Referenzentwicklung mit sich bringen könnte.

AUS DER KERNENERGIE „AUSSTEIGEN“ – WAS HEISST DAS?

Die heutigen Elektrizitätsnetze und Strommärkte kennen keine Kantonsgrenzen, im Gegenteil: Der Trend zeigt in Richtung einer noch stärkeren technischen und wirtschaftlichen Vernetzung, die weit über die kantonalen und nationalen Grenzen hinausgeht. Dass sich der Kanton Schaffhausen aus dieser Vernetzung lösen kann, ist nicht realistisch. Für den Kernenergieausstieg braucht er deshalb einen Lösungsansatz, der erstens alle heute geltenden Spielregeln der Strommärkte und zweitens alle zusätzlichen Spielregeln berücksichtigt, die aus heutiger Sicht für die Zukunft zu erwarten sind. „Der Regierungsrat wird aufgefordert, Massnahmen zu erarbeiten mit dem Ziel, die flächendeckende Grundversorgung mit elektrischem Strom bis zum Jahre 2040 ausschliesslich auf der Basis regenerativer Energien zu gewährleisten.“, so der Wortlaut des Postulats Wetter. Unter Berücksichtigung technischer und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen kann die gemäss Postulat vorgeschlagene langfristige Zielsetzung folgendermassen interpretiert werden:

Stromversorgung des Kantons Schaffhausen ausschliesslich auf Basis regenerativer Energien

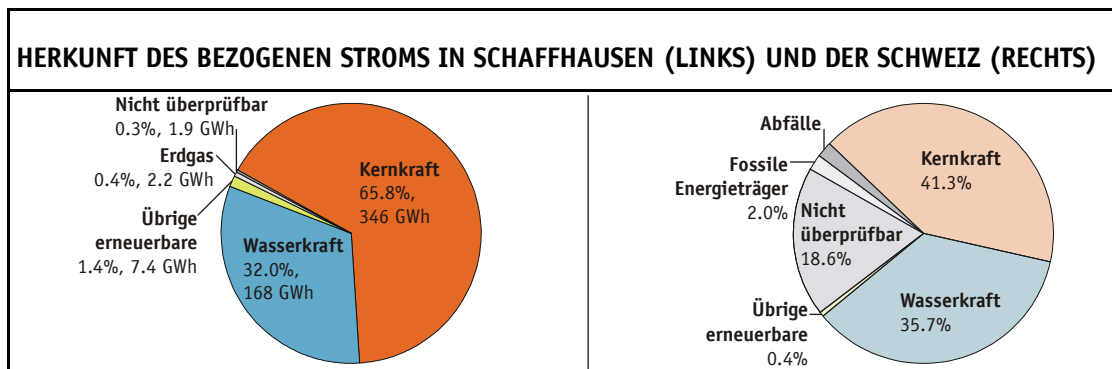
Der direkte Elektrizitätsbedarf grundsätzlich aller Schaffhauser Stromverbraucher wird in der Jahresbilanz zu 100% mit Strom gedeckt, der *nachweislich* nicht aus Kernkraftwerken stammt.

Direkt heisst: Die in Form von Gütern und Dienstleistungen in das Kantonsgebiet importierte Strommenge („grauer Strom“) wird nicht berücksichtigt.

Nachweislich heisst: Alle Elektrizitätsversorger (auch solche ausserhalb des Kantons), die Verbraucher auf dem Kantonsgebiet mit Strom beliefern, haben für ihre gesamte Liefermenge an die Schaffhauser Verbraucher gesetzlich anerkannte Herkunftsnachweise hinterlegt. Mit diesen Nachweisen können sie für jedes Bilanzjahr belegen, dass sie ausschliesslich erneuerbaren Strom an Schaffhauser Verbraucher geliefert haben.

WO STEHT DER KANTON SCHAFFHAUSEN HEUTE?

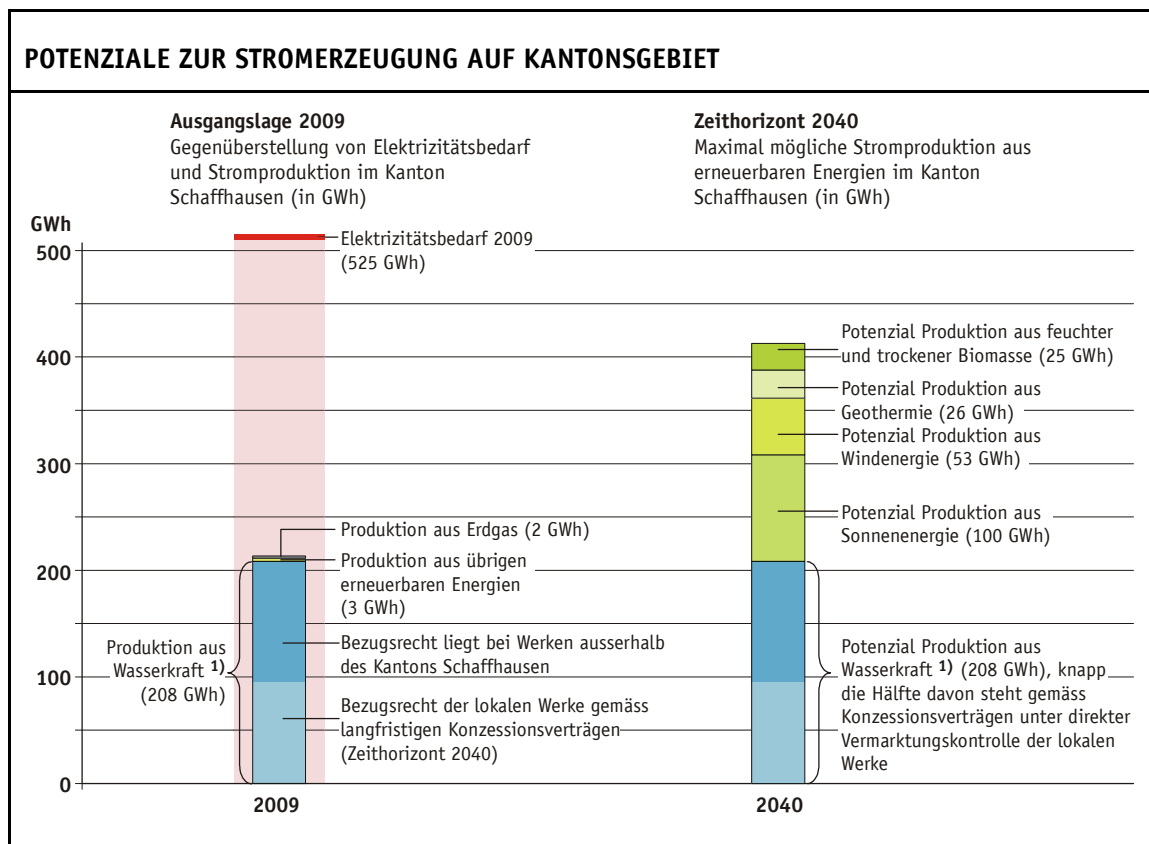
Zwei Drittel des im Kanton Schaffhausen bezogenen Stroms stammt heute aus Kernkraftwerken. In diesem Sinne ist das Ziel Kernenergieausstieg bis 2040 ein ambitioniertes Ziel.



Figur 1 Stromliefermix im Kanton Schaffhausen (Zahlen 2008/2009) und in der Schweiz (Zahlen 2007).

POTENZIALE ZUR STROMERZEUGUNG AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN

Das Potenzial der Wasserkraft, die im Kanton Schaffhausen auch in Zukunft die wichtigste erneuerbare Quelle zur Stromerzeugung bleiben wird, ist heute bereits praktisch ausgeschöpft – ein wesentlicher Produktionsausbau ist bei der heutigen Gesetzeslage schwierig zu realisieren. Andere erneuerbare Energiequellen, die heute noch wenig genutzt werden, haben hingegen ein grosses Potenzial, wie Figur 2 zeigt.



Figur 2 Heute (2009) werden auf dem Gebiet des Kantons Schaffhausen rund 214 GWh Strom erzeugt, der kantonale Elektrizitätsbedarf beträgt 525 GWh. Bis ins Jahr 2040 besteht ein Potenzial zur Stromproduktion aus erneuerbaren Energien von rund 413 GWh.

1) Die Vermarktung des Stroms aus Schaffhauser Wasserkraftwerken (208 GWh) kann von den Schaffhauser Stadt- respektive Kantonswerken heute und gemäss langfristigen Konzessionsverträgen (Zeithorizont 2045) auch in Zukunft nur zum Teil beeinflusst werden. Aufgrund der Bezugsrechte stehen über die Hälfte der Wasserkraftwerkproduktion im Kanton Schaffhausen nicht den lokalen Elektrizitätswerken zu (respektive muss auf dem Strommarkt besorgt werden).

WIE WIRD SICH DER ELEKTRIZITÄTSBEDARF ENTWICKELN?

Energiepolitisch orientieren sich sowohl der Kanton (in seinen Leitlinien der kantonalen Energiepolitik) wie auch die Stadt Schaffhausen (in ihrem Klimaschutz- und Energiekonzept) an der Vision der 2000-Watt-Gesellschaft. Für die vorliegende Untersuchung wird deshalb ein zielorientiertes Prognoseszenario zugrunde gelegt, das im Einklang mit dieser poli-

tischen Zielsetzung steht. Das im Rahmen dieser Studie gesetzte Ziel – eine Reduktion des Strombedarfs um 20% zwischen 2009 und 2040 – ist sehr ambitioniert: Es bedingt eine entsprechende Entwicklung auf nationaler Ebene (Gerätevorschriften, Stromlenkungsabgabe etc.) sowie umfangreiche Massnahmen des Kantons. Weil die Umsetzung aus heutiger Sicht nicht gesichert ist, werden ergänzend die Auswirkungen einer steigenden Stromnachfrage gemäss BFE-Szenario I der nationalen Energieperspektiven aufgezeigt (BFE 2007). Diese kann aus Sicht der Autoren als Obergrenze („worst case“) angesehen werden (kantonale Stromnachfrage 2040: rund 560 GWh).

Stromeffizienzziel des Kantons Schaffhausen bis 2040: minus 20% gegenüber 2009

Für die vorliegende Studie wird angenommen, dass sich der Kanton Schaffhausen zum Ziel setzt, seinen Elektrizitätsbedarf bis 2040 um einen Fünftel zu senken – von 525 GWh (2009) auf 420 GWh (2040). Dieses Ziel steht im Einklang mit der Vision der 2000-Watt-Gesellschaft, den offiziellen Leitlinien der kantonalen Energiepolitik und den Zielen der Stadt Schaffhausen.

ZWEI STRATEGIEVARIANTEN FÜR DEN KERNENERGIEAUSSTIEG

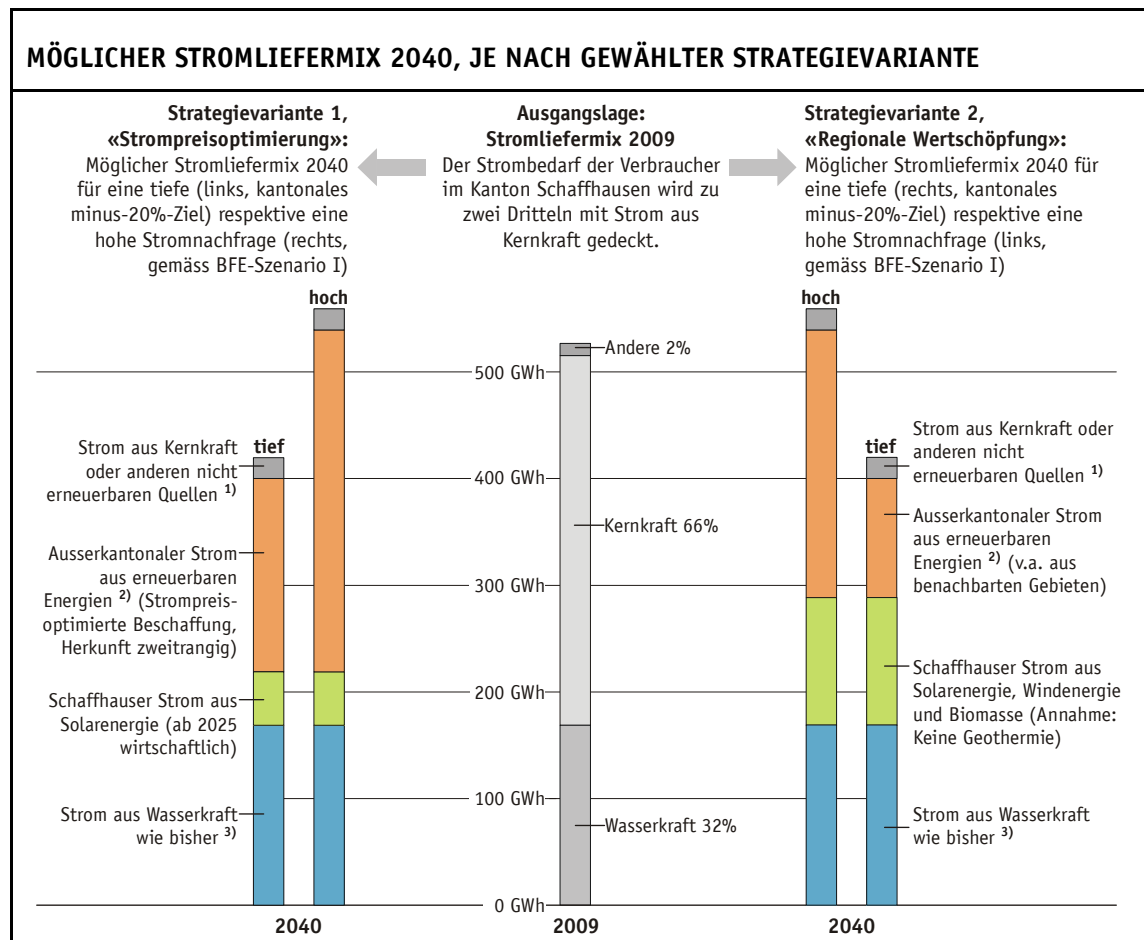
Grundsätzlich bieten sich zwei Strategien für einen kantonalen Kernenergieausstieg an:

KERNENERGIEAUSSTIEG DES KANTONS SCHAFFHAUSEN – ZWEI STRATEGIEVARIANTEN	
Strategievariante 1: „Strompreisoptimierung“	Strategievariante 2: „Regionale Wertschöpfung“
Leitidee Stromintensive Betriebe aus Industrie und Gewerbe und zum Teil auch kleine (private) Stromverbraucher wehren sich vehement gegen Preiserhöhungen, welche durch einen Kernenergieausstieg entstehen. Sie kaufen konsequent den günstigsten Strom ein, der auf dem Markt erhältlich ist.	Leitidee Die Argumente der Politik für einen kantonalen Kernenergieausstieg findet breite Unterstützung. Die langfristige Stromzukunft des Kantons Schaffhausen soll ohne Kernkraft gestaltet werden. Ein wichtiger Grund dafür liegt in der Annahme, dass ein lokaler Ausbau der Stromerzeugungskapazitäten zur regionalen Wertschöpfung beiträgt.
Kernpunkte der Strategievariante 1 Im beschriebenen Umfeld sind möglichst tiefe Strompreise der Schlüssel für den Erfolg des Kernenergieausstiegs: Je günstiger der Strom aus erneuerbaren Energien angeboten werden kann, desto besser. Ziel müssen Aufpreise (gegenüber der Referenzpreisentwicklung) von unter 1 Rp./kWh Strom sein, damit diese von einer Mehrheit der Stromverbraucher akzeptiert werden. Weil der Ausbau der lokalen Stromerzeugungskapazitäten kurz- und mittelfristig zu höheren Strompreisen führen würde, konzentrieren sich die kantonalen Energieversorger hauptsächlich auf den Einkauf von günstigem erneuerbarem Strom ausserhalb des Kantons Schaffhausen.	Kernpunkte der Strategievariante 2 Im beschriebenen Umfeld ist ein nachhaltiger Umbau des Schaffhauser Stromversorgungssystems möglich. Die durch Bewusstseins- und Marketingkampagnen sensibilisierten Stromverbraucher zeigen eine höhere Zahlungsbereitschaft für ökologisch produzierten, regionalen Strom. Die kantonalen Stromversorger forcieren den regionalen Ausbau der Erzeugungskapazitäten. Stark belasteten Verbrauchern (stromintensive Betriebe, Haushalte mit tiefem Einkommen) bieten sie preisoptimierte Stromprodukte an (siehe Strategievariante 1). Ausserdem greift der Kanton in Härtefällen unterstützend ein.

Tabelle 1 Zwei Strategievarianten für den Kernenergieausstieg, Leitideen und Kernpunkte.

ZWEI AUSSTIEGSSZENARIEN

Für die Beurteilung der beiden Varianten werden zwei Ausstiegsszenarien für den Stromliefermix im Kanton Schaffhausen definiert, welche sich an den Strategiegrundsätzen orientieren. Im Fall der Strategievariante 1 (Strompreisoptimierung) wird in erster Priorität möglichst günstiger erneuerbarer Strom (respektive Herkunftsnachweise oder Zertifikate) beschafft, welcher zu einem grossen Teil nicht in Schaffhausen produziert wird. Strategievariante 2 strebt hingegen in erster Priorität einen Ausbau der lokalen Stromerzeugungskapazitäten an.



Figur 3 Möglicher Stromliefermix 2040 – je nachdem, welche Strategievariante der Kanton Schaffhausen wählt (dargestellt für jeweils zwei verschiedene Entwicklungen der Stromnachfrage). Bei den erneuerbaren Energien wird dabei davon ausgegangen, dass bis 2040 rund 50% der Potenziale ausgeschöpft werden können, wenn der Ausbau forciert wird (mit Ausnahme der Geothermie, deren Entwicklungspotenzial aus heutiger Sicht noch nicht abgeschätzt werden kann).
 1) Ganz auszuschliessen wird der Bezug von nicht erneuerbarem Strom wahrscheinlich auch in 30 Jahren nicht sein, unter anderem wegen der Strommarktliberalisierung (freie Wahl des Stromprodukts). Der Kanton Schaffhausen hat mehrere Möglichkeiten, mit diesem „Restanteil“ umzugehen (Kapitel 4.2.3).
 2) Gegenüber 2009 zusätzlich importierter Strom aus Wasserkraft respektive neuen erneuerbaren Energien.
 3) Es wird bei beiden Strategievarianten angenommen, dass die 2009 abgesetzte Menge an Strom aus Wasserkraft auch 2040 noch geliefert werden kann.

BEURTEILUNG

Die beiden Ausstiegsszenarien respektive die zugrundeliegenden Strategievarianten wurden anhand verschiedener Kriterien beurteilt (Tabelle 2 gibt einen Überblick). Die fünf wichtigsten Punkte:

- › Im Rahmen der oben genannten Definition ist ein Kernenergieausstieg des Kantons Schaffhausen machbar. Dieser wird nicht strompreisneutral umzusetzen sein, und zwar bei beiden Strategievarianten (Variante 1: Strompreiserhöhung gegenüber der Referenz unter 1 Rp./kWh, Variante 2: Preiserhöhungen gegenüber der Referenz zwischen 3 Rp./kWh und 4 Rp./kWh, je nach Entwicklung des Strombedarfs und inklusive netzseitigen Kosten).
- › Die Analysen im Rahmen dieser Studie zeigen, dass ein Kernenergieausstieg aus Sicht der Schaffhauser Volkswirtschaft trotz den resultierenden Strompreiserhöhungen ohne Verluste der Wettbewerbsfähigkeit machbar sein sollte. Den Einfluss entscheidender technologie- und kostenbezogener Risikofaktoren auf diese Einschätzung erachten die Autoren als relativ gering. Auf der Ebene der Betriebe wird es allerdings – wenn auch nicht bei der Mehrheit der Betriebe – sowohl Verlierer wie auch Gewinner geben. Dabei sind die Risiken für einen Wettbewerbsverlust für stromintensive Betriebe höher – hier ist die Politik gefordert, um für einzelne „Härtefälle“ Lösungen zu erarbeiten.
- › Der Kanton Schaffhausen hätte mit seinem Entscheid zu einem Kernenergieausstieg keinen direkten Einfluss auf die grossräumige Stromzukunft (beispielsweise werden die Risiken für Schaffhausen, welche mit der Nutzung von Kernkraft verbunden sind, aufgrund des Entscheids nicht oder nur in geringem Masse abnehmen). Der Kanton kann mit einem Ausstieg aber ein klares Signal setzen.
- › Die Signalwirkung ist gegen „aussen“ und „innen“ glaubwürdiger, wenn der Kanton Schaffhausen den Ausbau der Stromerzeugungskapazitäten auf Kantonsgebiet stark forciert (Strategievariante 2). Erstens kann der Kanton damit die regionale Wertschöpfung fördern und sich mit Blick auf die langfristige Entwicklung, in welcher die Kernkraft sowieso nur noch eine marginale Rolle spielen wird, Vorteile verschaffen (Ausschöpfung von Innovationspotenzialen, Standortqualität). Zweitens führt ein Anstieg der kantonalen Stromerzeugung direkt zu einem Rückgang der Nachfrage nach Strom aus Kernkraft (im Vergleich zum Marktvolumen hat dieser Rückgang „nur“ symbolische Wirkung).
- › Die Versorgungssicherheit kann auch in den Ausstiegsvarianten auf einem zur Referenzentwicklung vergleichbaren Niveau sichergestellt werden. Unabhängig vom gewählten Weg – kein Ausstieg (Referenz) oder ein Ausstieg gemäss Strategievariante 1 respektive 2 – werden die Politik und die lokalen Elektrizitätswerke Anstrengungen unternehmen müs-

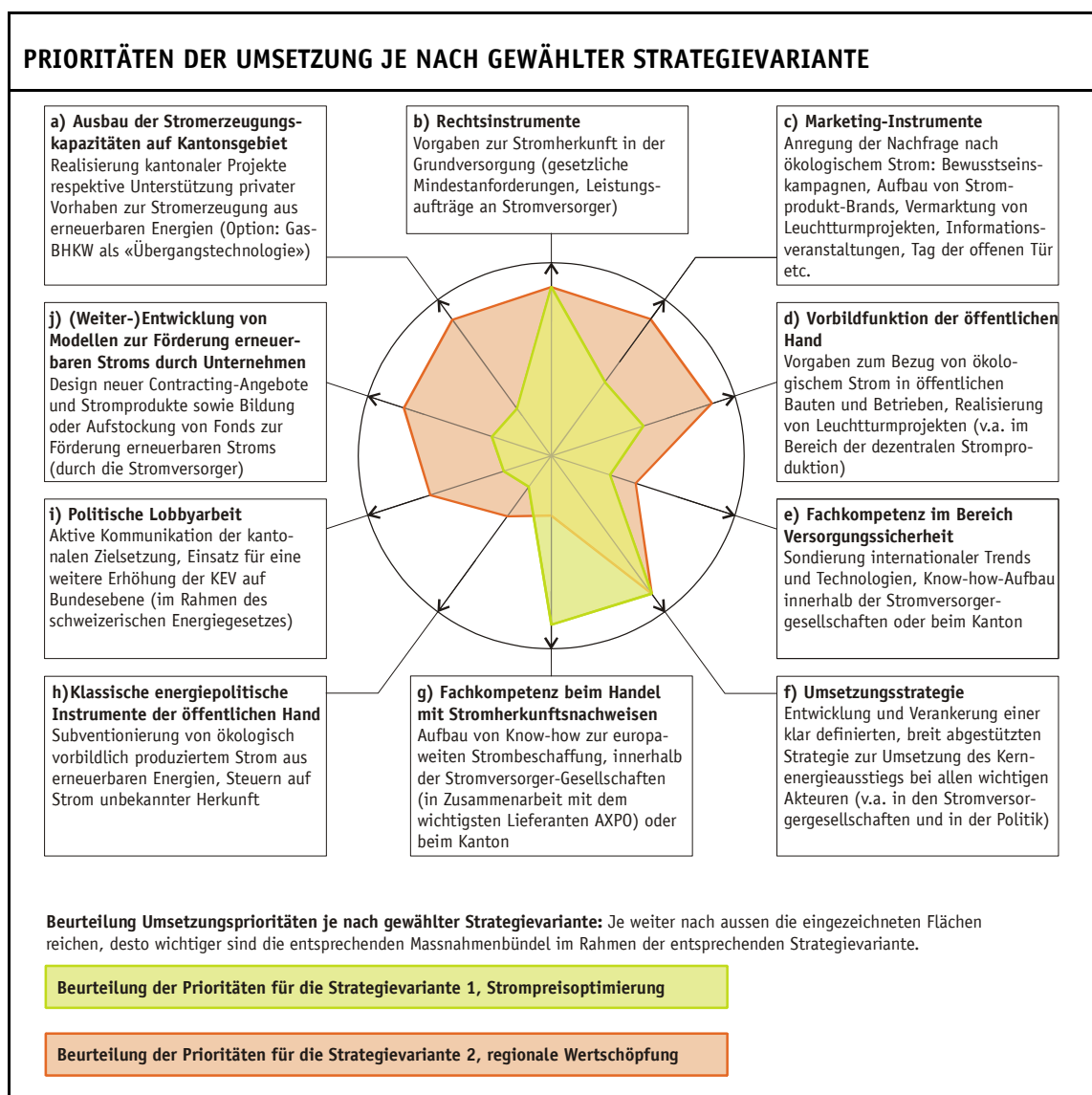
sen, um die Versorgungssicherheit im dynamischen Umfeld (Angebots- und Nachfrageentwicklung Schweiz und EU, Trend zur Marktliberalisierung etc.) auf heutigem Niveau aufrechtzuerhalten. Im Fall der Strategievariante 2 (regionale Wertschöpfung) entstehen dabei zusätzliche Kosten, welche in der oben genannten Strompreiserhöhung von 3 Rp./kWh bis 4 Rp./kWh eingerechnet sind.

BEURTEILUNG DER STRATEGIEVARIANTEN: WICHTIGE PUNKTE IM ÜBERBLICK			
	Referenzentwicklung: Kein Kernenergieausstieg	Kernenergieausstieg gemäss Strategievariante 1	Kernenergieausstieg gemäss Strategievariante 2
Positive Aspekte/ Chancen	<ul style="list-style-type: none"> › keine zusätzlichen Strompreiserhöhungen durch Kernenergieausstieg (Referenz) › Im Strombereich ist bei „Weiter wie bisher“ am wenigsten Widerstand aus der Industrie zu erwarten › Heutiges System der Stromversorgung ist bewährt und vertraut › Hohe Versorgungssicherheit möglich 	<ul style="list-style-type: none"> › Ausstieg mit sehr geringen zusätzlichen Strompreiserhöhungen (unter 1 Rp./kWh) realisierbar › Vernachlässigbare Auswirkungen auf das Schaffhauser BIP › Klares Signal gegen die Nutzung von Kernkraft und deren Risiken › Politische Glaubwürdigkeit in der Frage des Endlagers › Hohe Versorgungssicherheit möglich 	<ul style="list-style-type: none"> › Ausbau der lokalen Erzeugungskapazitäten fördert lokale Wertschöpfung › Leicht positive Auswirkungen auf das Schaffhauser BIP › Chancen für lokale Betriebe und Strukturwandel der Branchen › Klares Signal gegen die Nutzung von Kernkraft › Politische Glaubwürdigkeit in der Frage des Endlagers › Hohe Versorgungssicherheit möglich
Negative Aspekte/ Unsicherheiten/ Risiken	<ul style="list-style-type: none"> › Erwartete Preisentwicklung (Referenz) 2010 bis 2040: Anstieg um rund 30% (getrieben durch höhere Kosten für Erzeugung, Verteilung, Regelung, Systemdienstleistungen, Abgaben) › Angebotsentwicklung Schweiz („Stromlücke“) › Nachfrage: Erreicht der Kanton Schaffhausen sein Stromeffizienzziel? › Unsicherheiten durch Strommarktliberalisierung › Anpassungen am heutigen System der Stromversorgung sind unabdingbar für Erhalt von Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit › Verminderte politische Glaubwürdigkeit in der Frage des Endlagers › Hauptteil der Wertschöpfung ausserhalb Kanton SH 	<ul style="list-style-type: none"> › Ausstieg führt zu leichten Strompreiserhöhungen gegenüber der Referenz (unter 1 Rp./kWh) › Beschränkte Glaubwürdigkeit des Kernenergieausstiegs („gutes Gewissen in Form von Zertifikaten kaufen“) › Entwicklung der Strommärkte im Bereich von Herkunftsnachweisen und Zertifikaten für erneuerbaren Strom (rechtliche Situation in Europa, Preisentwicklung, Angebotsvolumen) › Nachfrage: Erreicht der Kanton Schaffhausen sein Stromeffizienzziel? › Hauptteil der Wertschöpfung ausserhalb Kanton SH › Rechtliche Machbarkeit der Verpflichtung der Stromversorger muss untersucht werden 	<ul style="list-style-type: none"> › Ausstieg führt zu höheren Strompreiserhöhungen gegenüber der Referenz (3 bis 4 Rp./kWh) u.a. wegen zusätzlichen netzseitigen Massnahmen › Entwicklung der Gestehungskosten verschiedener Erzeugungstechnologien (v.a. Solarenergie) › Geringere gesellschaftliche Akzeptanz, v.a. in stromintensiven Betrieben › Nachfrage: Erreicht der Kanton Schaffhausen sein Stromeffizienzziel? › Rechtliche Machbarkeit der Verpflichtung der Stromversorger muss untersucht werden

Tabelle 2 Wichtige Aspekte zur Beurteilung der beiden Strategievarianten zum Kernenergieausstieg.

UMSETZUNG

Die vorliegende Studie hat nicht den Anspruch, einen abschliessenden Massnahmenkatalog für die Planung und Umsetzung des Kernenergieausstiegs zu definieren. Die Autoren machen hingegen einen Vorschlag, wie ein solcher Katalog strukturiert werden könnte und zeigen mit 40 exemplarischen Massnahmen (Kapitel 6.2) auf, welche Möglichkeiten der Kanton Schaffhausen und die lokalen Elektrizitätswerke zur Steigerung der Stromeffizienz und zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien haben.



Figur 4 Prioritäten der Umsetzung des Kernenergieausstiegs je nach gewählter Strategievariante („Strompreisoptimierung“ respektive „Regionale Wertschöpfung“). Aufgezeigt sind zehn mögliche Massnahmenbündel (nicht abschliessende Darstellung), die je nach gewählter Strategievariante unterschiedliches Gewicht haben (je weiter nach aussen die eingezeichneten Flächen reichen, desto wichtiger sind die entsprechenden Massnahmenbündel).

FAZIT

Der Kanton Schaffhausen deckt seinen Strombedarf heute zu zwei Dritteln mit Strom aus Kernkraft – der Anteil liegt also noch deutlich über dem gesamtschweizerischen Durchschnitt (rund 40%). Gleichzeitig bestehen in Schaffhausen bedeutende technisch-ökologische Potenziale zur Erzeugung und Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energien. Die Idee eines Kernenergieausstiegs ist also naheliegend, und es gibt gute Gründe dafür:

- › Mit dem Ausstieg forciert der Kanton Schaffhausen den langfristig sowieso nicht abwendbaren Umbau seines Stromversorgungssystems in Richtung einer nachhaltigen Lösung. Er reduziert seine Abhängigkeit von endlichen Ressourcen und erzeugt eine starke Signalwirkung gegen die Nutzung der Kernenergie und deren Risiken.
- › Die Analysen im Rahmen dieser Studie zeigen, dass ein Kernenergieausstieg aus Sicht der Schaffhauser Volkswirtschaft trotz den resultierenden Strompreiserhöhungen ohne Verluste der Wettbewerbsfähigkeit machbar sein sollte. Den Einfluss entscheidender technologie- und kostenbezogener Risikofaktoren auf diese Einschätzung erachten die Autoren als relativ gering. Auf der Ebene der Betriebe wird es allerdings sowohl Verlierer wie auch Gewinner geben. Zwar sind bei der geschätzten Strompreiserhöhung von wenigen Rp./kWh (gegenüber der Referenz) über eine Zeitspanne von mehr als 30 Jahren für die Mehrheit der Betriebe sehr geringe Auswirkungen zu erwarten. Dennoch wird es einige Betriebe geben, welche die negativen respektive positiven Auswirkungen überproportional stark spüren werden. Dabei sind die Risiken für einen Wettbewerbsverlust für stromintensive Betriebe höher – Chancen ergeben sich insbesondere für Betriebe, welche an einem Ausbau der kantonalen Stromerzeugungskapazitäten direkt oder indirekt beteiligt sind. Dieser „sanfte“ Strukturwandel eröffnet langfristige Chancen auf dynamische Innovationsprozesse, welche sich positiv auf die Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft in der Region Schaffhausen auswirken dürften.
- › Der Kernenergieausstieg leistet einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft, weil für die Erzeugung und Bereitstellung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen mehr als dreimal weniger Primärenergie benötigt wird als für Strom aus Kernenergie. Der Ausstieg ist konsistent mit den regierungsrätlichen Zielsetzungen, den Leitlinien der kantonalen Energiepolitik sowie mit den Zielen der Stadt Schaffhausen.

Keine fixen Marschrichtungen, sondern „Stellschrauben“ für die Optimierung des Kernenergieausstiegs

Die beiden dargestellten Strategievarianten sind nicht als fixe Marschrichtungen anzusehen, sondern vielmehr als „Stellschrauben“: Über diese hat der Kanton Schaffhausen die Möglichkeit, in Abhängigkeit von grossräumigen, heute noch nicht zuverlässig abschätzbaren Entwicklungen eine ausgewogene und flexible Form des Kernenergieausstiegs zu realisieren. Mit grossräumigen Entwicklungen sind beispielsweise die Entwicklung der Stromgestehungskosten verschiedener Erzeugungstechnologien oder die schweiz- und EU-weite Rechtslage zur Beschaffung von Stromherkunfts- und Stromqualitätsnachweisen gemeint.

Zwischenziele setzen

Ähnliches gilt in Bezug auf den Zeithorizont der Zielerreichung: Ein ambitioniertes Ziel hilft, den Stein ins Rollen zu bringen. Sowohl bei der Stromeffizienz wie auch beim Ausbau der erneuerbaren Energien wird der Kanton schrittweise vorgehen. Heute geht es aber vor allem darum, den Trend in Richtung nachhaltige Stromversorgung einzuleiten. Dafür sind eine ambitionierte Zielsetzung mit Zeithorizont 2040, entsprechende Zwischenziele sowie ein konsequentes Monitoring und Controlling sinnvoll. Ob der vollständige Kernenergieausstieg – Stromversorgung zu 100% auf Basis regenerativer Energie (Postulat Wetter) – genau bis in 30 Jahren oder „erst“ bis 2050 geschafft ist, spielt aus heutiger Sicht eine untergeordnete Rolle. Wichtig ist, dass die umfassende Zielerreichung bis 2040 zumindest in Sichtweite ist.

Ein wichtiger Erfolgsfaktor liegt bei der Stromeffizienz

Der Kanton kann den Ausstieg auch im Fall eines ansteigenden Strombedarfs schaffen. Selbst bei hohem Strombedarf schätzen die Autoren die angebotsseitigen Risiken (Preise für Herkunftsnachweise respektive erneuerbaren Strom) als überschaubar ein: Erstens ist der Strombedarf des Kantons im Vergleich zum gesamten Marktvolumen sehr gering und zweitens wirken die ausgleichenden Marktmechanismen (hoher Preis führt zu höherem Angebot) über derart langfristige Betrachtungsperioden (30 Jahre und mehr) relativ zuverlässig.

Wegzureden ist der Zusammenhang aber nicht: Das Ziel Kernenergieausstieg wird ohne Massnahmen im Bereich Stromeffizienz schwieriger zu erreichen sein, weil ein höherer Strombedarf eine Hebelwirkung auf jegliche Risiken haben wird, welche sich durch den Ausstieg ergeben. Überlegungen auf Basis anderer Studien zeigen, dass das ambitionierte „Minus-20%-Ziel“ des Kantons Schaffhausen mit wirtschaftlichen Investitionen erreicht

werden kann. Allerdings ist dafür ein starker politischer Wille sowie eine hohe Akzeptanz aller Verbrauchergruppen für Massnahmen zur Erhöhung der Stromeffizienz Voraussetzung.

Information, Unterstützungsmassnahmen und rechtliche Abklärungen helfen, Widerständen vorzubeugen

Mit einem guten Kommunikationskonzept sowie Unterstützungsmassnahmen für Härtefälle (v.a. stromintensive Betriebe und Haushalte mit geringem Einkommen) kann juristischen Auseinandersetzungen vorgebeugt werden. Trotzdem muss der Kanton Schaffhausen bei einem Entscheid für den Kernenergieausstieg gut vorbereitet sein, damit das Vorhaben nicht juristisch aufläuft. Im Rahmen der vorliegenden Studie konnten keine vertieften rechtlichen Abklärungen durchgeführt werden. Der Kanton Schaffhausen hat deshalb ein Rechtsgutachten in Auftrag gegeben, welche die wichtigsten juristischen Fragen im Detail beleuchtet (Walder Wyss 2011).

Die Umsetzung erfordert eine starke Vernetzung aller Akteure und eine zielorientierte Massnahmenplanung

Wenn die übergeordnete Politik (Bund, EU, internationale Gemeinschaft) mit den Vorschriften für Beleuchtungsmittel, elektrische Geräte und Anlagen vorwärts macht und sowohl Kanton wie auch Stadt Schaffhausen mit eigenen Massnahmen ihre energiepolitischen Ziele umsetzen, wird ein möglicher Kernenergieausstieg des Kantons Schaffhausen begünstigt. Das Gleiche gilt in Bezug auf die Nutzung von erneuerbaren Energien für die Stromversorgung. Setzt sich der schweiz- und EU-weite Trend weiter fort, wachsen die Chancen und sinken die Kosten für den Schaffhauser Kernenergieausstieg, weil vermehrt und günstiger erneuerbarer Strom angeboten wird.

Die Grundsatzentscheidung für respektive gegen einen Kernenergieausstieg des Kantons werden die Schaffhauser voraussichtlich in einer Volksabstimmung treffen müssen. Entscheiden sie sich für den Ausstieg, erteilen sie dem Kanton den Auftrag für ein Projekt, dessen Ziele und Konsequenzen sie selber mittragen, und zwar über mehrere Generationen hinweg. Für ein derart langfristiges Vorhaben mit ambitionierter Zielsetzung sind eine gute Planung und ein konsequenter Wille zur Umsetzung aller Akteure unabdingbar. Gefordert ist eine starke Vernetzung und ein gemeinsamer Effort der öffentlichen Hand (Kanton, Stadt), der Energieversorgungsunternehmen und der Stromverbraucher (Haushalte, Betriebe).

1. EINLEITUNG, STUDIENZIELE UND STUDIENUMFELD

1.1. AUSGANGSLAGE IM KANTON SCHAFFHAUSEN

Der Kantonsrat hat die Motion Wetter (SP) „Ausstieg aus der Atomenergie“ am 18. Mai 2009 als Postulat überwiesen und damit den Regierungsrat beauftragt, die Machbarkeit eines Ausstiegs des Kantons Schaffhausen aus der Kernenergie und dessen Konsequenzen für Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft aufzuzeigen. Das Postulat hat den Wortlaut *„Der Regierungsrat wird aufgefordert, Massnahmen zu erarbeiten mit dem Ziel, die flächendeckende Grundversorgung mit elektrischem Strom bis zum Jahre 2040 ausschliesslich auf der Basis regenerativer Energien zu gewährleisten“*.

Die im April 2010 vom Regierungsrat veröffentlichte Studie zur Abschätzung der sozio-ökonomischen Effekte von Tiefslagern für radioaktive Abfälle im Zürcher Weinland und im Südranden (BHP 2010) zeigt, dass die Nutzung der Kernenergie für Standortregionen solcher Anlagen mit hohen externen Kosten verbunden sein kann. Die politische Glaubwürdigkeit einer ablehnenden Haltung gegenüber der Errichtung von überregionalen Tiefenlagern für radioaktive Abfälle gebietet es, Alternativen zur Nachfrage nach Strom aus Kernkraftwerken mit hoher Priorität zu verfolgen.

Der Grosse Stadtrat der Stadt Schaffhausen hat mit den Motionen Neukomm und Tanner den Stadtrat beauftragt, Massnahmen zu prüfen, die geeignet sind, die Stadt auf den Weg hin zur 2000-Watt-Gesellschaft auszurichten, sowie dem Parlament eine Vorlage zum „Ausstieg der Stadt Schaffhausen aus der Atomenergie bis 2050“ vorzulegen (Beschluss zur Motion Tanner vom 2. Juni 2009)

INFRAS wurde vom Regierungsrat beauftragt, den externen Bericht zu erstellen, welcher die Grundlage für den Bericht und Antrag des Regierungsrates an den Kantonsrat zum Postulat Wetter bildet. Die Untersuchung soll auf Vorarbeiten zurückgreifen, welche insbesondere mit dem kantonalen Energiekonzept des Kantons Schaffhausen 2008–2017 (Kanton SH 2008) und Klimaschutz- und Energiekonzept der Stadt Schaffhausen (Stadt Schaffhausen 2009) gelegt wurden. Beide Konzepte orientieren sich an der Vision einer 2000-Watt-Gesellschaft.

Die vorliegende Untersuchung wurde in enger Zusammenarbeit mit dem Kanton und der Stadt Schaffhausen realisiert. Der Bericht wurde mit der Begleitgruppe diskutiert und von dieser gewürdigt. Er gibt nicht notwendigerweise in allen Punkten die Haltung der Begleitgruppe wieder.

1.2. STUDIENZIELE UND UNTERSUCHUNGSFRAGEN

Das Studienziel besteht in einer Analyse und Darstellung möglicher Vorgehensweisen zur Erfüllung der Postulatsziele und deren Machbarkeit und Auswirkungen. Die Postulatsziele beinhalten den Übergang zu einer Elektrizitätsversorgung des Kantons Schaffhausen, die ausschliesslich auf erneuerbaren Energien basiert. Darin ist auch das politische Ziel enthalten, die Voraussetzungen im Kanton zu schaffen, um aus der Kernenergienutzung auszuweichen. Hier sind die energiewirtschaftliche und die energiepolitische Ebene aus Sicht des Kantons und der Stadt Schaffhausen zu berücksichtigen.

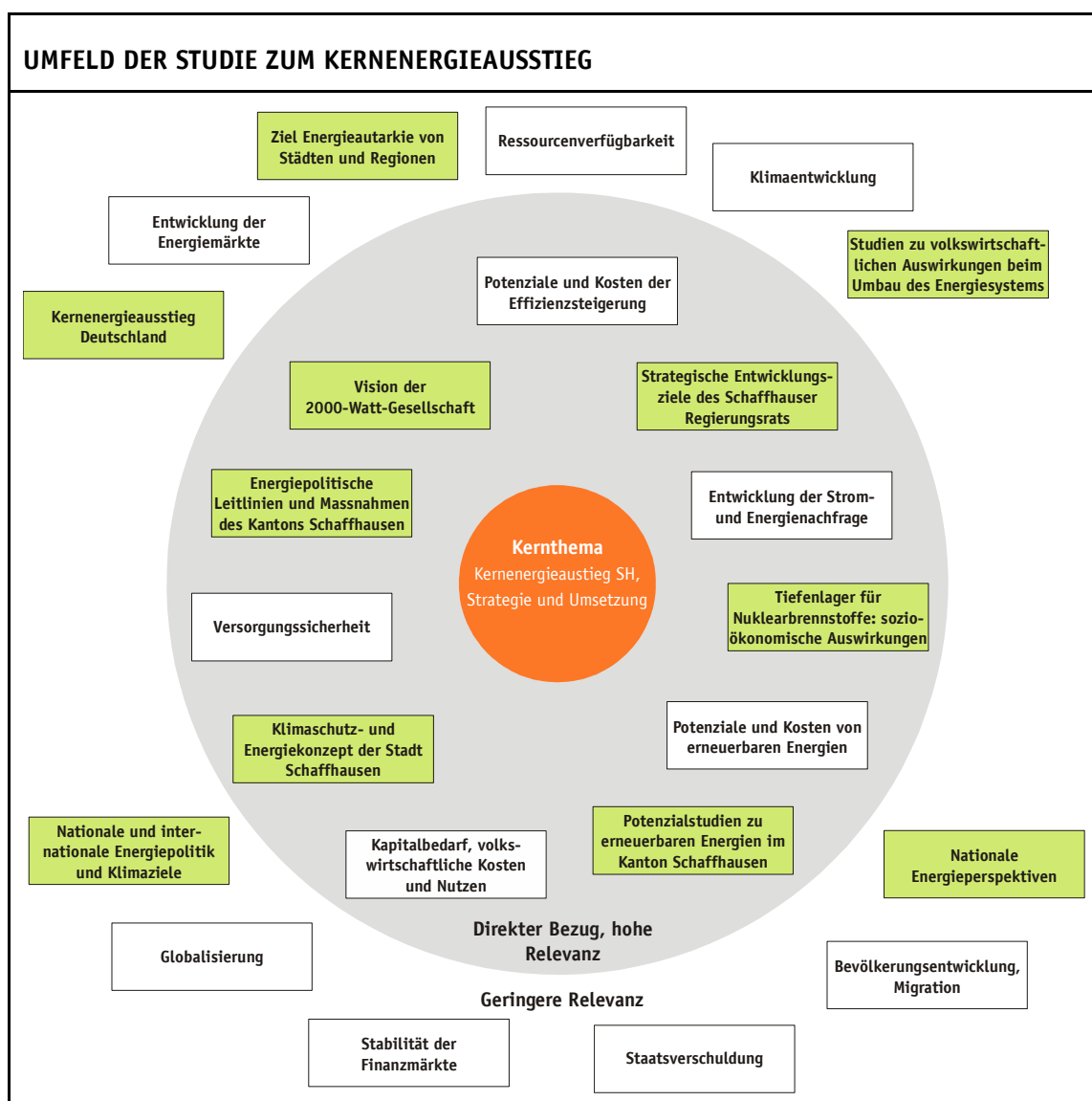
Die folgenden Untersuchungsfragen werden bearbeitet:

- › Welche Systemgrenzen sind zweckmässig für die Festlegung von Strategien und Massnahmen, welche erforderlich sind, um das Ziel des Postulats Wetter zu erreichen?
- › Wie bettet sich das Anliegen des Postulats in das nationale und internationale Umfeld ein?
- › Welche zukünftige Entwicklung des Elektrizitätsverbrauchs wird für den Kanton Schaffhausen erwartet?
- › Mit welchen Strategien und Massnahmen könnten die Postulatsforderungen optimal erfüllt werden?
- › Ist eine Umsetzung der Postulatsforderung realistisch, und was ist zu tun?
- › Wenn ja, welcher Zeitpfad ist anzustreben und welche Zwischenziele sind zu setzen?
- › Welche positiven respektive negativen volkswirtschaftlichen Auswirkungen und Kosten entstehen für den Kanton Schaffhausen beim Übergang auf eine Elektrizitätsversorgung, die auf erneuerbaren Energien basiert?
- › Welche Auswirkungen hätte der Umsetzungspfad auf die Versorgungssicherheit?
- › Welche Querbezüge bestehen zwischen dem Ziel des Postulats und der Umsetzung der Vision einer 2000-Watt-Gesellschaft?
- › Steht das Postulat im Widerspruch zu den strategischen Zielen des Regierungsrats?

Die nachfolgenden Berichtskapitel fokussieren auf die Aspekte des Kernenergieausstiegs. Dabei wird vorausgesetzt, dass der Ausstieg – im Sinne des Postulats – nicht über eine bedeutende und längerfristige Substitution hin zu fossilen Energieträgern erfolgt. Die Autoren gehen von der Annahme aus, dass in einer Übergangsfrist bis 2040 und in sehr beschränktem Umfang trotzdem auch gasbetriebene Kraftwerke (GuD-Kraftwerke respektive dezentrale BHKW) zum Einsatz kommen könnten, falls dies aus Gründen der Netzstabilität und Produktionskapazität zukünftig erforderlich wäre. Die Ressourcenverfügbarkeit von Erdgas wird in diesem Zeitraum als gesichert betrachtet.

1.3. UMFELD UND PRIORITÄTEN DER STUDIE

Figur 5 macht deutlich, wie weit der mögliche Politikentscheid eines Kernenergieausstiegs des Kantons Schaffhausen reicht. Die Relevanz der aufgeführten Themenbereiche (weisse Rechtecke) ist selbsterklärend. Inwieweit die in die Untersuchung einbezogenen Politikgrundlagen (grüne Rechtecke) mit dem Kernenergieausstieg zusammenhängen, wird in Tabelle 3 erläutert.



Figur 5 Politikgrundlagen (Studien, Konzepte, Ziele, Leitlinien etc.; grün hinterlegt) und Themenbereiche (weiss hinterlegt), die für den Politikentscheid „Kernenergieausstieg des Kantons Schaffhausen“ eine Rolle spielen.

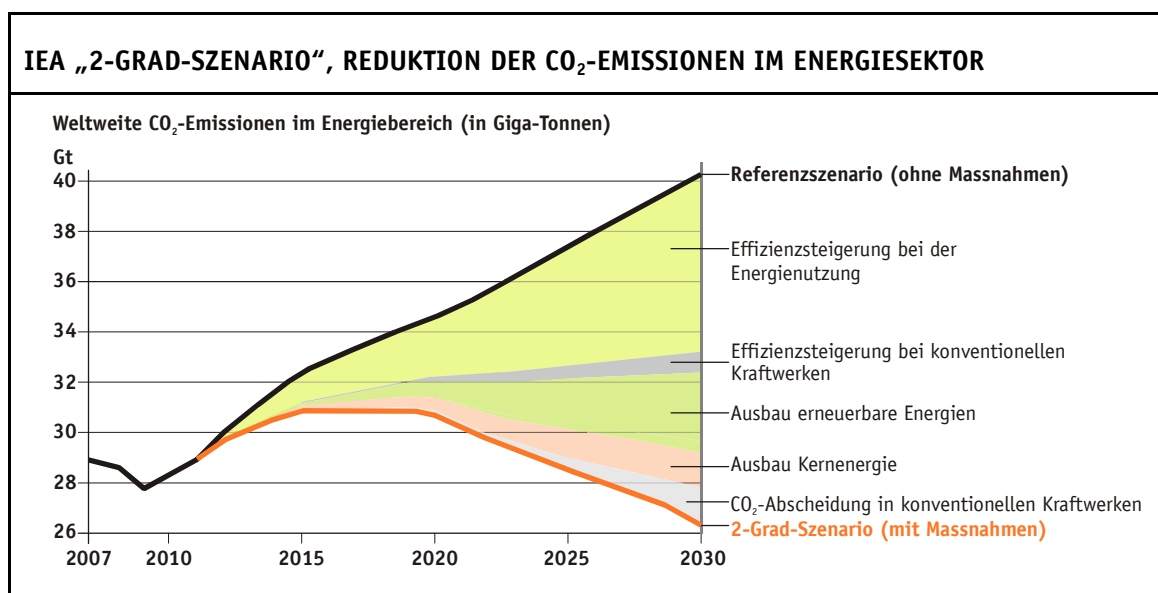
UMFELDANALYSE FÜR DEN POLITIKENTSCHEID „KERNENERGIEAUSSTIEG“		
Inhalt	Dokumente, Studien, Beispiele	Bedeutung für die Studie zum Kernenergieausstieg des Kantons Schaffhausen
Politikgrundlagen mit direktem Bezug und hoher Relevanz für den Kanton und die Stadt Schaffhausen		
Energiepolitische Leitlinien und Massnahmen des Kantons Schaffhausen	Grundlagen für die Leitlinien und Massnahmen der kantonalen Energiepolitik 2008 bis 2017 (Kanton SH 2008)	<ul style="list-style-type: none"> › Enthält Ziele zur mittelfristigen Entwicklung der Energienachfrage im Kanton Schaffhausen › Definiert Langfristziel gemäss 2000-Watt-Gesellschaft › Allg. Darstellung der Potenziale der erneuerbaren Energien auf Kantonsgebiet
Potenzialstudien zu erneuerbaren Energien im Kanton Schaffhausen	<ul style="list-style-type: none"> › Übersichtsdarstellung der Potenziale aller Erneuerbaren Energien (INFRAS 2007) › Detailstudien zu Potenzialen der Windenergie (HBA SH 2009), Geothermie (DIV TG/BD SH 2009), Biogene Abfälle (EBP 2007) 	<ul style="list-style-type: none"> › Liefert Detailinformationen zu den Potenzialen der erneuerbaren Energien, insbesondere von Geothermie, Windenergie und der energetischen Nutzung von biogenen Abfällen im Kanton Schaffhausen
Klimaschutz- und Energiekonzept der Stadt Schaffhausen	„Die Stadt Schaffhausen auf dem Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft“, technischer Bericht 2009 (Infras/A&W 2009)	<ul style="list-style-type: none"> › Zeigt Wege auf zur Umsetzung der 2000-Watt-Gesellschaft und die Bedeutung der Ressourcenaspekte › Quantifizierter Zielpfad für Energiebedarf und Treibhausgasemissionen › Zeigt Relevanz von Energiegesamtbetrachtungen auf
Strategische Entwicklungsziele des Schaffhauser Regierungsrats	Schwerpunkte der Regierungstätigkeit 2010 (RR SH 2010)	<ul style="list-style-type: none"> › Gibt allgemeine Entwicklungsziele vor, die auch für den Kernenergieausstieg gelten sollen
Tiefenlager für nukleare Abfälle	Tiefenlager für radioaktive Abfälle im Zürcher Weinland und im Südranden – Studie zur Abschätzung der sozio-ökonomischen Effekte im Kanton Schaffhausen (BHP 2010)	<ul style="list-style-type: none"> › Ein Tiefenlager hätte negative Folgen für die Standortattraktivität des betroffenen Gebietes › Um diesen Standpunkt politisch glaubwürdig zu vertreten, ist eine Reduktion des Bedarfs nach Strom aus Atomkraftwerken erforderlich
Vision 2000-Watt-Gesellschaft	Grundlagen für ein Umsetzungskonzept der 2000-Watt-Gesellschaft am Beispiel der Stadt Zürich, www.novatlantis.ch	<ul style="list-style-type: none"> › Die Vision bildet die Grundlage für städtische und kantonale Zielsetzungen im Energiebereich. Die 2000 Watt beziehen sich dabei auf den Gesamtenergieverbrauch pro Kopf und belassen einen gewissen Spielraum für den Stromanteil › Strom aus Kernenergie bringt einen überdurchschnittlich hohen Primärenergiebedarf mit sich – eine 2000-Watt-Gesellschaft mit Kernkraftwerken ist kaum machbar
Politikgrundlagen mit indirektem Bezug und geringerer Relevanz für den Kanton und die Stadt Schaffhausen		
Nationale Energieperspektiven	<ul style="list-style-type: none"> › Energie-Trialog Schweiz › Energieperspektiven 2035 des BFE 	<ul style="list-style-type: none"> › Liefert einen allgemeinen Entwicklungspfad für Energienachfrage und Energieangebot auf nationaler Ebene › Gesamtschweizerische Potenziale der erneuerbaren Energien
Studien zu volkswirtschaftlichen Auswirkungen beim Umbau des Energiesystems	<ul style="list-style-type: none"> › Studie Umweltverbände zu Alternativen Ausbau Grosskraftwerke (Infras, TNC 2010) › Studie Deutschland „100% erneuerbare Stromversorgung bis 2050“ (SRU 2010) 	<ul style="list-style-type: none"> › Der Kernenergieausstieg bedingt ein grundsätzlich anderes Energieversorgungssystem › Die Studien zeigen auf, welche Auswirkungen ein solcher Umbau haben könnten, sind aber nicht direkt auf den Kanton Schaffhausen übertragbar
Ziel Energieautarkie von Städten und Regionen	<ul style="list-style-type: none"> › Energieautarkes Vorarlberg › Gemeinde Güssing › München Erneuerbar › Energieregion Toggenburg › Etc. 	<ul style="list-style-type: none"> › Die Beispiele liefern allgemeine Informationen zu Energieautarkie. Zentrale Eckpfeiler sind Energieeffizienz und Nutzung von erneuerbaren Energien. Das Konzept wird heute bereits breit angewendet, in der Umsetzung aber noch wenig konkretisiert. › Das Thema ist insofern relevant, weil eine energieautarke Region zwingend kernenergiefrei ist (ausser im unwahrscheinlichen Fall, dass auf dem Regionsgebiet ein Kernkraftwerk steht).
Nationale und internat. Energie- u. Klimapolitik	www.bafu.admin.ch/klima www.unfccc.int	<ul style="list-style-type: none"> › Auch im Fall eines Kernenergieausstiegs sind nationale und internationale Ziele einzuhalten
Kernenergieausstieg Deutschland	Deutsches Atomgesetz (AtG)	<ul style="list-style-type: none"> › Deutschland liefert das Exempel, wenn auch in einer anderen Grössenordnung – ein politischer Beschluss zum Kernenergieausstieg

Tabelle 3 Politikgrundlagen, die für den Politikentscheid „Kernenergieausstieg des Kantons Schaffhausen“ relevant sind. Die Tabelle bezieht sich auf die Darstellung in Figur 5.

1.4. AUSGANGSLAGE INTERNATIONAL, EU UND SCHWEIZ

1.4.1. INTERNATIONAL, EU

Die Frage der langfristigen Energie- und Klimastrategien wird international kontrovers diskutiert. Einerseits gewinnt die strategische Vision einer *Solaren Zivilisation* (100% erneuerbare Energien in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts) in Forschung und Politik als auch in industrienahen Kreisen zunehmend an Unterstützung. Dies dank einer anhaltenden, starken Kostendegression in der Stromerzeugung mit Sonne und Wind infolge der technologischen Entwicklung und starkem Marktwachstum sowie technischer Fortschritte in der Stromübertragungstechnologie (vgl. Desertec 2009). Andererseits gibt es auch etliche grosse Stromversorger und Strombezügler, die keine Sicherung der langfristigen, nachhaltigen Energiezukunft ohne Kernenergie und fossile Kraftwerke mit CO₂-Abscheidung sehen. Die Internationale Energieagentur hat ihre Position in den letzten Jahren überprüft und nimmt heute eine „Mittelposition“ des „sowohl als auch“ ein. Die unten stehende Figur 6 zeigt dies illustrativ für ein „2 Grad Klimaschutz-Szenario“: Energieeffizienz und erneuerbare Energien (inkl. Grosswasserkraftwerke) tragen in dieser globalen Betrachtung über alle Sektoren acht Mal so viel zur Reduktion der CO₂-Fracht bei wie der Ausbau der Kernenergie. Die Entwicklung auf den internationalen Energiemärkten ist für den Innovationsprozess bei Technologien von grosser Bedeutung.



Figur 6 Reduktion der CO₂-Emissionen im Energiebereich zur Einhaltung des 2-Grad-Szenarios (Grafik auf Basis einer Darstellung im IEA World Energy Outlook 2009).

Auch wenn die IEA-Szenarien nicht direkt auf die Schweiz übertragbar sind, zeigen auch für die Schweiz erarbeitete Szenarien, dass der Beitrag der Energieeffizienz und der erneuerbaren Energien der Schlüssel zu nachhaltigem Klimaschutz ist (z.B. BFE 2007a). Die IEA unterstreicht seit Jahren, dass zur Erreichung dieses Klimaschutzziels die Investitionen in Energieeffizienz und in Anlagen zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien deutlich erhöht werden müssen. Verschiedene Barrieren stehen der Umsetzung eines solchen globalen Szenarios zurzeit jedoch noch im Weg.

Bedeutende Teilziele für die Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien werden bereits von der EU, von Japan aber auch von den USA und Schwellenländern wie China oder Indien verfolgt. Die EU verfolgt bis 2020 das Ziel, einen Anteil der erneuerbaren Energien am Gesamtenergieverbrauch von 20% zu erreichen und die CO₂-Emissionen um 20% zu senken. Deutschland verfolgt noch weiter gehende Zielen als die EU (30% erneuerbarer Anteil beim Strom). Insbesondere die EU verfolgt den Umbau des Energiesystems sehr konsequent, was auch Auswirkungen auf die Schweiz und Schaffhausen haben wird. In diesem Zusammenhang ist auch die Novellierung der EU-Gebäuderichtlinie zu erwähnen, die vorsieht, dass spätestens ab 2020 alle Neubauten als Niedrigstenergiegebäude realisiert werden mit hohem Deckungsanteil der Restenergie durch lokal genutzte Energien. Dies betrifft nicht nur den Wärme-, sondern auch den Elektrizitätsbedarf der Gebäude. Ferner ist die Ecodesign-Richtlinie der EU relevant, die Vorgaben macht zur energieeffizienten und ressourcenschonenden Produktgestaltung, vor allem auch für Stromverbraucher.

1.4.2. SCHWEIZ

In der Schweiz gibt die Vision der 2000-Watt-Gesellschaft eine Antwort auf die Herausforderungen, die Klimawandel und Energieversorgung heute weltweit stellen: Sie strebt einen CO₂-Ausstoss von nicht mehr als einer Tonne pro Kopf der Bevölkerung und Jahr an (entspricht ca. 500 Watt aus fossilen Energien) und einen Primärenergiebedarf, der maximal 2000 Watt Dauerleistung pro Person entspricht (17'500 kWh pro Kopf und Jahr). Die Vision berücksichtigt über diese Ziele die Kapazitätsgrenzen von Atmosphäre (Klimaziele) und die Beschränktheit der natürlichen Ressourcen (Ziele für den Primärenergiebedarf). Der Zielwert für den Energieverbrauch bezieht sich dabei auf den Gesamtenergieverbrauch (Stufe Primärenergie) und belässt Spielraum für den Anteil der Elektrizität. Die Umsetzung der Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft verlangt tief greifende Anpassungen und Massnahmen. Sie ist als eigentliche Generationenaufgabe angelegt, die umgehend angegangen werden muss, um die

Weichen für einen Strukturprozess rechtzeitig zu stellen, der sich über mehrere Jahrzehnte erstreckt.

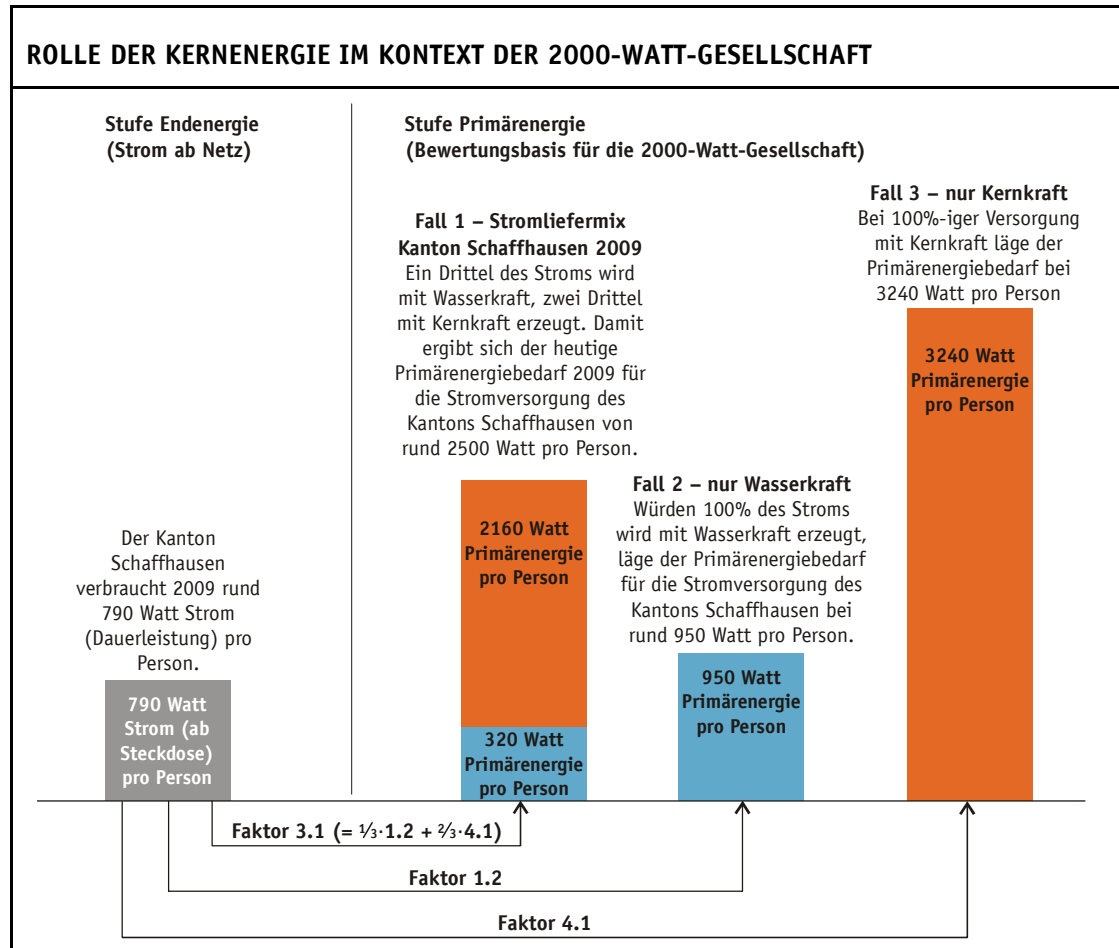
Rolle der Kernenergie in der 2000-Watt-Gesellschaft

Die vom Kanton beschlossenen, aktuellen Leitlinien für die Energiepolitik (Kanton SH 2008) sehen vor, dass langfristig die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft erreicht werden. Ein Ausstieg aus der Kernkraft leistet auf diesem Weg einen wichtigen Beitrag, wie nachfolgend begründet wird.

Die Vision der 2000-Watt-Gesellschaft ist ein ressourcenorientiertes Konzept und bezieht sich deshalb auf die Primärenergie (Uran oder Rohöl unter der Erde, Wind- und Wasserkraft etc.) und nicht auf die Endenergie (z.B. Strom, den wir ab Steckdose beziehen). Zur Umrechnung der End- in Primärenergie werden Primärenergiefaktoren eingesetzt. Der Faktor für Strom aus Kernkraft ist 4.1 und damit höher als bei allen anderen Stromproduktions-techniken (Tabelle 4): Das bedeutet, dass für die Produktion einer Kilowattstunde Strom (ab Steckdose) mehr als vier Kilowattstunden Primärenergie aufgewendet werden müssen. Drei Viertel der in der natürlichen Ressource Uran enthaltenen Primärenergie gehen damit bei der Umwandlung (z.B. Abwärme Kernkraftwerk; mit Abstand der grösste Anteil) und bei den Gewinnungs- und Transportprozessen (Erzabbau, Brennstoffherstellung, Netzverluste, Transformation; kleiner Anteil) „verloren“.

PRIMÄRENERGIEFAKTOREN ZUR BEREITSTELLUNG VERSCHIEDENER ENDENERGIETRÄGER		
Form der Endenergie	Endenergieträger	Primärenergiefaktor
Brennstoff	Heizöl extra-leicht	1.24
	Erdgas	1.15
	Holzchnitzel	1.14
Treibstoff	Diesel	1.22
	Benzin	1.29
Wärme	Wärme aus Holzheizzentrale	1.66
	Wärme aus Kehrlichtverbrennungsanlage	0.06
	Fernwärme (Durchschnitt Schweiz)	0.85
Strom ab Netz	Strom aus Atomkraftwerk	4.08
	Strom aus Erdgaskombikraftwerk	2.34
	Strom aus Kohlekraftwerk	3.92
	Strom von PV-Anlage	1.66
	Strom von Windkraft-Anlage	1.33
	Strom aus Wasserkraftwerk	1.22
	Strom (Produktionsmix Schweiz)	2.41

Tabelle 4 Primärenergiefaktoren (Auswahl) gemäss ESU 2008.



Figur 7 Die Kernenergie kann in der 2000-Watt-Gesellschaft keine wichtige Rolle spielen, weil für 1 kWh Strom ab Netz viermal mehr Primärenergie eingesetzt werden muss. Die Grafik illustriert diesen Zusammenhang und zeigt beispielhaft, wie viel Primärenergie für die Bereitstellung von 790 Watt Strom pro Person (Endenergieverbrauch Kanton Schaffhausen 2009) aufgewendet werden muss, wenn der Anteil des Stroms aus Kernenergie 66% (Fall 1, entspricht in etwa dem heutigen Stromliefermix in Schaffhausen), 0% (Fall 2), respektive 100% (Fall 3) beträgt. Zum Vergleich: Der Kanton Schaffhausen verbraucht 2009 ca. 2400 Watt Primärenergie in Form von Wärme (Prozesse, Gebäude) und ca. 1600 Watt Primärenergie in Form von Treibstoffen.

Auf Grund der beschriebenen Zusammenhänge wird klar: Wenn der zukünftige Stromliefermix substantielle Anteile an Kernenergie enthalten würde, müsste wegen dem hohen Primärenergieverbrauch die Nachfrage nach Elektrizität überproportional stark gesenkt werden. Und das ist mit Sicherheit unrealistisch, denn: Strom spielt in der 2000-Watt-Gesellschaft eine enorm wichtige Rolle – nur schon wegen den Wärmepumpen, einer Schlüsseltechnologie für die Zielerreichung, aber auch wegen der langfristig absehbaren Elektrifizierung im Mobilitätsbereich.

Nicht zuletzt lassen die erläuterten Zusammenhänge folgende These zu: „1960 war die Schweiz auch deshalb eine 2000-Watt-Gesellschaft, weil für die Stromversorgung keine Kernenergie eingesetzt wurde“. Obwohl die Nachfrage nach Strom (Endenergie pro Einwohner) seit 1960 in der Schweiz „nur“ um das 3.5-fache gestiegen ist, hat sich der durch die Stromnachfrage verursachte Primärenergieverbrauch mehr als versiebenfacht (BFE 2010, Berechnungen INFRAS). Dieser Hebeleffekt geht auf das Konto der Kernenergie, mit der heute in der Schweiz rund 40% des Strombedarfs gedeckt wird. Im Kanton Schaffhausen, wo der Anteil der Kernenergie heute höher ist (66%) als im schweizerischen Durchschnitt, war der Hebeleffekt sogar noch stärker: Der durch den Strombedarf verursachte Primärenergiebedarf ist heute mehr als neun Mal höher als 1960, wobei – wie gesagt – die Stromnachfrage „nur“ um den Faktor 3.5 gestiegen ist (Annahme: Der Pro-Kopf-Stromverbrauch ist zwischen 1960 bis 2009 in Schaffhausen proportional zum schweizerischen Durchschnitt angestiegen).

Die Umsetzung einer erneuerbaren Stromversorgung scheint grundsätzlich möglich

In der Energie- und Klimadiskussion beobachtet man teilweise stark polarisierte Positionen der Akteure. An deren Einschätzungen der wissenschaftlich-technischen Sachverhalte hinsichtlich Energiewirtschaft und Umweltauswirkungen kann es nicht liegen, weil sich diese in grossen Teilen decken. Sehr unterschiedlich werden dagegen die Risiken der verschiedenen Entwicklungspfade in den Teilbereichen Volkswirtschaft, Markt und Gesellschaft (vor allem der Akzeptanz von Technologien) eingeschätzt.

Der Bund wie auch mehrere Kantone (Basel Stadt, Basel-Landschaft, Bern, Genf, Obwalden, Neuchâtel) und eine wachsende Zahl von Städten haben bereits politische Entscheide gefällt, welche die 2000-Watt-Gesellschaft respektive eine weitgehend auf erneuerbaren Energieträgern basierende Stromversorgung oder den Kernenergieausstieg als langfristige Zielsetzung anvisieren. Bern hat eine eigentliche Kernenergie-Ausstiegsstrategie formuliert. Auch die Nachbarkantone von Schaffhausen – Zürich, St. Gallen und Thurgau – sowie die Städte Zürich, Winterthur und St. Gallen haben die Klima- und Energieperspektiven der 2000-Watt-Gesellschaft in ihre Politik übernommen¹. Wertvolle Erfahrungen in der Umsetzung stehen insbesondere aus den 2000-Watt-Pilotregionen Zürich, Basel und Genf zur Verfügung. Diese Entwicklungen sowie viele Untersuchungen zu eng verwandten Fragestellungen (zum 2-Grad-Klimaziel oder zur 2000-Watt-Gesellschaft) deuten an, dass der Struktur-

1 Zum Stand der Prozesse in andere Kantonen/Städten siehe http://www.energiestiftung.ch/files/textdateien/aktuell/uebriges/Atomausstieg_in_CH.pdf

wandel in Wirtschaft und Gesellschaft mit einer weitgehend von erneuerbaren Energieträgern gestützten Energieversorgung langfristig verwirklicht werden kann. Voraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung sind ein klarer politischer Wille und die Zusammenarbeit auf regionaler und nationaler Ebene. Wichtige Grundlagen dazu sind im Kanton und in der Stadt Schaffhausen bereits geschaffen, beispielsweise mit den Leitlinien und Massnahmen der kantonalen Energiepolitik, dem kantonalen und städtischen Energieförderprogramm, dem Agglomerationsprogramm und dem Gesamtverkehrskonzept.

2. AUS DER KERNENERGIE „AUSSTEIGEN“ – WAS HEISST DAS?

Die vorliegende Studie zeigt einerseits auf, dass der Kanton Schaffhausen den Kernenergieausstieg schaffen kann und die Umstellung seiner Stromversorgung auf erneuerbare Energiequellen in Schritten möglich ist. Andererseits untersucht sie, welche Strategien dem Kanton zur Umsetzung dieses Ziels zur Verfügung stehen. Hier drängt sich eine wichtige Grundsatzfrage auf: *Wie kann der Kanton Schaffhausen überhaupt „aus der Kernenergie aussteigen“?* Die heutigen Elektrizitätsnetze und Strommärkte kennen keine Kantonsgrenzen, im Gegenteil: Der Trend zeigt in Richtung einer noch stärkeren technischen und wirtschaftlichen Vernetzung, die weit über die kantonalen und nationalen Grenzen hinausgeht.

Ein „territorialer“ Kernenergieausstieg ist nicht umsetzbar

Ein territorialer Ansatz für den Kernenergieausstieg geht von einer weitgehenden Versorgungsautarkie mit erneuerbarem Strom aus. Weil sich der Kanton Schaffhausen dafür aus der angesprochenen starken Vernetzung mit dem „Rest der Welt“ lösen müsste, ist ein solcher Ansatz aus rechtlicher Sicht nicht umsetzbar und aus technischer sowie wirtschaftlicher Sicht fragwürdig. Eine komplette Abkopplung des Schaffhauser Elektrizitätsversorgungssystems steht dabei schon aus technischen Gründen ausser Frage. Aber auch technisch machbare und weniger extrem ausgeprägte Formen eines territorialen Kernenergieausstiegs sind nicht umsetzbar, wie die exemplarisch angedachte Variante in Tabelle 5 verdeutlicht. Mit anderen Worten: Schaffhausen braucht einen Lösungsansatz für den Kernenergieausstieg, der mit der fortschreitenden Strommarktliberalisierung kompatibel ist.

BEISPIEL: TERRITORIALER KERNENERGIEAUSSTIEG OHNE VOLLSTÄNDIGE ABKOPPLUNG	
Ansatz	Selbstversorgung durch kantonale Elektrizitätsversorger mit (quasi) Monopol sowie technischer Netzausgleich über den „Rest der Welt“
Beschreibung	Der Kanton Schaffhausen baut seine Produktionskapazitäten so stark aus, dass er nicht mehr auf „Fremdstrom“ angewiesen ist. Die Schaffhauser Stromverbraucher müssen den im Kanton produzierten Strom beziehen, und ausserkantonalen Versorgern wird der Zugang zum Schaffhauser Strommarkt verwehrt (den kantonalen Versorgern wird ein Monopol zugesprochen). Die Verbindung zum „Rest der Welt“ ist rein technischer Natur: Sie stellt den Netzausgleich sicher.
Rechtliche Beurteilung	Nicht umsetzbar, denn: Es müssten Gesetze geschaffen werden, um... <ul style="list-style-type: none"> › ... den ausserkantonalen Versorgern den Zugang zum Schaffhauser Markt zu verbieten. Beispielsweise wären Anteile kantonsexterner Gesellschaften wie der AXPO am Schaffhauser Wasserkraftwerk nicht mehr möglich. › ... die kantonalen Versorger daran zu hindern, in der Schweiz oder im Ausland Strom zu kaufen. Beispielsweise wäre der Strombezug von der AXPO, die heute 80% des in Schaffhausen verbrauchten Stroms liefert, nicht mehr möglich. › ... die kantonale Verbraucher dazu zu zwingen, den im Kanton produzierten und von den kantonalen Energieversorgern angebotenen Strom zu beziehen (die weitere Marktöffnung für Stromverbraucher ab 2014 müsste also verhindert werden).
Wirtschaftliche Beurteilung	Nicht optimal, denn: Im Bereich des Stromhandels wird auf diverse Möglichkeiten zur wirtschaftlichen Optimierung des Kernenergieausstiegs verzichtet (insbesondere auf den Bezug von günstigem erneuerbarem Strom aus dem Ausland). Ausserdem führen Monopollösungen generell zu suboptimalen volkswirtschaftlichen Ergebnissen.
Technische Beurteilung	Mit dem kantonsübergreifenden Netzausgleich wäre diese Variante technisch umsetzbar.

Tabelle 5 Beispiel einer Variante zum territorialen Kernenergieausstieg.

„Handelsorientierter“ Kernenergieausstieg

Die Ausgangslage ist also klar: Auch mittelfristig (im Jahr 2040) wird mit hoher Wahrscheinlichkeit in gewissem Umfang physikalisch Strom aus Kern- oder Kohlekraftwerken in das Schaffhauser Elektrizitätsnetz fliessen, weil sich dieses erstens nicht vom nationalen respektive europäischen Netz abkoppeln lässt und eine Verhinderung der Strommarktentwicklung in Richtung Liberalisierung durch den Kanton Schaffhausen nicht möglich ist. Den Kernenergieausstieg schafft der Kanton Schaffhausen deshalb nur über einen „handelsorientierten“ Ansatz. Handelsorientiert heisst: Ein Ansatz, der erstens alle heute geltenden Spielregeln der Strommärkte und zweitens alle zusätzlichen Spielregeln berücksichtigt, die aus heutiger Sicht für die Zukunft zu erwarten sind. Für Politiker stellen sich damit im Zusammenhang mit dem Kernenergieausstieg des Kantons Schaffhausen zwei zentrale Fragen, die in den folgenden Abschnitten beantwortet werden:

- › Wie definiert sich das Ziel „100%-iger Kernenergieausstieg des Kantons Schaffhausen“ unter der Berücksichtigung von Strommarkt-Spielregeln? (Abschnitt 2.1)

- › Welches sind überhaupt die entscheidenden Kernpunkte dieser Spielregeln, die ein Politiker kennen muss, um sich in glaubwürdiger Art und Weise mit der Thematik des Kernenergieausstiegs zu befassen? (Abschnitt 2.2)

2.1. DEFINITION KERNENERGIEAUSSTIEG

„Der Regierungsrat wird aufgefordert, Massnahmen zu erarbeiten mit dem Ziel, die flächendeckende Grundversorgung mit elektrischem Strom bis zum Jahre 2040 ausschliesslich auf der Basis regenerativer Energien zu gewährleisten.“ Unter Berücksichtigung heutiger und für die Zukunft zu erwartenden Strommarkt-Spielregeln kann die gemäss Postulat vorgeschlagene langfristige Zielsetzung folgendermassen interpretiert werden:

Stromversorgung des Kantons Schaffhausen ausschliesslich auf Basis regenerativer Energien

Der *direkte* Elektrizitätsbedarf grundsätzlich aller Schaffhauser Stromverbraucher wird in der Jahresbilanz zu 100% mit Strom gedeckt, der *nachweislich* nicht aus Kernkraftwerken stammt.

Direkt heisst: Die in Form von Gütern und Dienstleistungen in das Kantonsgebiet importierte Strommenge („grauer Strom“) wird nicht berücksichtigt.

Nachweislich heisst: Alle Elektrizitätsversorger (auch solche ausserhalb des Kantons), die Verbraucher auf dem Kantonsgebiet mit Strom beliefern, haben für ihre gesamte Liefermenge an die Schaffhauser Verbraucher gesetzlich anerkannte Herkunftsnachweise hinterlegt. Mit diesen Nachweisen können sie für jedes Bilanzjahr belegen, dass sie ausschliesslich erneuerbaren Strom an Schaffhauser Verbraucher geliefert haben.

Der Grund für die Vernachlässigung der *grauen Strommenge* ist ein methodischer: Wegen fehlender, belastbarer Datengrundlage kann diese für eine Operationalisierung der Umsetzung des Ziels nicht genügend genau und glaubwürdig bestimmt werden.

Herkunftsnachweise können unabhängig vom physikalischen Strom gehandelt werden. Für die im Herkunftsnachweis ausgewiesene Strommenge ist garantiert, dass diese aus der angegebenen Energiequelle stammt. Im folgenden Abschnitt 2.2 wird die Funktion der Herkunftsnachweise in einem liberalisierten Strommarkt näher erläutert.

2.2. DIE ZWEI WICHTIGSTEN SPIELREGELN DES LIBERALISIERTEN STROMMARKTS

Es ist nicht der Anspruch der vorliegenden Studie, alle Funktionen und Möglichkeiten heutiger und zukünftiger Strommärkte im Detail zu analysieren und abzubilden. Das grundsätzliche Verständnis für deren wesentliche Charakteristiken und Elemente brauchen Politiker und andere Akteure aber, wenn sie sich glaubwürdig mit dem Kernenergieausstieg des Kan-

tons Schaffhausen auseinander setzen wollen. Die gute Nachricht: Die relevanten Zusammenhänge lassen sich in zwei Strommarkt-Spielregeln zusammenfassen (siehe dazu auch die Illustration in Figur 8). Diese werden hier erläutert und jeweils mit einer Empfehlung an die Auftraggeber unterlegt.

Spielregel 1: „Der Kunde ist König“

Seit Anfang 2009 können Grossverbraucher mit einem Jahresverbrauch von über 100 MWh Strom ihren Stromversorger wählen (zum Vergleich: ein durchschnittlicher Drei-Personen-Haushalt mit Elektroboiler für die Warmwasseraufbereitung verbraucht pro Jahr ca. 5 MWh bis 6 MWh Strom pro Jahr). Das bisherige Fazit ist durchzogen: Zurzeit nutzen noch relativ wenige Grossverbraucher diese Möglichkeit, und es gibt bereits einige bedeutende Stromverbraucher in der Schweiz, die sich auf dem Rechtsweg für eine Rückkehr zu den Monopolpreisen einsetzen (für Unternehmen, die sich einmal für den freien Strommarkt entschieden haben, ist eine freiwillige Rückkehr zum alten System nicht vorgesehen). Die Marktöffnung für Kleinverbraucher ist auf 2014 geplant. Ob sich eine ähnliche Geschichte des Widerstands auch bei den Kleinverbrauchern (vor allem Haushalte) wiederholen wird und der steinige Weg über das mögliche fakultative Referendum führt, ist noch nicht klar. Doch auch im Fall von weiterem Widerstand darf zumindest angenommen werden, dass sich der Trend in Richtung Liberalisierung langfristig durchsetzt. Druck kommt diesbezüglich auch von der EU, die beim Umbau der Strommärkte Tempo macht – zieht die Schweiz langfristig nicht mit, wird die EU wahrscheinlich irgendwann politisch Druck ausüben. Der ursprüngliche Plan der Schweiz, den Strommarkt bis 2014 auch für Haushalte zu öffnen und Grossverbraucher bis dahin weitgehend aus dem heutigen Monopolmarkt in den freien Markt zu verlagern, dürfte also – wenn auch mit Verspätung – irgendwann zur Realität werden. *Der Kanton Schaffhausen sollte für den Kernenergieausstieg deshalb einen Strategieansatz verfolgen, der mit Spielregel 1 kompatibel ist.*

Spielregel 2: „Strom (physikalisch), Herkunfts- sowie Qualitätsnachweise sind im Prinzip drei separat handelbare Produkte“.

Woher kommt der Strom? Aus der Steckdose. Die Antwort klingt nach einem Wortspiel für Kinder – in ihrem Grundsatz zeigt sie aber einen wesentlichen Punkt auf: Rein physikalisch kann Strom nicht quellenabhängig bezogen werden (ausser beispielsweise im seltenen Fall einer Photovoltaikanlage, die nicht netzgekoppelt ist). Die Gesamtheit aller über das Netz verbundenen Stromproduzenten (Kraftwerke) erzeugt gemeinsam ein elektrisches Potenzial

(für Kleinverbraucher eine Spannung von 230 Volt), das über Regelmechanismen und Kraftwerkskapazitäten immer aufrecht erhalten wird – nämlich so, dass alle am Netz angeschlossenen Verbraucher beliebig davon zehren können (in Form von Strombezug). Eine räumliche Zuordnung von Quelle und Verbraucher ist nicht möglich. Vor diesem Hintergrund ist die Idee von separat handelbaren Herkunftsnachweisen entstanden. Herkunftsnachweise geben Auskunft über...

- › ... die produzierte Elektrizitätsmenge in kWh.
- › ... die Energieträger, welche zur Produktion der Elektrizität eingesetzt wurden.
- › ... den Zeitraum und den Ort der Produktion.
- › ... die Identifikationsdaten der Produktionsanlage.
- › ... die technischen Daten der Produktionsanlage (Leistung, Art, etc.).

Ein Stromproduzent, beispielsweise der Betreiber eines Wasserkraftwerks, hat nun verschiedene Möglichkeiten zum Verkauf seines Produkts (Strom aus Wasserkraft): Entweder er verkauft den Strom per Liefervertrag, in dem alle Angaben des Herkunftsnachweises festgehalten sind. Damit verkauft er den Strom (physikalisch) und die Vermarktungsrechte für die Herkunft gleichzeitig an *einen* Abnehmer (Stromversorger, reiner Stromhändler, Grossverbraucher etc.). Dem Produzenten steht aber auch noch ein anderer Weg offen: Er kann den Strom (physikalisch) beispielsweise an einen Grossverbraucher in seiner Umgebung verkaufen, und den Herkunftsnachweis – also die Vermarktungsrechte an der Herkunft des Stroms – z.B. nach Italien „exportieren“. Der Käufer hat damit einen gültigen Herkunftsnachweis für eine gewisse Strommenge aus Wasserkraft erworben, den er selbst auch wieder weiterverkaufen kann (wiederum nur als Nachweis oder zusammen mit physikalischem Strom).

Dieselben Mechanismen gelten für Qualitätsnachweise. Nehmen wir an, dass der Wasserkraftbetreiber den Strom nach speziell vorbildlichen Kriterien produziert (Pegelstände, Massnahmen zur Schonung des Ökosystems etc.). Dann kann er für die von ihm produzierte Strommenge beispielsweise beim Verein für umweltgerechte Energie (VUE; Trägerverein von naturemade) oder beim Konzern TÜV SÜD Qualitätsnachweise in Form von Zertifikaten ausstellen lassen. Diese Nachweise sind wie die Herkunftsnachweise separat handelbar (viele Qualitätsnachweise sind zwar gleichzeitig auch Herkunftsnachweise; im Prinzip sind diese beiden Nachweise aber zwei separat zu betrachtende Produkte).

Die Organisation und Koordination dieser Strommarkt-Spielregel bedingt ein administrationslastiges und sehr diszipliniertes Vorgehen, vor allem bei länderübergreifenden Handelsstrukturen (Risiko der Doppelzählung von Herkunftsnachweisen). Die Erläuterung dieses Systems würde den Rahmen der vorliegenden Studie sprengen. Nur so viel sei gesagt: An

den Handelsmöglichkeiten und den dafür nötigen Strukturen und Systemen wird noch ge-
feilt und gebaut, und zwar europaweit. Es darf davon ausgegangen werden, dass diese wei-
ter optimiert werden und es immer schwieriger wird, das System zu unterlaufen (was heute
noch nicht vollständig ausgeschlossen werden kann). In der Schweiz obliegt die Aufsicht
und Organisation des Herkunftsnachweissystems der Firma swissgrid, dem offiziellen
schweizerischen Netzbetreiber. Dieser hat die Anforderungen der fortschreitenden Liberali-
sierung bisher gut gemeistert – bezogen auf die Schweiz scheint das Herkunftsnachweissys-
tem heute zuverlässig zu sein. *INFRAS empfiehlt dem Kanton Schaffhausen, bei der Wahl
einer Umsetzungsstrategie für den Kernenergieausstieg auch die Spielregel 2 zu berücksichti-
gen.*

Ein Exempel zur Theorie: Stromqualität wird auf die Kundenbedürfnisse „zugeschnitten“

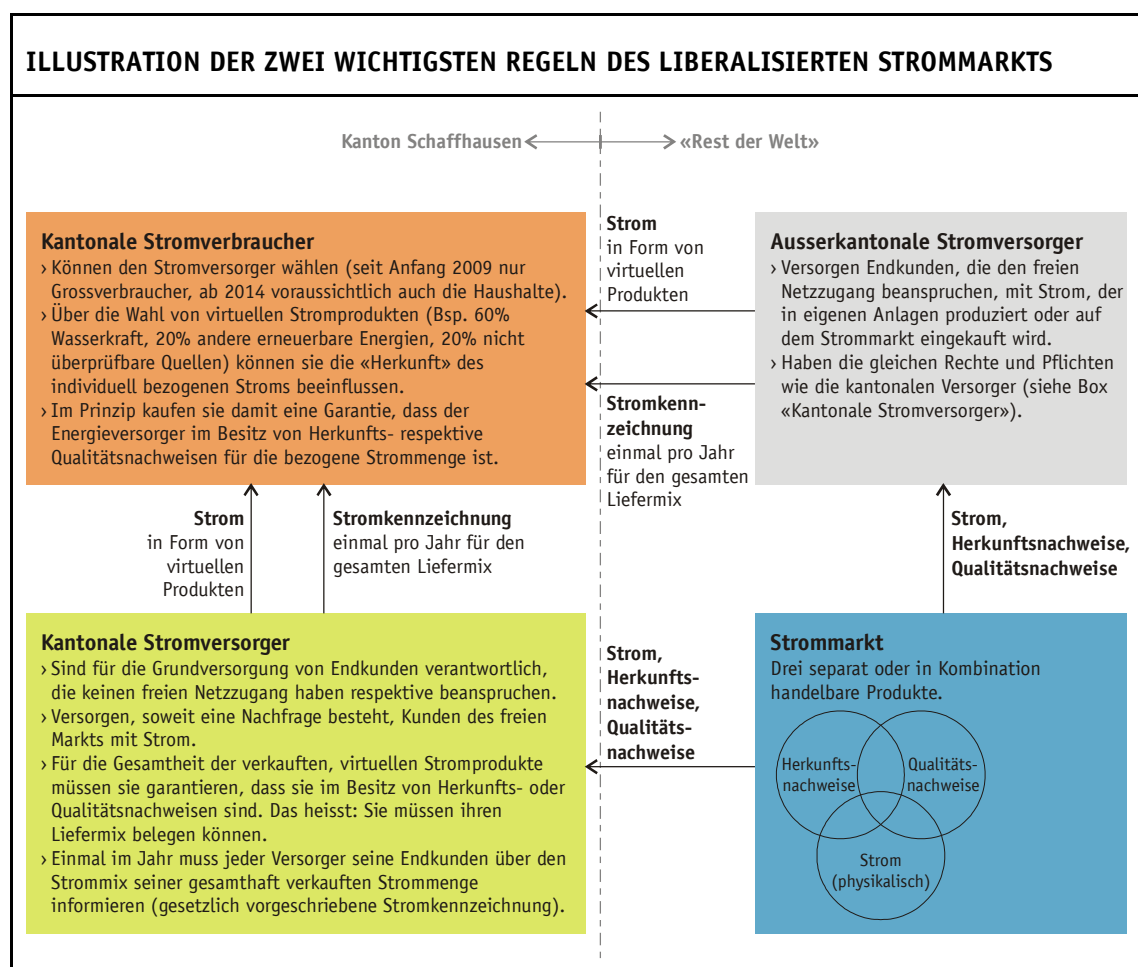
Wegen seiner ökologisch vorbildlichen Bewirtschaftung ist das Rheinkraftwerk Schaffhausen
eine „Perle“. Gegen eine Gebühr an den Verein für umweltgerechte Energie (VUE) könnte
praktisch die gesamte Stromproduktion – also jede erzeugte kWh – mit dem Label „natu-
remade star“² zertifiziert werden. Die Aufgabe der Stromversorger besteht nun darin, den
ökologischen Mehrwert des Schaffhauser Wasserkraftstroms mithilfe des Labels möglichst
gut zu vermarkten. Weil die Nachfrage nach diesem ökologischen Strom im Kanton Schaff-
hausen weit unter dem Angebot liegt, wird dieser als Ökostrom schweizweit angeboten. Dies
ist eine nachvollziehbare Strategie: Stromversorger erreichen so wesentlich mehr Kunden
mit einer höheren Zahlungsbereitschaft für ökologischen Strom – mit doppeltem Nutzen:
Mehr Stromverbraucher erhalten das für sie optimale Produkt, und der Stromversorger die
entsprechenden Erlöse. Ein Teil dieser Erlöse und der Gebühren für die Zertifizierung fliesst
in einen Fonds für Renaturierungsmassnahmen, ein anderer Teil in die (teils regionale) För-
derung der ökologischen Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen.

Auch für Kunden, die zwar ökologisch orientiert sind, aber weniger dafür zu bezahlen
bereit sind, können massgeschneiderte Produkte entworfen werden: Das Produkt „CleanSo-
lution Euro-Wasserstrom“ der Städtischen Werke Schaffhausen und Neuhausen am Rheinfl
ist ein gutes Beispiel dafür. Dieser Strom wird in Norwegen produziert – ebenfalls nach öko-
logischen Kriterien und unter Nutzung natürlicher Gegebenheiten (garantiert durch TÜV-

2 Das Fördermodell des VUE verlangt, dass vom total verkauften „naturemade“-Strom mindestens 5% „naturemade star“-
Strom sein muss und davon mindestens die Hälfte (2.5%) aus neuen Sonnen-, Biomasse- oder Windanlagen stammen
muss. Damit ist sichergestellt, dass auch die Vermarktung von Strom aus bestehenden Wasserkraftwerken zu einem Aus-
bau von neuen, nachhaltigen Stromerzeugungsanlagen führt.

Zertifikate), aber ohne Aufschlag zugunsten der regionalen Schaffhauser Umwelt und ohne die zusätzliche Förderung der Erzeugung von Solarstrom. Dank dieser Optimierung können die Werke den Kunden erneuerbaren Strom anbieten, der nur 1.3 Rappen pro kWh mehr kostet als der Basisstrommix, der zur Hälfte aus Kernenergie-Strom besteht.

Über die Eigentümerstrategie könnten Stadt und Kanton Schaffhausen schon heute direkt beeinflussen, wie sich der Abgabestrommix zusammensetzt und wo der in Schaffhausen produzierte Strom abgesetzt wird.



Figur 8 Illustration der Spielregeln 1 und 2; Spielregel 1: „Der Kunde ist König“ und kann seinen Stromlieferanten und das bezogene Produkt frei wählen. Spielregel 2: „Strom (physikalisch), Herkunftsnachweise sowie Qualitätsnachweise sind im Prinzip drei separat handelbare Produkte“.

Exkurs: Wieso ist Strom aus Kernenergie „so günstig“?

Die meisten Stromversorger der Schweiz bieten heute Stromprodukte an, dank denen der individuelle Verbraucher Strom aus erneuerbaren Energiequellen beziehen kann. Überall zeichnet sich dasselbe Bild: Die Produkte sind teurer als der Basisstrommix, der zu einem grossen Teil aus Kernenergie stammt. Je nach Produkt (Wasserkraft, Biomasse, Sonnen- oder Windenergie von unterschiedlicher ökologischer Qualität) und Anbieter zahlt der Verbraucher einen Aufpreis zwischen 1 Rp. und rund 50 Rp. pro kWh bezogenem Strom. *Wieso eigentlich?*

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist die Antwort einfach: Die Gestehungskosten für Strom aus Kernenergie sind tiefer als für Strom aus erneuerbaren Energien. Die Preisdifferenz spiegelt die buchhaltungsrelevanten Kostenunterschiede zwischen den verschiedenen Technologien wider. Und diese werden mit grosser Wahrscheinlichkeit auch mittelfristig (bis 2035) bestehen bleiben, obwohl die Differenz in den betriebswirtschaftlichen Stromgestehungskosten bis dahin stark abnehmen wird (SRU 2010, FVEE 2010, INFRAS/TNC 2010). Aus volkswirtschaftlicher Sicht dürfte die Kostendifferenz allerdings schon heute wesentlich tiefer liegen. Beispiele, die diese These stützen:

- › Unternehmensinterne „Quersubventionierung“ (Deckung von Kapitalkosten durch Einnahmen mit amortisierten Wasserkraftwerken): Laut Müller 2009 decken in der Schweiz zumindest die Kernkraftwerke Leibstadt und Gösgen ihre Kapitalkosten nicht und vernichten damit finanzielle Werte. Die Eigenkapitallücken schweizerischer Kernkraftwerke betragen z.T. ein Mehrfaches des ausgewiesenen Eigenkapitals.
- › Die Reduktion der Kapitalkosten: Dies geschieht mithilfe staatlicher Bürgschaften, erleichteter Kreditaufnahmen, direkter Förderkredite und direkter Investitionen in die KKW-Infrastruktur sowie durch Zinssubventionen während der Bauzeit. Wettbewerbsverzerrend wirkt zudem in vielen Fällen, dass Regierungen die Limitierung entscheidender Kostenblöcke garantieren (z.B. durch unrealistisch tiefe Haftungsgrenzen für Reaktorunfälle, damit werden die Haftpflichtkosten massiv reduziert). Im Weiteren haben Regierungen im Falle von Insolvenzen von Betreibern die Kosten der Entsorgung und Stilllegung von KKW übernommen, als die Rückstellungen dazu nicht ausreichten (z.B. in England, siehe z.B. Citigroup 2009).
- › Die Subventionierung von Stilllegungs- und Entsorgungskosten: Da bisher sehr wenige KKW kommerziell stillgelegt wurden, ist die Wissensbasis für effektive Stilllegungskosten sehr schmal. Zumindest aus den USA ist jedoch bekannt, dass die Stilllegungs- und Entsorgungskosten systematisch beschönigt werden, indem sich staatliche Instanzen für langfristige Aspekte der Entsorgung zuständig erklären und z.B. in vielen Fällen den Betreibern von KKW Steuerbefreiungen für die Rückstellungen für Kosten der Reaktorstilllegung gewähren.

Fazit: So „günstig“, wie der Marktpreis von Strom aus Kernenergie vermuten lässt, ist dieser nicht: Durch die stille Akzeptanz von massiven Risiken – ähnlich der Situation im Strassenverkehr, nur um Grössenordnungen stärker – übernimmt die Gesellschaft einen Teil der effektiven volkswirtschaftlichen Kosten. Dies ist bei den erneuerbaren Energien deutlich weniger der Fall.

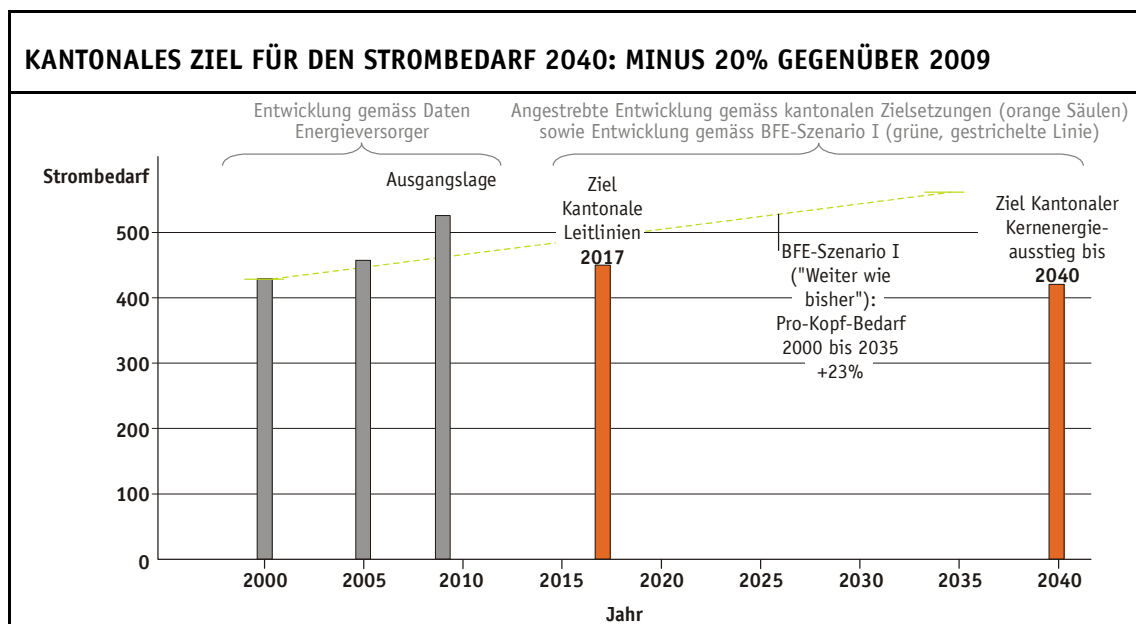
3. PERSPEKTIVEN IM STROMMARKT

3.1. ELEKTRIZITÄTSNACHFRAGE: VOM ZIEL HER DENKEN

Energiepolitisch orientieren sich sowohl der Kanton (in seinen Leitlinien der kantonalen Energiepolitik) wie auch die Stadt Schaffhausen (in ihrem Klimaschutz- und Energiekonzept) an der Vision der 2000-Watt-Gesellschaft. Für die vorliegende Untersuchung wird deshalb ein zielorientiertes Prognoseszenario zugrunde gelegt, das im Einklang mit dieser breit akzeptierten, politischen Zielsetzung steht. Ergänzend werden die Auswirkungen einer steigenden Stromnachfrage gemäss BFE-Szenario I der nationalen Energieperspektiven aufgezeigt, welche aus Sicht der Autoren als Obergrenze („worst case“) angesehen werden kann (kantonale Stromnachfrage 2035: 563 GWh; Figur 9).

Stromeffizienzziel des Kantons Schaffhausen bis 2040: minus 20% gegenüber 2009

Für die vorliegende Studie wird angenommen, dass sich der Kanton Schaffhausen zum Ziel setzt, seinen Elektrizitätsbedarf bis 2040 um einen Fünftel zu senken – von 525 GWh (2009) auf 420 GWh (2040). Dieses Ziel steht im Einklang mit der Vision der 2000-Watt-Gesellschaft, den offiziellen Leitlinien der kantonalen Energiepolitik und den Zielen der Stadt Schaffhausen.



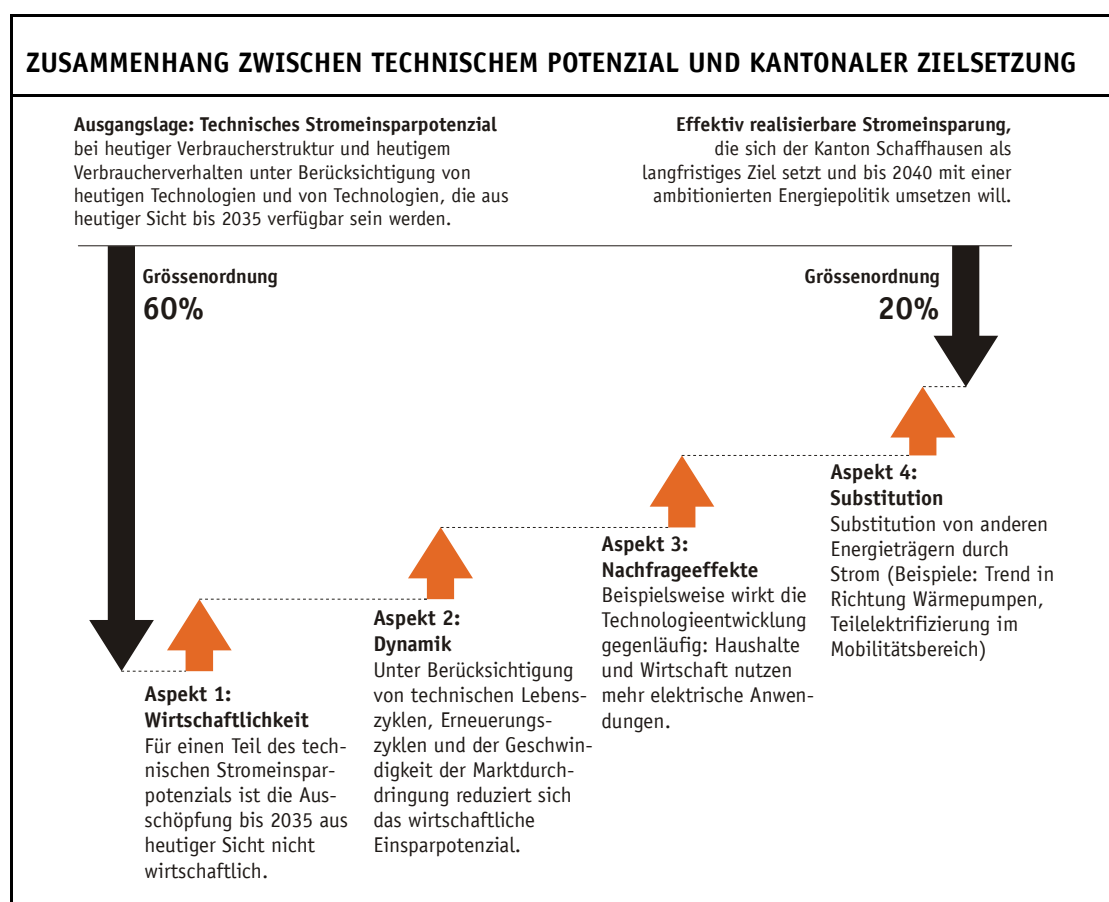
Figur 9 Gemäss Postulat soll der Kernenergieausstieg bis 2040 geschafft sein. Der Kanton Schaffhausen setzt sich bis dahin das Ziel, den Strombedarf gegenüber 2009 um 20% zu senken. Gleichzeitig wird ein Bevölkerungswachstum auf 80'000 Einwohner anvisiert. Die angestrebte Bedarfsreduktion steht im Einklang mit den Zielen gemäss kantonalen Leitlinien und dem Klimaschutz- und Energiekonzept der Stadt Schaffhausen.

Dem Politiker, der das vorgeschlagene Ziel beurteilen will, stellen sich zwei Fragen:

- › Das technische Stromeffizienzpotenzial ist doch wesentlich höher als 20%. Wieso wird nicht ein (noch) ambitionierteres Ziel gesetzt (Abschnitt 3.1.1)?
- › Gibt es stichhaltige Hinweise darauf, dass die Umsetzung der anvisierten Strombedarfsreduktion wirtschaftlich ist (Abschnitt 3.1.2)?

3.1.1. WIESO IST DAS TECHNISCHE STROMEFFIZIENZPOTENZIAL NICHT VOLL AUSSCHÖPFBAR?

Der Kanton Schaffhausen schätzt das technische Stromeinsparpotenzial bis 2040 auf rund 60% (Kanton SH 2008). Wieso geht er davon aus, dass er selbst mit einer ambitionierten Energiepolitik nur ein Drittel davon ausschöpfen kann? Figur 10 erläutert die Gründe. Ausgehend vom technischen Einsparpotenzial zeigt sie auf, wieso die effektiv realisierbare Einsparung wesentlich tiefer liegt (auf genaue Prozentangaben wird verzichtet; es geht hier darum, die gedankliche „Mechanik“ aufzuzeigen).



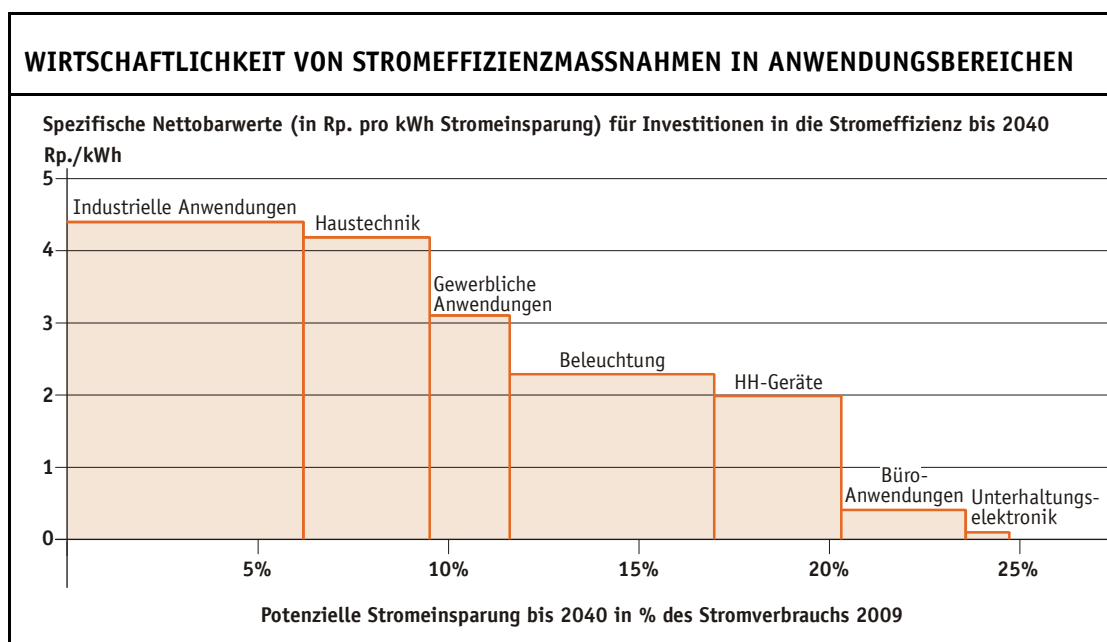
Figur 10 Das technische Stromeinsparpotenzial ist aus mehreren Gründen nicht voll ausschöpfbar.

3.1.2. SIND DIE STROMEFFIZIENZMASSNAHMEN WIRTSCHAFTLICH?

Wie gesagt: Diese Untersuchung geht bei der Festlegung eines Strombedarfsszenarios davon aus, dass der Kanton Schaffhausen sein „Minus-20%-Ziel“ erreicht. In diesem Sinne ist es nicht Aufgabe und Anspruch der vorliegenden Studie, die Wirtschaftlichkeit der für das Ziel nötigen Stromeffizienzmassnahmen umfassend zu beurteilen. Hingegen will sie prägnante Aussagen einer aktuellen Studie zu diesem Thema (INFRAS/TNC 2010) kurz zusammenfassen und aufzeigen, dass die Umsetzung des Schaffhauser „Minus-20%-Ziels“ mit grosser Wahrscheinlichkeit wirtschaftlich ist. Wie im vorangehenden Abschnitt geht es hier weniger um die Details der Resultate als vielmehr um deren Grössenordnung und die wesentlichen Argumente, die sich daraus ableiten lassen. Die detaillierte Erläuterung der Resultate und der zugrunde gelegten Annahmen würde erstens den Rahmen der vorliegenden Studie sprengen, und zweitens nichts an den hier präsentierten Hauptaussagen ändern.

Hauptaussage 1: „Die Investitionen in die Stromeffizienz, welche im Kanton Schaffhausen für die Erreichung des „Minus-20%-Ziels“ getätigt werden müssen, sind langfristig wirtschaftlich.“

Figur 11 zeigt die spezifischen Nettobarwerte für Investitionen in die Stromeffizienz bis 2040, gegliedert in verschiedene Themenbereiche. Die Resultate beziehen sich auf die Gesamtschweiz und basieren auf einem umfassenden Annahmenkatalog, der gewisse Unsicherheiten enthält. Trotzdem: Sie lassen kaum Zweifel offen, dass aus heutiger Sicht im Kanton Schaffhausen ein grosses Potenzial für langfristig wirtschaftliche Investitionen in die Stromeffizienz besteht. Gemäss INFRAS/TNC 2010 kann mit diesen Investitionen eine Stromeinsparung von einem Viertel gegenüber 2009 erreicht werden. Das zeigt, dass das ambitionierte „Minus-20%-Ziel“ des Kantons Schaffhausen mit wirtschaftlichen Investitionen erreicht werden kann. Allerdings ist dafür ein starker politischer Wille sowie eine hohe gesellschaftliche Akzeptanz für Massnahmen zur Erhöhung der Stromeffizienz Voraussetzung. Die grössten Beiträge zur Stromeinsparung dürften dabei in der Industrie (vor allem Elektromotoren), bei der Beleuchtung, bei Büroanwendungen (Geräte, Kommunikationstechnik) sowie bei Haushaltgeräten und bei der Haustechnik zu realisieren sein.



Figur 11 Spezifische Nettobarwerte (Rp./kWh) für Investitionen in die Stromeffizienz bis 2040 (Diagramm auf Basis der Resultate der Studie INFRAS/TNC 2010). Ein **positiver** Nettobarwert bedeutet, dass die entsprechende Investition über den Lebenszyklus **wirtschaftlich** ist.

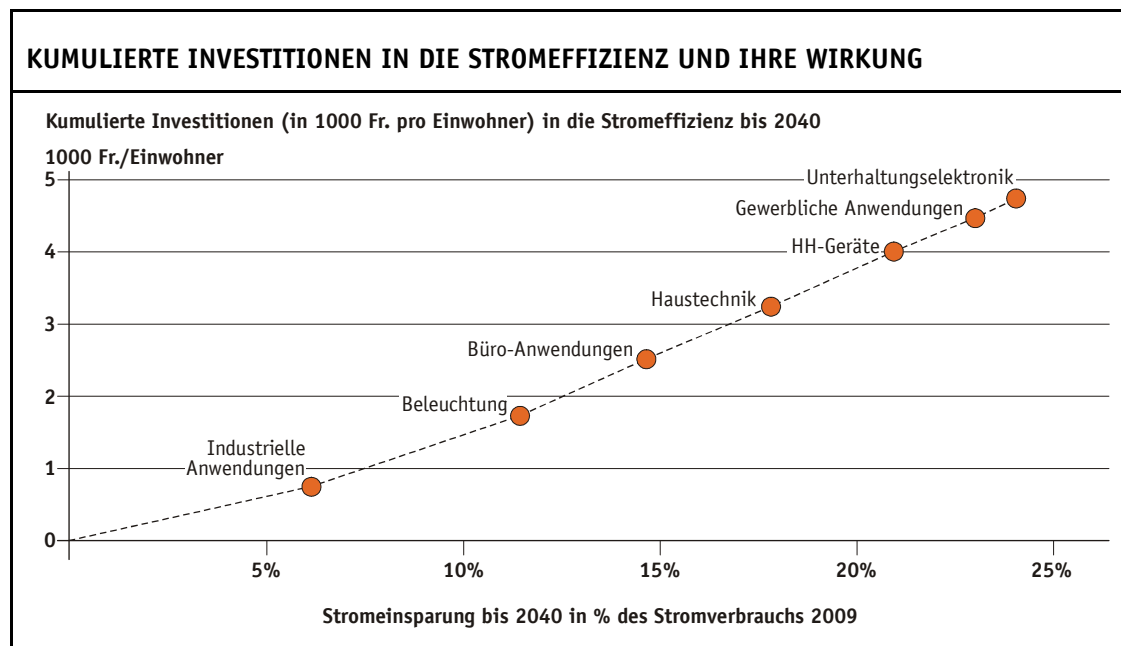
Hauptaussage 2: „Die nötigen Investitionen in die Stromeffizienz sind finanzierbar und wirken positiv auf die kantonale Wertschöpfung und Beschäftigung.“

An der Wirtschaftlichkeit sollten die nötigen Investitionsentscheide also nicht scheitern, wie der vorangehende Abschnitt gezeigt hat. Ein weiterer Stolperstein könnte die Finanzierung sein – doch auch hier gibt es Hinweise, dass diese keine allzu hohe Hürde darstellt:

- › Erstens liegt der gesamte Finanzierungsbedarf bis 2040 (kumulierte Investitionen) für die Ausschöpfung des Stromeinsparpotenzials relativ tief: Er beträgt rund 4800 Fr. pro Einwohner – eine Gesamtinvestition, die im Kanton Schaffhausen in 30 Jahren zu finanzieren sein sollte (Figur 12).
- › Zweitens liegt die Amortisationsdauer („Pay-back“) bei vielen Einzelinvestitionen relativ tief (unter zehn Jahren oder sogar unter fünf Jahren). Dies gilt vor allem bei Anlagen in Industrie und Gewerbe (Elektromotoren, Prozesse), aber auch bei Geräten (Büro, Haushalt), bei der Beleuchtung und bei der Haustechnik.³ Bei diesen Investitionsentscheiden liegt der Hemmfaktor eher nicht bei der Finanzierung, sondern vielmehr beim Bewusstsein

3 Stichhaltige Hinweise dafür finden sich beispielsweise auf www.topmotors.ch (Elektromotoren) und auf www.topten.ch (Geräte, Beleuchtung, Haustechnik).

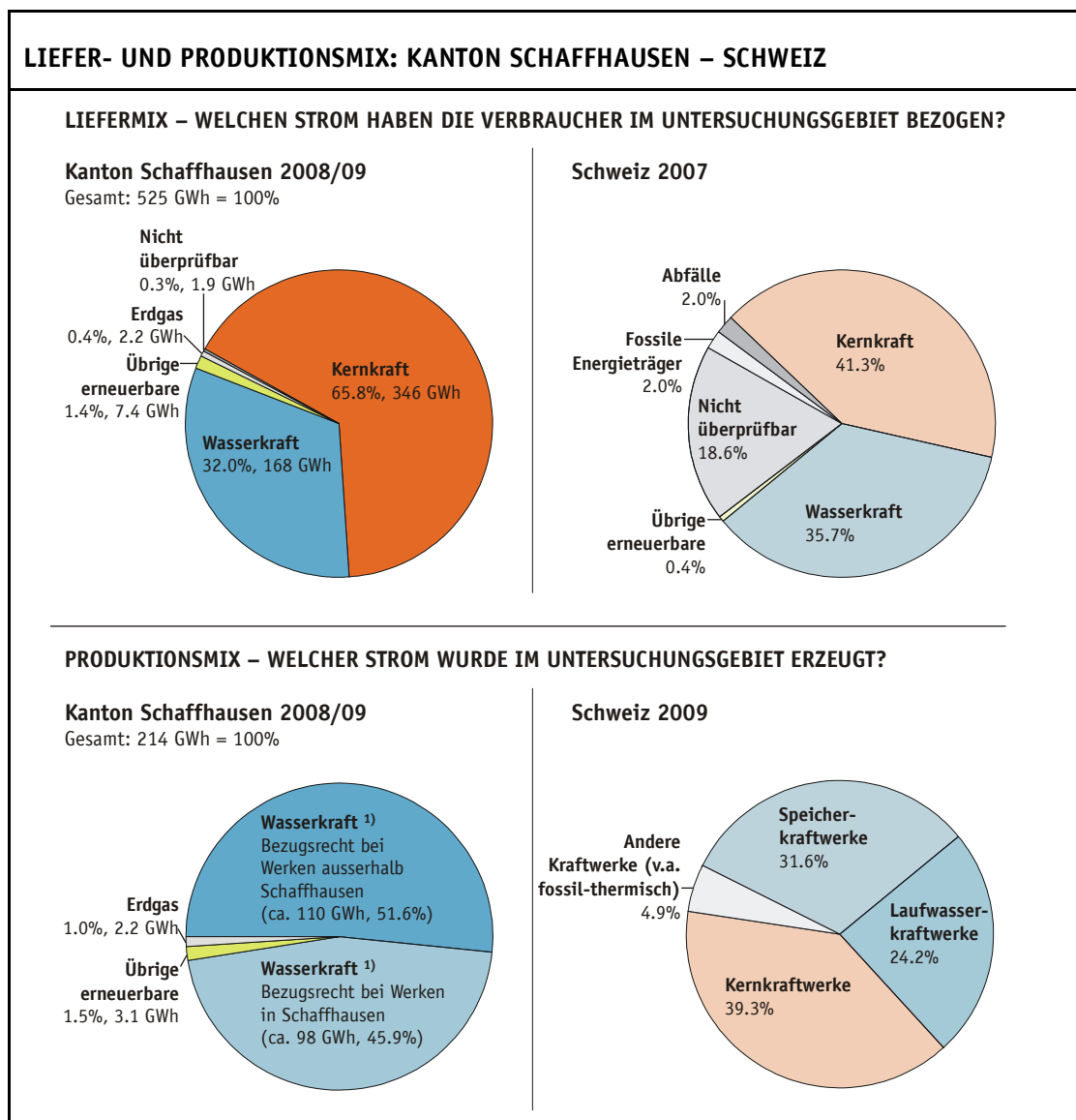
für die Stromeffizienzproblematik und der Bereitschaft, zwischen den Kosten der Erstinvestition und Lebenszykluskosten (inklusive Betrieb) zu unterscheiden.



Figur 12 Mehrinvestitionen bis 2040 und energetische Wirkung im Jahr 2040. Die Anordnung (von links nach rechts) der einzelnen Anwendungsbereiche erfolgt entsprechend deren Beitrag zur Stromeinsparung (Diagramm auf Basis der Resultate der Studie INFRAS/TNC 2010).

3.2. ELEKTRIZITÄTSANGEBOT

Zwei Drittel des im Kanton Schaffhausen bezogenen Stroms stammt heute aus Kernkraftwerken (Liefermix, Figur 13). In diesem Sinne ist das Ziel Kernenergieausstieg bis 2040 ein ambitioniertes Ziel, auch wenn der Kanton Schaffhausen seinen Elektrizitätsbedarf bis dahin um 20% senken kann („Minus-20%-Ziel“ gemäss 3.1).



Figur 13 Liefermix (oben): Herkunft des im Kanton Schaffhausen verbrauchten Stroms (EKS 2009, ShPower 2009, EW Hallau 2010) im Vergleich mit der Schweiz (Daten für 2007 aus BFE 2009a).

Produktionsmix (unten): Stromproduktion im Kanton Schaffhausen (EKS 2009, ShPower 2009, EW Hallau 2010) im Vergleich mit der Schweiz (BFE 2010).

1) Die Vermarktung des Stroms aus Schaffhauser Wasserkraftwerken (208 GWh) kann von den Schaffhauser Stadt- respektive Kantonswerken heute und gemäss langfristigen Konzessionsverträgen (Zeithorizont 2045) auch in Zukunft nur zum Teil beeinflusst werden. Aufgrund der Bezugsrechte stehen über die Hälfte der Wasserkraftwerkproduktion im Kanton Schaffhausen nicht den lokalen Elektrizitätswerken zu (respektive muss auf dem Strommarkt besorgt werden).

Figur 13 zeigt erstens deutlich, dass im Kanton Schaffhausen mehr als doppelt soviel Strom verbraucht (525 GWh) wie produziert wird (214 GWh). Der Kanton wird also mit grosser Wahrscheinlichkeit auch bei starker Reduktion des Strombedarfs und forciertem Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien noch länger ein Nettoimporteur bleiben. Zweitens lässt Figur 13 erkennen, dass nicht der gesamte im Kanton produzierte Strom aus Wasserkraft (v.a. aus den Kraftwerken in Schaffhausen und Neuhausen) auch in Schaffhausen verkauft wird. Mit der AXPO ist einer der grössten schweizerischen Stromversorger an den beiden Kraftwerken beteiligt, der die Herkunft und den Mehrwert des Schaffhauser Wasserkraftstroms schweizweit vermarktet (in Form von virtuellen Stromprodukten wie beispielsweise dem AXPO-„Naturstrom blue“).

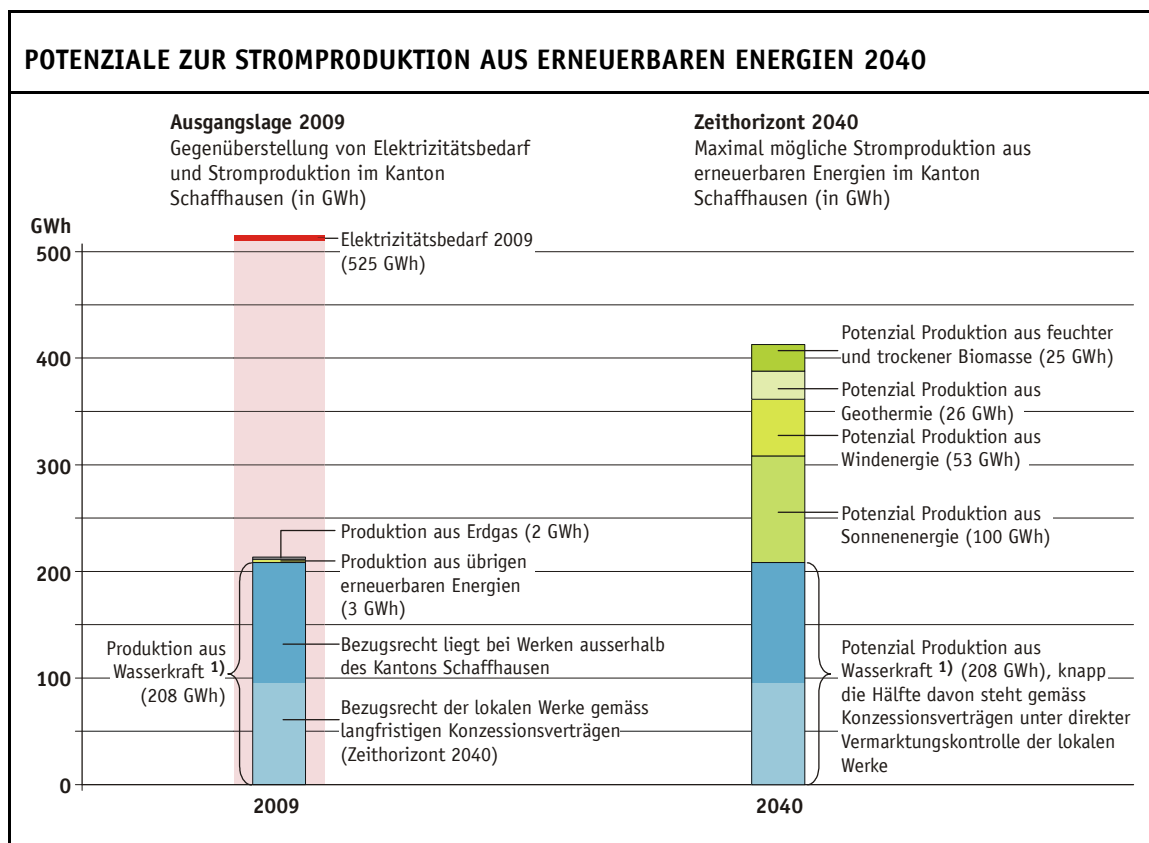
STECKBRIEFE DER STROMVERSORGER IM KANTON SCHAFFHAUSEN			
	Elektrizitätswerk des Kantons Schaffhausen AG (EKS)	Städtische Werke Schaffhausen und Neuhausen am Rheinfall	Elektrizitätswerk Hallau (EWH)
Eigentumsverhältnisse	75% Kanton Schaffhausen, 25% AXPO	100% Stadt Schaffhausen ⁴	100% Gemeinde Hallau
Total Stromumsatz	591 GWh, davon 291 GWh nach Deutschland geliefert (2008/09)	213 GWh (2009)	12.5 GWh (2009)
Strombeschaffung	97% AXPO; 3% andere (2008/09)	55% AXPO; 43% städtischer Anteil an der KWS AG ⁵ ; 3% andere (2009)	80% AXPO; 20% eigenes Wasserkraftwerk (2009)
Stromabgabe	67% Haushalte, Landwirtschaft und Gewerbe; 30% Industrie; 3% andere (2008/09)	47% Grosskunden; 22% Haushalte; 22% Gewerbe und Dienstleistung; 9% andere (2009)	Etwas mehr als die Hälfte an Gewerbe und Industrie; Rest an die Haushalte (2009)
Strom-Liefermix	78% Kernkraft, 20% Wasserkraft, 2% andere (2008/09)	48% Wasserkraft; 48% Kernkraft; 4% andere (2008)	65% Kernkraft; 35% Wasserkraft (2008)
Produkte erneuerbarer Strom	Schaffhauser Naturstromzertifikate (Naturstrombörse: www.naturstromboerse.ch), AXPO-Naturstrom-Produkte (Bsp. „Naturstrom blue“)	CleanSolution Ökostrom (naturemade-startzertifizierter Strom), CleanSolution Euro-Wasserstrom	AXPO-Naturstrom-Produkte (Bsp. „Naturstrom blue“)

Tabelle 6 Steckbriefe der Schaffhauser Stromversorger (Quelle: Webseiten der Versorger).

- 4 Die Städtischen Werke sind eine Verwaltungsabteilung der Stadt. Sie sind zugleich Netzbetreiber und Energielieferant in ihrem Versorgungsgebiet. Zudem betreiben sie eine eigene Handelsabteilung. Die Energiebezugsrechte der Stadt Schaffhausen an der Produktion der Kraftwerke Schaffhausen AG (KWS AG) werden an die Städtischen Werke abgetreten. Der restliche Strom wird von der AXPO und vom internationalen Strommarkt zugekauft.
- 5 Eigentumsverhältnisse Kraftwerke Schaffhausen AG (KWS AG): 50% Stadt Schaffhausen, 30% AXPO AG (ehemals NOK AG), 20% Kanton Schaffhausen. Hinweis: Die Strombezugsrechte am Kraftwerk Schaffhausen entsprechen nicht genau den Eigentumsverhältnissen.

3.3. POTENZIALE ZUR STROMERZEUGUNG AUS ERNEUERBAREN QUELLEN

Das Potenzial der Wasserkraft, die im Kanton Schaffhausen auch in Zukunft die wichtigste erneuerbare Quelle zur Stromerzeugung bleiben wird, ist heute bereits praktisch ausgeschöpft – ein Produktionsausbau ist schwierig zu realisieren. Andere erneuerbare Energiequellen, die heute noch wenig genutzt werden, haben hingegen ein grosses Potenzial. Dieses beträgt insgesamt rund 205 GWh, wobei die Sonnenenergie (100 GWh aus Photovoltaik-Anlagen) und die Windenergie (53 GWh aus Windkraftanlagen) die grössten Beiträge liefern könnten (Figur 14; Annahmen und Quellenhinweise zur Bestimmung der Potenziale sind im Info-Kasten auf Seite 44 dokumentiert). Das Potenzial der Stromproduktion aus Geothermie ist mit Unsicherheiten behaftet und ist in Figur 14 konservativ geschätzt.



Figur 14 Heute (2009) werden im Kanton Schaffhausen rund 214 GWh Strom erzeugt, der kantonale Elektrizitätsbedarf beträgt 525 GWh. Bis ins Jahr 2040 besteht ein Potenzial zur Stromproduktion aus erneuerbaren Energien von rund 413 GWh (zum Vergleich: die kantonale Zielsetzung visiert mit der Reduktion um 20% gegenüber 2009 420 GWh an).

1) Die Vermarktung des Stroms aus Schaffhauser Wasserkraftwerken (208 GWh) kann von den Schaffhauser Stadt- respektive Kantonswerken heute und gemäss langfristigen Konzessionsverträgen (Zeithorizont 2045) auch in Zukunft nur zum Teil beeinflusst werden. Aufgrund der Bezugsrechte stehen über die Hälfte der Wasserkraftwerkproduktion im Kanton Schaffhausen nicht den lokalen Elektrizitätswerken zu (respektive muss auf dem Strommarkt besorgt werden).

Gemäss Kapitel 3 visiert der Kanton Schaffhausen bis 2040 einen Elektrizitätsbedarf von rund 420 GWh an (entspricht 80% des Bedarfs 2009). Bis 2040 wäre bei vollständiger Ausschöpfung der Potenziale eine Stromproduktion aus erneuerbaren Energien von 413 GWh möglich (Figur 14). In diesem Fall liesse sich die Differenz zwischen dem angestrebten Strombedarf und der Stromproduktion auf Kantonsgebiet auf nur 7 GWh reduzieren.

Das Resultat muss allerdings relativiert werden, und zwar aus zwei Gründen: Erstens steht aufgrund der bestehenden, langfristigen Konzessionsverträge (Zeithorizont 2045) der grössere Teil der Wasserkraftwerkproduktion im Kanton Schaffhausen nicht den lokalen Werken zu – das sind mehr als die Hälfte der 208 GWh, auf deren Vermarktung die Stadt- respektive Kantonswerke wahrscheinlich auch in Zukunft nur indirekt Einfluss nehmen können (das heisst, sie müssen den entsprechenden Strom bei anderen Energieversorgungsunternehmen, beispielsweise beim Hauptlieferanten AXPO, einkaufen). Und zweitens ist – um einen Kernenergieausstieg entsprechend dem Postulat Wetter zu schaffen – vor allem entscheidend, welchen Strom die Schaffhauser Verbraucher *beziehen*. Es ist nicht die Idee der Zielsetzung (siehe Definition im Kapitel 2.1), dass die Erzeugungskapazitäten für erneuerbaren Strom im Kanton Schaffhausen ausgebaut werden, dieser dann aber vorwiegend ausserhalb des Kantons verkauft wird. Dies ist durch die Politik sicher zu stellen. Wichtig ist, dass die Potenziale der erneuerbaren Energien im Kanton Schaffhausen ausreichen, um einen relativ hohen Selbstdeckungsgrad sicher zu stellen, falls dies für die Umsetzung des Kernenergieausstiegs sinnvoll oder erforderlich wäre.

Solarstromanlagen und Netzstabilität

100 GWh Strom pro Jahr aus Solaranlagen im Kanton Schaffhausen? Bezogen auf die resultierenden Spitzenleistungen an einem Sommertag wären die Netzbetreiber mit der heutigen Netz- und Produktionsinfrastruktur nicht in der Lage, einen stabilen Betrieb aufrechtzuerhalten. Trotzdem halten die Autoren das geschätzte maximale Potenzial für technisch umsetzbar. Bei einem Zeithorizont von 30 Jahren (und mehr) werden – angesichts der bereits heute beobachtbaren Trends in Europa – technische Entwicklungen im Netzbereich erwartet, welche zur Lösung der Problematik beitragen werden. Mit Verweis auf laufende Diskussionen unter Fachleuten im Netzbereich und der Solarbranche (v.a. in Deutschland, siehe beispielsweise Zeitschrift „Photon“, Ausgabe Dezember 2010) möchten die Autoren an dieser Stelle auf technische Details verzichten – sicher ist: Schon heute zeichnen sich in dieser Hinsicht erste Lösungsansätze ab, wie mit steigenden Solarstromanteilen umgegangen werden könnte. Sicher ist auch: Die nötigen Massnahmen an der Netz- und Produktionsinfrastruktur sowie die Betriebsoptimierungen werden zusätzliche Kosten verursachen. Dieser Aspekt wird in den folgenden Kapiteln (insbesondere in Kapitel 5.2) weiter vertieft.

Potenziale zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Kanton Schaffhausen

Die Schätzungen der Potenziale der Wasserkraft, der Sonnenenergie und der Energie aus Biomasse basieren auf den „Grundlagen für die Leitlinien und Massnahmen der kantonalen Energiepolitik 2008 bis 2017“ (Kanton SH 2008). Die geschätzten Strommengen beziehen sich auf das *ökologische Potenzial*, das die vermehrte und gleichzeitig nachhaltige Verwendungsmöglichkeit der erneuerbaren Energieträger im Kanton Schaffhausen aufzeigt. (Das *theoretische Potenzial*, das alle physikalischen Möglichkeiten umfasst, und das *technische Potenzial*, das alle effektiv nutzbaren Möglichkeiten umfasst, berücksichtigen die Nachhaltigkeit der Nutzung nicht.)

- › **Wasserkraft:** Es wird angenommen, dass sich die erzeugte Strommenge aus Wasserkraft bis 2035 nicht verändert. Das Potenzial durch Neuerstellungen und Modernisierungen von Wasserkraftwerken ist gering und wird tendenziell durch Produktionsverringerungen aufgrund von neuen Bestimmungen zu Restwassermengen ausgeglichen. Auch andere Massnahmen (z.B. eine Staupegelerhöhung beim Kraftwerk Schaffhausen) brächten nur marginale Steigerungen.
- › **Sonnenenergie:** Es wird angenommen, dass mit PV-Anlagen bis 2035 rund 100 GWh Strom produziert werden können. Berücksichtigt wurden nur gut geeignete Flächen auf Gebäuden. Die Nutzung freier Flächen wurde bei der vorliegenden Betrachtung ausgeschlossen. Bezüglich der zur Verfügung stehenden Gebäudeflächen wurde angenommen, dass sie nur zur Hälfte für die Stromerzeugung verwendet wird. Die restliche Fläche steht der Wärmeerzeugung (mit Solarkollektoren) zur Verfügung.
- › **Energie aus Biomasse:** Das Potenzial wird auf 25 GWh geschätzt. Bei der Nutzung von Energieholz wurde angenommen, dass rund 10% für die Stromerzeugung verwendet werden kann (der Rest wird zur Wärmeerzeugung verwendet). Bei der Nutzung von feuchter Biomasse kann die Hälfte zur Stromerzeugung verwendet werden.

Die Schätzungen der Potenziale der Windkraft und der Geothermie basieren auf der „Windpotenzialstudie Kanton Schaffhausen“ (HBA SH 2009) respektive der „Geothermie-Potenzialstudie Thurgau-Schaffhausen“ (DIV TG/BD SH 2009).

- › **Windkraft:** Das technische Potenzial für Elektrizität aus Windkraft bis 2035 beträgt 53.1 GWh. Es ist zu beachten, dass sich alle potenziellen Standorte entweder in Wald- oder BLN-Gebieten (Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung) befinden. Es bleibt damit offen, welcher Anteil des Potenzials effektiv ausgeschöpft werden kann. Der erreichbare Realisierungsgrad ist damit eine Frage der Interessenabwägung und des politischen Willens.
- › **Geothermie:** Das Potenzial zur Stromerzeugung wird auf 26 GWh geschätzt. Die Geothermie-Potenzialstudie geht in den geeigneten Gebieten von einer maximalen Wärmeleistung einer Dublette von 30 MW_e aus, es wird jedoch auf die grosse Unsicherheit in der Schätzung hingewiesen. Und es wird eine ideale Nutzung mit einer Abkühlung von 170°C auf 10°C vorausgesetzt. Für die vorliegende Untersuchung nehmen die Autoren deshalb an, dass bis 2035 ein Geothermie-Kraftwerk gebaut werden kann, das 20 MW_e nutzen kann. Bei einem elektrischen Wirkungsgrad von 15% (relativ tief, wegen tiefem Temperaturniveau) ergibt sich das geschätzte Potenzial (26 GWh), wenn das Kraftwerk das ganze Jahr über störungsfrei betrieben werden kann.

3.4. VERSORGUNGSSICHERHEIT

Die Sicherung der heutigen und zukünftigen Versorgungssicherheit im Elektrizitätsbereich ist bei der Beurteilung eines Ausstiegs des Kantons Schaffhausen aus der Kernenergie ein zentraler Aspekt. Die Versorgungssicherheit muss auch in einem Ausstiegsszenario gewährleistet sein, andernfalls sind betriebs- und volkswirtschaftliche Folgekosten zu erwarten.

Was ist unter Versorgungssicherheit zu verstehen?

Es existieren verschiedene Definitionen der Versorgungssicherheit. Eine Gemeinsamkeit aller Definitionen ist, dass sie die drei Dimensionen zeitliche Verfügbarkeit, Qualität und Kosten erfassen. Die Botschaft zum schweizerischen Stromversorgungsgesetz (Strom VG)⁶ definiert Versorgungssicherheit wie folgt:

Die Versorgungssicherheit ist dann gewährleistet, wenn jederzeit die gewünschte Menge an Energie mit der erforderlichen Qualität (d.h. bei stabiler Spannung und Frequenz) im gesamten Stromnetz zu angemessenen Preisen erhältlich ist.

Versorgungssicherheit erfasst damit die Primärenergien, die Stromproduktion, die Übertragung, den Handel und die Verteilung. Nur im Zusammenspiel dieser Stufen auf nationaler und internationaler Ebene kann Versorgungssicherheit gewährleistet werden. Deshalb lässt sich Versorgungssicherheit auch nicht aus der Optik der Politik eines einzelnen Kantons beurteilen, sondern nur in einem wesentlich umfassenderen Rahmen.

Welche Rolle spielt die Versorgungssicherheit bei der Umsetzung des Kernenergieausstiegs?

Sowohl das gemäss Postulat angestrebte (auf erneuerbaren Energien basierende) wie auch das heutige Stromversorgungssystem (basierend auf Kernenergie) haben beide Vor- und Nachteile hinsichtlich der Versorgungssicherheit (Tabelle 7). Unabhängig davon, für welches Versorgungssystem sich der Kanton Schaffhausen in Zukunft entscheidet – die Versorgungssicherheit ist und bleibt eine Grundvoraussetzung im Gestaltungsprozess. Diese Anforderung als Grund für oder gegen eine Versorgungsvariante aufzuführen, wäre der falsche Ansatz. Die Projektentwickler, Ingenieure oder Systemplaner im Elektrizitätsbereich können unter der Rahmenbedingung einer hohen Versorgungssicherheit verschiedene Stromversorgungs-

⁶ www.admin.ch/ch/d/ff/2005/1611.pdf, S. 1618

varianten umsetzen – genauso, wie ein Architekt trotz Brandschutz- oder Energieanforderungen unterschiedliche Häuser bauen kann.

Die Frage hingegen, ob der Aufwand respektive die Mehrkosten zur Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit bei einem Kernenergieausstieg des Kantons Schaffhausen gegenüber der zu erwartenden Referenzentwicklung unverhältnismässig hoch sind, ist berechtigt. In Bezug auf die Leistungsschwankungen auf der Produktionsseite bringt ein Stromversorgungssystem, welches vermehrt auf erneuerbaren Energien basiert, zusätzliche Herausforderungen und damit Kosten mit sich. In der Einschätzung der Autoren sind diese Mehrkosten im Vergleich zur Referenzentwicklung – in welcher europaweit sowieso ein weiterer Ausbau der erneuerbaren stattfinden wird – überschaubar. Hinweise darauf gibt ein Blick in die umliegende Politiklandschaft: Die Schweiz, die EU und noch stärker einzelne europäische Länder haben teilweise sehr ambitionöse Zielsetzungen zum Anteil von Strom aus erneuerbaren Energiequellen beschlossen (Nitsch 2008, EU Richtlinie 2009/28/EG⁷). Es ist anzunehmen, dass im Zusammenhang mit der sich abzeichnenden gesamteuropäischen Weiterentwicklung des Stromversorgungssystems in Richtung von steigenden Anteilen der fluktuierenden erneuerbaren Energiequellen auch die Verteil- und Übertragungsnetze und die Speicherkapazitäten massiv ausgebaut und angepasst werden. Die Schweiz und auch der Kanton Schaffhausen wird diesbezüglich ebenfalls einen Beitrag leisten müssen. Angesichts des im Vergleich zum nationalen respektive EU-weiten Stromverbrauch geringen Strombedarfs des Kantons Schaffhausen wird sich dieser Beitrag aber mit grosser Wahrscheinlichkeit in Grenzen halten. Wir gehen deshalb nachfolgend davon aus, dass die Mehrkosten zur Sicherstellung der Versorgungssicherheit beim Szenario Kernenergieausstieg des Kantons Schaffhausen im Vergleich zu einem Referenzszenario nicht erheblich sein werden.

7 Z.B. <http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/44741/>

GUNST- UND MINDERUNGSFAKTOREN FÜR DIE VERSORGUNGSSICHERHEIT	
„Kanton Schaffhausen 2010“ Stromversorgungssystem, das stark auf Kernkraftwerke angewiesen ist.	„Kanton Schaffhausen 2040“ Stromversorgungssystem, das stark auf die Nutzung von erneuerbaren Energien setzt.
Energiequellen, Primärenergie	
Hoher Anteil langfristig endlicher Primärenergiequellen (nukleare Energie, Uran)	Langfristig verfügbare Primärenergiequellen (Wasser- und Windkraft, Biomasse, Solarenergie, Geothermie)
Hoher Anteil lagerbare, nach Bedarf einsetzbare Primärenergiequelle (Kernbrennstoff)	Stochastisch respektive saisonal verfügbare Primärenergiequellen
Hoher Anteil importierte Primärenergiequelle (Uran)	Lokal verfügbare Primärenergiequellen
Stromerzeugung, Kraftwerkspark	
„Normaler“ Bedarf an Regel- und Reserveleistung	Hoher Bedarf an Regel- und Reserveleistung
Starke Auswirkungen bei Kraftwerksausfall, hohe Reservenetzkapazität	Weniger starke Auswirkungen bei Kraftwerksausfall (kleinere, dezentrale Einheiten), geringe Reservenetzkapazität
Hohe Betriebszuverlässigkeit und Professionalität bei Unterhalt und Betrieb von Kernkraftwerken	Unterschiedliche Betriebszuverlässigkeit und Professionalität bei Unterhalt und Betrieb von Einzelanlagen
Tiefer Anteil von kantonalen Kraftwerkskapazitäten (tiefer Selbstversorgungsgrad)	Hoher Anteil von kantonalen Kraftwerkskapazitäten (hoher Selbstversorgungsgrad)
Stromübertragung, Stromverteilung	
Lange Transportwege der Energie (Primärenergiequelle und Stromverteilung)	Kurze Transportwege der Energie (Primärenergiequelle vor Ort, regionale Stromverteilung)
<ul style="list-style-type: none"> › Hoher Anteil intelligenter Netzelemente (Smart Grid)⁸ › Gut ausgebaute grenzüberschreitende Netzkapazitäten › Hoher Anteil von grenzüberschreitenden Merchant Lines⁹ 	
<ul style="list-style-type: none"> › Geringer Anteil intelligenter Netzelemente (heutige Situation) <ul style="list-style-type: none"> › Knappe grenzüberschreitende Netzkapazitäten › Tiefer Anteil von grenzüberschreitenden Merchant Lines 	
Energiemarkt, Regulierung	
<ul style="list-style-type: none"> › Wenig liberalisierter Markt mit tiefem Wettbewerbsdruck und hohem Regulierungsgrad › Hohe Marktliquidität des Energiehandels (Stromqualitäten können problemlos am Markt abgesetzt bzw. bezogen werden) 	
<ul style="list-style-type: none"> › Stark liberalisierter Markt mit hohem Wettbewerbsdruck und tiefem Regulierungsgrad › Geringe Liquidität des Energiehandelsmarkts 	
Exogene Faktoren	
<ul style="list-style-type: none"> › Geringe Anzahl Naturkatastrophen (Überschwemmungen, Dürreperioden, Erdbeben etc.) <ul style="list-style-type: none"> › Geringe Klimavariabilität 	
<ul style="list-style-type: none"> › Häufung von Naturkatastrophen (Überschwemmungen, Dürreperioden, Erdbeben etc.) <ul style="list-style-type: none"> › Hohe Klimavariabilität 	

Tabelle 7 Auflistung von Gunstfaktoren (grün eingefärbte Zellen) und Minderungsfaktoren (rot eingefärbte Zellen) im Hinblick auf die Versorgungssicherheit für das heutige (linke Spalte) respektive das gemäss Postulat angestrebte (rechte Spalte) Stromversorgungssystem, gegliedert in fünf Themenbereiche (nicht abschliessende, rein illustrative Aufzählung). Allgemeine Gunst- und Minderungsfaktoren, die für beide Stromversorgungsvarianten gelten, sind in zusammengefassten Zellen aufgelistet.

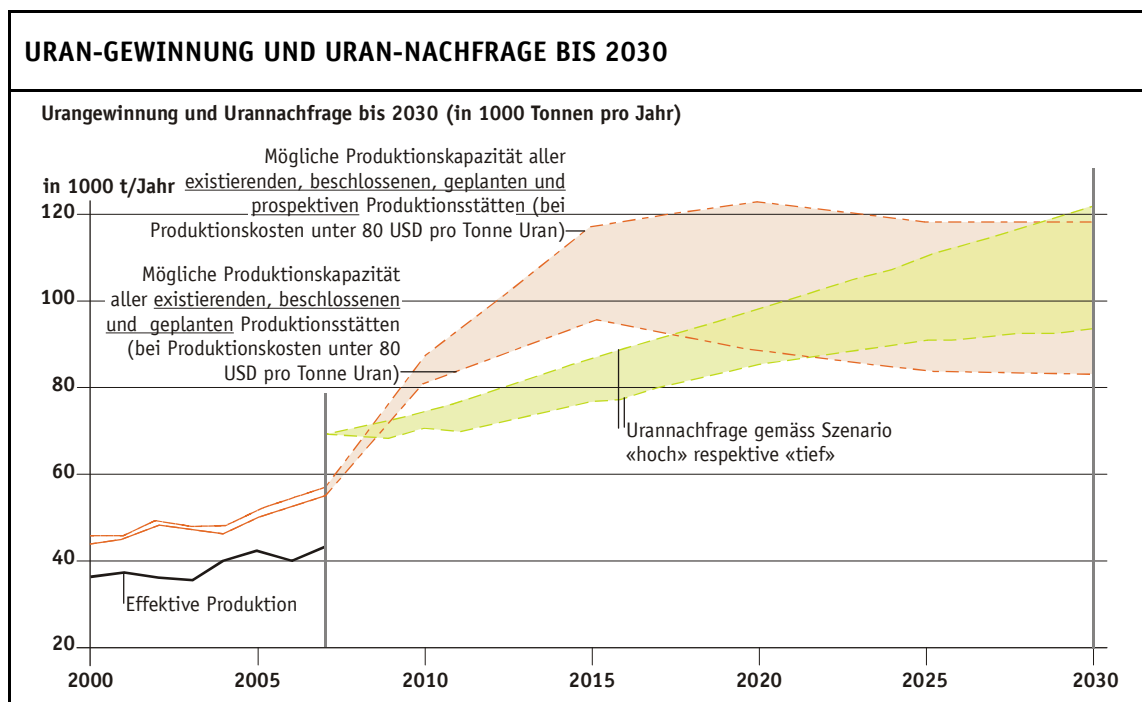
- 8 Ein Netz mit intelligenten, aktiven Komponenten auf allen Netzebenen kann flexibel auf Angebots- (z.B. infolge hoher Anteile Wind- und Solarstrom) und Nachfrageschwankungen reagieren und trägt damit zur Netzstabilität bei.
- 9 Übertragungskapazitäten von Stromproduzenten oder Stromhändlern, die den Regelungen der marktorientierten Zuteilung von Importkapazitäten nicht unterliegen.

3.5. RESSOURCENVERFÜGBARKEIT

Ein fundamentales Element der Versorgungssicherheit ist die langfristige Verfügbarkeit der für die Stromproduktion benötigten Primärenergieträger. Erneuerbare Energiequellen wie Biomasse, Sonnen- und Windenergie haben diesbezüglich klare Vorteile: Sie sind zwar in ihren flächenbezogenen Leistungsdichten begrenzt, sind aber langfristig und nachhaltig nutzbar, solange die ökologischen Potenzialbegrenzungen (Vermeidung von Übernutzung und negativen Nebeneffekten) respektiert werden.

Beim heutigen weltweiten Verbrauch ist die Verfügbarkeit von Uran mittelfristig unkritisch

In der Literatur findet man erhebliche Bandbreiten in den Angaben zu Reichweiten der nuklearen Ressourcen: Aus heutiger Sicht (2010) – also beim heutigen weltweiten Verbrauch – liegen sie zwischen 20 und 200 Jahren. Eine gesicherte Einschätzung ist deshalb kaum möglich. Sicher ist, dass sich Preissteigerungen positiv auf die Förderung von Uran auswirken werden, weil sich in diesem Fall auch kostenintensivere Fördermethoden und Abbaustandorte zu lohnen beginnen. Trotzdem: Wie beim Erdöl wird auch beim endlichen Rohstoff Uran der Punkt erreicht werden, an dem die Nachfrage die Fördermengen übertreffen wird („Peak-Uran“).



Figur 15 Quelle IAEA/OECD 2008. Die Angaben schliessen alle existierenden, beschlossenen, geplanten und prospektiven Produktionsstätten bei Gewinnungskosten von weniger als 80 USD/t Uran ein. Die Grafik zeigt, dass unter den

gegebenen Annahmen bereits in rund 20 Jahren die Nachfrage die Produktionskapazitäten übersteigen könnte. Dann allerdings würde der Uranpreis ansteigen – mit positiver Wirkung auf die Produktionskapazitäten (kostenintensivere Produktionsstätten werden wirtschaftlich).

Neben den physikalischen Verfügbarkeitsrisiken sind politische Lieferrisiken zu beachten, welche die Verfügbarkeit von Uran negativ beeinflussen. Die Brennelemente für die Schweizer Kernkraftwerke werden durch wenige Grosskonzerne hergestellt. Gemäss IAEA stammt das von diesen Lieferanten verwendete Natururan aus Minen in Australien, Kanada, den ehemaligen Sowjetrepubliken, Gabun und Südafrika (Greenpeace 2010). Ein Teil des Natururans stammt damit aus politisch instabilen Gegenden mit entsprechenden Lieferrisiken. Allerdings hat jeder Brennelementlieferant diversifizierte Bezugskanäle, weshalb wir diesen Aspekt als wenig kritisch erachten.

Zentral ist nicht die mittelfristige, sondern die langfristige Ressourcenverfügbarkeit

INFRAS geht davon aus, dass die physische Knappheit der Ressource Uran innerhalb der nächsten Kraftwerksgeneration noch nicht ein entscheidendes Problem darstellen wird, da ein Preisanstieg für Uran sich theoretisch wieder positiv auf die Erschliessungsaktivitäten auswirkt, falls die entsprechenden Investitionen in die Exploration getätigt werden und auch die Lieferrisiken mittelfristig kein zentrales Problem für die Versorgungssicherheit darstellen. Aus dieser Sicht könnte die Kernenergie zur Deckung des Elektrizitätsbedarfs bis 2040 und vermutlich auch darüber hinaus weiterhin genutzt werden, ohne massive Verfügbarkeitsprobleme zu befürchten. Prognosen für die Zeit nach 2040 sind allerdings sehr unsicher, weil heute noch unklar ist, wie sich die weltweite Nachfrage nach Uran entwickeln wird.

Zentral sind aber zwei ganz andere Punkte: Erstens – und das ist der wichtigste Punkt – muss sich die Politik der Tatsache bewusst sein, dass langfristig ein Umbau der Elektrizitätsproduktion unausweichlich ist, weil diese unmöglich auf endlichen Energieträgern basieren kann. Und zweitens sollte die Politik in ihren Entscheiden zum Umbau des Energiesystems berücksichtigen, dass in allen Prognosen zu den Reichweiten der nuklearen Ressourcen grosse Unsicherheiten und damit Risiken liegen.

Bei der Strategiewahl spielt daher auch der Aspekt der Vorsorge eine wichtige Rolle. Der unveränderte (oder bei einem Ausbauszenario sogar zukünftig ansteigende) Einsatz von Kernenergie könnte den Umbau des Energiesystems in Richtung erneuerbare Energien deutlich verzögern, da Investitionsmittel in massivem Ausmass langfristig an die Kernenergie gebunden werden.

3.6. WEITERE RISIKOFAKTOREN

Nach den Diskussionen zur Ressourcenverfügbarkeit und zur Versorgungssicherheit stellt sich die Frage, welche (weiteren) allgemeinen Risikofaktoren in Bezug auf die Entscheidung für oder gegen einen Kernenergieausstieg eine Rolle spielen. Diese werden in den folgenden beiden Unterkapiteln grob-qualitativ diskutiert.

3.6.1. STROMVERSORGUNGSSYSTEM, DAS WEITGEHEND AUF ERNEUERBAREN ENERGIEN BASIERT

Der für den Kernenergieausstieg erforderliche Umbau des Schaffhauser Stromversorgungssystems bedingt einerseits eine konsequente Umsetzung des Stromeffizienzziels (Kapitel 3.1) und andererseits eine massive Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien im Schaffhauser Stromliefermix (durch Bau von Stromerzeugungsanlagen und den Zukauf von Strom aus der Schweiz respektive dem Ausland, Details zu möglichen Umsetzungsstrategien siehe Kapitel 4). Daraus können sich technologie- und kostenbezogene, aber auch politische Umsetzungsrisiken ergeben.

Technologiebezogene Risiken

- › Die Technologien zur Steigerung der Stromeffizienz sind heute weitgehend vorhanden und erprobt.
- › Die technologischen Risiken bei Windkraft-, Biomasse- und Solaranlagen sind gering, weil diese bereits heute relativ häufig zur Anwendung kommen und sich über mehrere Jahre bewährt haben.
- › Eine mögliche Stromerzeugung mit tiefer Geothermie ist mit grossen Unsicherheiten behaftet (v.a. Hot-Dry-Rock Verfahren). Ob die Technik und das Umfeld mittelfristig (ab ca. 2030) tatsächlich bereit sind, um eine kommerzielle, grossmasstäbliche Nutzung der Geothermie zur Stromproduktion in der Schweiz zu ermöglichen, ist fraglich. Falls dem nicht so wäre, würde sich das geschätzte Gesamtpotenzial der erneuerbaren Energien (413 GWh; Kapitel 3.3) im Jahr 2040 allerdings nur um 26 GWh (6 Prozent) reduzieren.

Kostenbezogene Risiken

- › Ein wichtiger Risikofaktor stellt die Entwicklung der Stromgestehungskosten von Stromerzeugungsanlagen (Sonne, Wind, Biomasse) im Kanton Schaffhausen dar. Vor allem Strom aus lokalen Solarstromanlagen muss massiv günstiger werden, damit wesentliche Teile des ausgewiesenen Gesamtpotenzials (100 GWh Strom aus Solarstromanlagen) ausgeschöpft

werden können. Verschiedene Studien (u.a. INFRAS/TNC 2010, SRU 2010) gehen allerdings davon aus, dass lokal produzierter Solarstrom mittelfristig (je nach Quelle zwischen 2015 und ca. 2035) Netzparität¹⁰ erreicht. Die zugrunde gelegte Lernkurve wird gemäss diesen Studien vor allem getrieben durch die rasche Zunahme des Marktvolumens („economies of scale“), die Optimierung der industriellen Fertigungsprozesse, die Verbesserung der Modulwirkungsgrade, der technologische Fortschritt auf System- und Komponentenebene sowie die Kostenreduktionen im Installationsbereich (Wettbewerb). Die anderen Produktionstechnologien (Biomasse, Wind) sind weniger kritisch, da wir von deutlich geringeren Anteilen im Produktionsmix ausgehen (siehe Kapitel 5).

- › Verfügbarkeit des Angebots: Aufgrund der vermutlich weiter steigenden Nachfrage nach Strom aus erneuerbaren Energien wird die Konkurrenz in Europa stetig zunehmen. Falls der Ausbau der entsprechenden Stromerzeugungskapazitäten gleichzeitig zu wenig stark forciert wird, werden die Preise für erneuerbaren Strom aus der Schweiz respektive der EU ansteigen. Die weitere Entwicklung hängt in hohem Masse von den politischen Stossrichtungen und den Zielen der europäischen Länder betreffend Stromproduktion aus erneuerbaren Energien ab.

Umweltbezogene Risiken

Die umweltbezogenen Risiken eines auf erneuerbare Energien ausgerichteten Stromversorgungssystems sind im Vergleich zu den damit verbundenen Chancen insgesamt eher gering. Mögliche Risiken sind:

- › Ressourcen: Verschiedener Ressourcen (Bsp. Biomasse, Grundwasserressourcen, seltene Metalle, Materialien für Stromspeicher oder Photovoltaik etc.) könnten kurz- oder langfristig knapp werden, auch unter Berücksichtigung von optimierten Rezyklierungsprozessen. Zusätzlich können neue Massenprodukte belastende Stoffflüsse bewirken (Bsp. Reststoffe Photovoltaik, Stromspeicher).
- › Biodiversität, Landschaft und Landnutzung: Eine massiv verstärkte, nicht nachhaltig orientierte Nutzung von Biomasse kann zu einem Verlust an Biodiversität führen. Der starke Ausbau von Wind- und Solaranlagen (v.a. Freiflächenanlagen) kann das Landschaftsbild beeinträchtigen.
- › Ionisierende Strahlung: Die zu erwartende stärkere Vernetzung der Stromverbraucher zur Sicherstellung der Netzstabilität bei einem hohen Produktionsanteil an fluktuierenden er-

¹⁰ Gemeint ist die Netzparität aus Sicht des Endverbrauchers, also wenn selbst produzierter Solarstrom dieselben Kosten je kWh verursacht wie der Einkauf von einem Elektrizitätsversorger.

erneuerbaren Energiequellen könnte zu einer erhöhten Belastung durch nicht-ionisierende Strahlung führen.

Politische Risiken

- › Der Weg zum Kernenergieausstieg wird wahrscheinlich einen Volksentscheid im Kanton Schaffhausen erfordern. Dies kann die Umsetzung verzögern respektive verhindern.
- › Verzögerungen sind auch möglich, weil der Kanton Schaffhausen in seiner direkten Einflussnahme eingeschränkt ist: Beispielsweise sind die Verschärfung der Mindestvorschriften (Geräte, Anlagen, Beleuchtung) und die Einführung einer nationalen Stromlenkungsabgabe von zentraler Bedeutung für eine massive Stromeffizienzsteigerung, welche wiederum einen wichtigen Beitrag zu einem erfolgreichen Kernenergieausstieg des Kantons leistet. Vor allem im Hinblick auf eine allfällige Stromlenkungsabgabe stellt sich die Frage, ob die rechtzeitige Einführung einer ausreichend hohen Abgabe politisch umgesetzt werden kann (siehe auch Massnahmenplan in Kapitel 6.2).
- › Bei vielen Projekten von Stromerzeugungsanlagen zur Nutzung erneuerbarer Energie ist mit Widerstand aus der Bevölkerung zu rechnen, welcher den Ausbau verzögern kann. Es wird sich zeigen, inwiefern die Schaffhauser bereit sind, im Rahmen einer Grundsatzentscheidung für einen Kernenergieausstieg bei solchen Ausbauprojekten vermehrt Kommissbereitschaft zu zeigen.
- › Der mögliche Zubau von Kernkraftwerken in der Schweiz ist für die weitere Entwicklung der erneuerbaren Energien ebenfalls kritisch: Die Umstellung auf ein Stromversorgungssystem, das weitgehend auf erneuerbaren Energien basiert, wird sich stark verzögern, wenn sich die Schweiz für neue grosse und langlebige (Zeithorizont 2030 bis 2080) Kernkraftkapazitäten entscheidet.

3.6.2. STROMVERSORGUNGSSYSTEM, DAS WEITGEHEND AUF KERNENERGIE BASIERT

Entscheidet sich der Kanton Schaffhausen gegen einen Kernenergieausstieg, wird Strom aus Kernkraftwerken weiterhin eine zentrale Rolle spielen.

Technologiebezogene Risiken

- › Die heute im Betrieb stehenden Kernkraftwerke sind technologisch ausgereift. Folgende Generationen hätten diesbezüglich Vorteile, wenn bei neuen Kraftwerken auf die bereits erprobten Kraftwerkstypen gesetzt würde.
- › Im Fall von neuen, noch unerprobten oder stark abgeänderten Kraftwerkstypen dürften die technologischen Risiken höher liegen.
- › Ein weiteres technologiebezogenes Risiko liegt in der Systemkomplexität: Obwohl die einzelnen Funktionen und Elemente eines Kernkraftwerks schon seit längerer Zeit zum Stand der Technik gehören, bringt das Gesamtsystem (Kraftwerk in seiner Umgebung) Risiken mit sich, welche auch nach 40 Jahren Betriebserfahrung noch nicht vollständig unter Kontrolle sind (Ereignis-Verkettungen).
- › Nicht zuletzt ist die Entsorgung bzw. die Endlagerung der radioaktiven Abfälle nach wie vor ungelöst (vgl. WBGU 2003). Tauchen bei der Endlagerung ernsthafte Probleme auf, kann das unabsehbare Folgen für viele Nachfolgenerationen bedeuten. Obwohl in den letzten 50 Jahren unzählige wissenschaftliche Arbeiten zu dieser Problematik durchgeführt wurden, existiert weltweit noch kein betriebsbereites Endlager für ausgediente Brennelemente, die nicht wiederaufbereitet, sondern direkt endgelagert werden sollen.

Kostenbezogene Risiken

- › Erstens werden die tatsächlichen Kosten der Erstellung von Kernkraftwerken (Finanzierung und Bau) generell stark unterschätzt (vgl. Citigroup 2009, Müller 2009, Irrek 2009). Zudem weisen die Schätzungen für die Stilllegungs- und Entsorgungskosten eine grosse Bandbreite auf. Es ist anzunehmen, dass die Sicherheits- und Entsorgungskosten aufgrund steigender Anforderungen in Zukunft deutlich zunehmen werden (vgl. z.B. The Keystone Center 2007). Die erwartete Verknappung des Urans bedeutet ein weiteres Kostenrisiko, welches aus heutiger Sicht aber nicht so stark ins Gewicht fällt, weil die Urankosten einen relativ tiefen Anteil an den Gesamtkosten ausmachen.
- › Zweitens sind Kernkraftwerke angesichts der bestehenden Unfallrisiken (v.a. eines „grössten anzunehmenden Unfalls“, GAU) bekanntermassen unterversichert. Die obligatorische Versicherungssumme wurde von 1 Mia. Fr. auf 1.8 Mia. Fr. erhöht. Dieser Versicherungssumme stehen mögliche monetarisierte Schäden bis zu einer Höhe von 4300 Mia. Fr. gegenüber (B,S,S. 2009). Das verbleibende Risiko trägt der Staat bzw. die Gesellschaft. Unter Berücksichtigung der effektiven Risiken müssten die Haftungssummen für Kernkraftwerk-Betreiber damit deutlich erhöht werden. Die heute nicht gedeckten Risiken entsprechen

externen Kosten, welche je nach Schätzansatz in einer sehr signifikanten Grössenordnung liegen können (vgl. Ecoplan 2007).

- › Drittens ist Die effektiven Kosten der Endlagerung sind daher sehr schwierig abschätzbar, insbesondere weil noch kein betriebsbereites Endlager existiert (siehe oben). Entsprechend schwanken die verfügbaren Zahlen in einem weiten Bereich. Während für das deutsche Endlager für schwache und mittelradioaktive Abfälle bis zum Ende der Betriebsdauer im Jahr 2080 Gesamtkosten von ca. 5 Mia. € angesetzt werden, werden die Gesamtkosten für US-amerikanische Pilotprojekte für mittelradioaktive Abfälle (die nur wenig Wärme produzieren) bis Betriebsende im Jahr 2070 auf mehr als 10 Mia. € geschätzt (Schneider et al. 2009). Für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle liegen noch keine vergleichbaren Zahlen vor. Ebenfalls ungeklärt ist die Frage, wer die möglichen Mehrkosten für die Erneuerung, Instandhaltung und dauernde Überwachung der Endlagerstätten bezahlen muss. Dies kommt einem weiteren finanziellen Risiko gleich.
- › Viertens sind mit der Nutzung der Kernenergie weitere externe Kosten verbunden, deren Schätzung jedoch mit grossen Unsicherheiten verbunden ist. Studien für die Schweiz schätzen die externen Kosten der Elektrizitätsproduktion aus Kernkraftwerken auf 0.2 Rp./kWh bis 35.7 Rp./kWh (Ecoplan 2007). Von Relevanz sind Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit, der Umwelt (Boden, Wasser, Luft, Vegetation, Tiere, Biodiversität) und des Landschaftsbildes (INFRAS/econcept/Prognos 1996).
- › Fünftens sind die Betreiber der Kernkraftwerke bei der Beschaffung des Brennstoffs völlig vom Ausland abhängig (wie das auch bei der Versorgung der Schweiz mit fossilen Energien der Fall ist). Angesichts der langfristig anzunehmenden Verknappung des Urans stellt der Import der notwendigen Brennstoffmenge einen weiteren Risikofaktor dar.
- › Sechstens besteht ein grosses Kostenrisiko bei der langfristigen Entwicklung der Marktpreise für Strom und dem Angebot an erneuerbarem Strom. Neue Kernkraftwerke sind erst bei langen Laufzeiten von mehreren Jahrzehnten wirtschaftlich. Die Gesteungskosten der Energie sind dabei zum allergrössten Teil durch die Kapitalkosten vorgegeben. Bei einem dynamischen, durch das internationale Marktumfeld geprägten Ausbau der erneuerbaren Energien kann es (z.B. an sonnigen Tagen) zu einem Überangebot auf der Produktionsseite kommen. Bei einer Einspeisepriorität für erneuerbare Energien müssten Kernkraftwerke dann gedrosselt oder abgestellt werden, womit die durchschnittlichen Stromgestehungskosten dieser Anlagen (die zum grössten Teil durch Kapitalkosten bestimmt werden) stark ansteigen würden.

Umweltbezogene Risiken

Die aus der Kernenergienutzung resultierenden Risiken auf Mensch (Gesundheit) und Umwelt (Boden, Grundwasser, Binnengewässer, Meere, Luft, Vegetation, Tiere und Biodiversität) umfassen vor allem die durch die Nutzung der Kernenergie (von der Extraktion des Urans bis zur Wiederaufbereitung) verbundene Freisetzung radioaktiver Strahlung (vgl. WBGU 2003), die durch einen Unfall (v.a. eines „grössten anzunehmenden Unfalls“, GAU) verbreitende radioaktive Strahlung und die mögliche Kontaminierung des Bodens und des Grundwassers durch die Lagerung radioaktiver Abfälle. In den Fällen der Kontamination durch radioaktive Strahlung werden Menschen und betroffene Ökosysteme direkt beeinträchtigt (Krankheiten, Erbschäden). Für ein kleines Land wie die Schweiz wären die Auswirkungen eines GAU volkswirtschaftlich nur schwer verkraftbar. In Mühleberg beispielsweise müsste ein grosses, heute nicht genau bestimmbares Gebiet evakuiert und vorübergehend zur Sperrzone erklärt werden: In den Gefahrenzonen wären über 100 Gemeinden und fast eine halbe Million Menschen betroffen (Tagesanzeiger, 15. März 2011). Weil die Evakuierung von so vielen Menschen innert weniger Stunden nicht durchführbar wäre, gibt es für solche Fälle keine Evakuationspläne.

Politische Risiken: Umsetzbarkeit

In der Schweiz entscheidet die Bevölkerung an der Urne über neue Kernkraftwerke. Die Referendumsabstimmung war vor dem Unfall in Fukushima für 2013 oder 2014 geplant. Mittlerweile zeichnet sich ab, dass sich dieser Zeitplan kaum einhalten lassen wird – die Projekte stehen vorläufig auf Eis. Es besteht das Risiko, dass neue Kernkraftwerke nicht gebaut werden können oder dass sich deren Bau mindestens um Jahre verzögert. Zu berücksichtigen sind zudem ein allfälliger lokaler Widerstand und mögliche Verzögerungen bei Bau- und Betriebsbewilligungen. Die Verzögerungen könnten dazu führen, dass neue Kernkraftwerke kaum vor 2030 in Betrieb gehen würden.

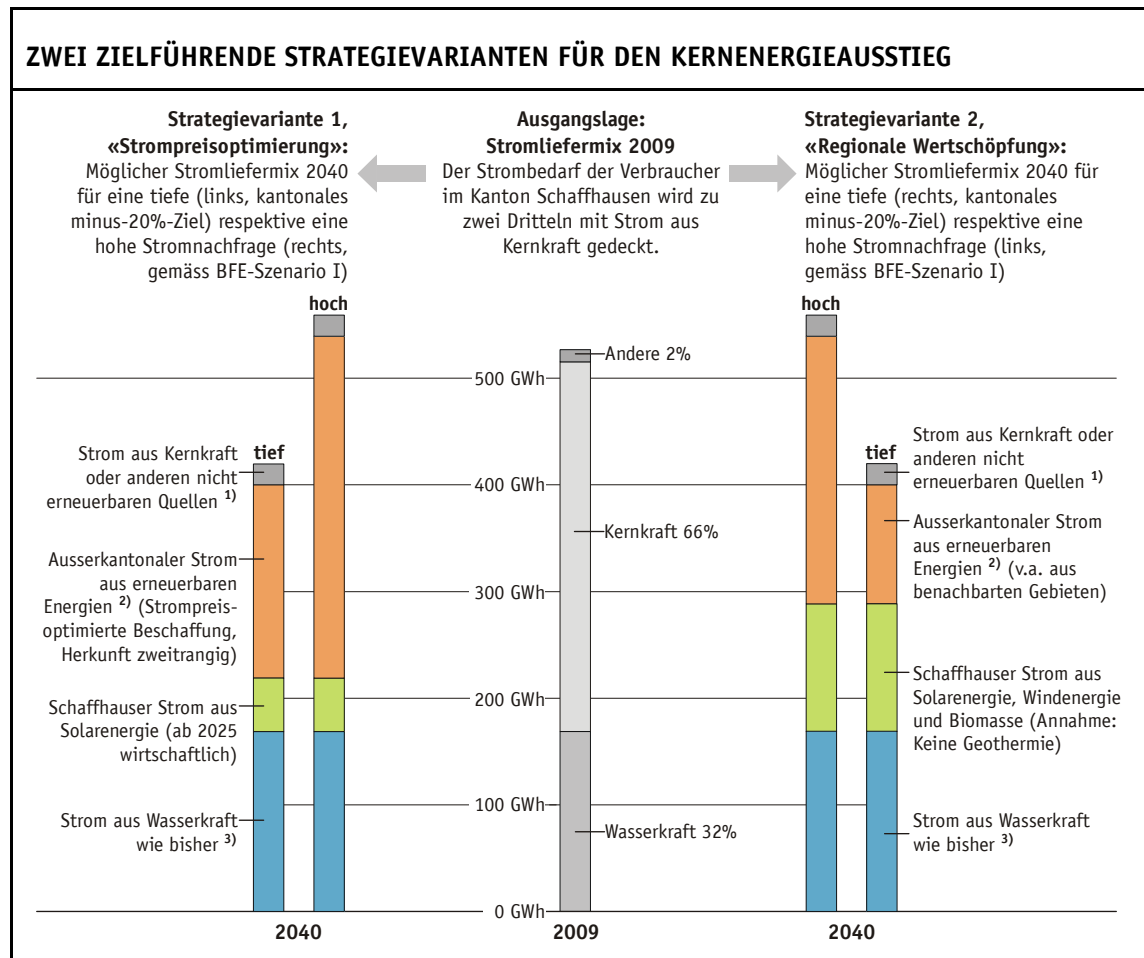
4. STRATEGIEVARIANTEN UND OPTIONEN ZUR UMSETZUNG

4.1. ZWEI STRATEGIEVARIANTEN FÜR DEN KERNENERGIEAUSSTIEG

Der kantonale Kernenergieausstieg ist geschafft, wenn der direkte Elektrizitätsbedarf aller Schaffhauser Stromverbraucher in der Jahresbilanz mit Strom gedeckt wird, der nachweislich nicht aus Kernkraftwerken stammt (Definition gemäss Abschnitt 2.1). Unter Berücksichtigung heutiger und zu erwartender Strommarkt-Spielregeln (siehe Abschnitt 2.2) können zwei Strategievarianten für den Kernenergieausstieg identifiziert werden (Tabelle 8).

KERNENERGIEAUSSTIEG DES KANTONS SCHAFFHAUSEN – ZWEI STRATEGIEVARIANTEN	
Strategievariante 1: „Strompreisoptimierung“	Strategievariante 2: „Regionale Wertschöpfung“
<p>Leitidee Stromintensive Betriebe aus Industrie und Gewerbe und zum Teil auch kleine (private) Stromverbraucher reagieren auf die Anstrengungen des Kantons, Stromaufpreise mit der Notwendigkeit zum nachhaltigen Umbau des Stromversorgungssystems zu erklären, mit Unverständnis und Widerstand: Sie setzen sich vehement gegen Preiserhöhungen ein und kaufen konsequent den günstigsten Strom ein, der auf dem Markt erhältlich ist.</p>	<p>Leitidee Die Grundidee eines Kernenergieausstiegs stösst auf eine breite Akzeptanz. Diese baut unter anderem auf die Annahme, dass ein lokaler Ausbau der Stromerzeugungskapazitäten zur regionalen Wertschöpfung beiträgt. Der Kanton Schaffhausen möchte ein Signal dagegen setzen, dass wiederholt riesige Kapitalsummen für mehr als 40 Jahre an eine Technologie gebunden werden, die irgendwann – wenn vielleicht auch erst in 50 oder noch mehr Jahren – sowieso nur noch eine marginale Rolle spielen wird. Die Signalwirkung richtet sich auch gegen die betriebswirtschaftlich ungedeckten Risikokosten der nuklearen Stromerzeugung, welche die Gesellschaft zu tragen hat.</p>
<p>Kernpunkte der Strategievariante 1 Im beschriebenen Umfeld sind möglichst tiefe Strompreise der Schlüssel für den Erfolg des Kernenergieausstiegs: Je günstiger der Strom aus erneuerbaren Energien angeboten werden kann, desto besser. Ziel müssen Aufpreise von unter 1 Rp./kWh sein (gegenüber der Referenzentwicklung), damit diese von einer Mehrheit der Stromverbraucher akzeptiert werden. Weil der Ausbau der lokalen Stromerzeugungskapazitäten kurz- und mittelfristig zu höheren Strompreisen führen würde, konzentrieren sich die kantonalen Energieversorger in der Strategievariante 1 hauptsächlich auf den Einkauf von günstigem erneuerbarem Strom von ausserhalb des Kantons Schaffhausen.</p>	<p>Kernpunkte der Strategievariante 2 Im beschriebenen Umfeld ist ein nachhaltiger Umbau des Schaffhauser Stromversorgungssystems möglich. Die durch Bewusstseins- und Marketingkampagnen sensibilisierten Stromverbraucher zeigen eine höhere Zahlungsbereitschaft für ökologisch produzierten, regionalen Strom. Die kantonalen Stromversorger forcieren den regionalen Ausbau der Erzeugungskapazitäten. Stark belasteten Verbrauchern (stromintensive Betriebe, Haushalte mit tiefem Einkommen) bieten sie preisoptimierte Stromprodukte an (siehe Strategievariante 1). Ausserdem greift der Kanton in Härtefällen unterstützend ein.</p>

Tabelle 8 Zwei Strategievarianten für den Kernenergieausstieg, Leitideen und Kernpunkte.



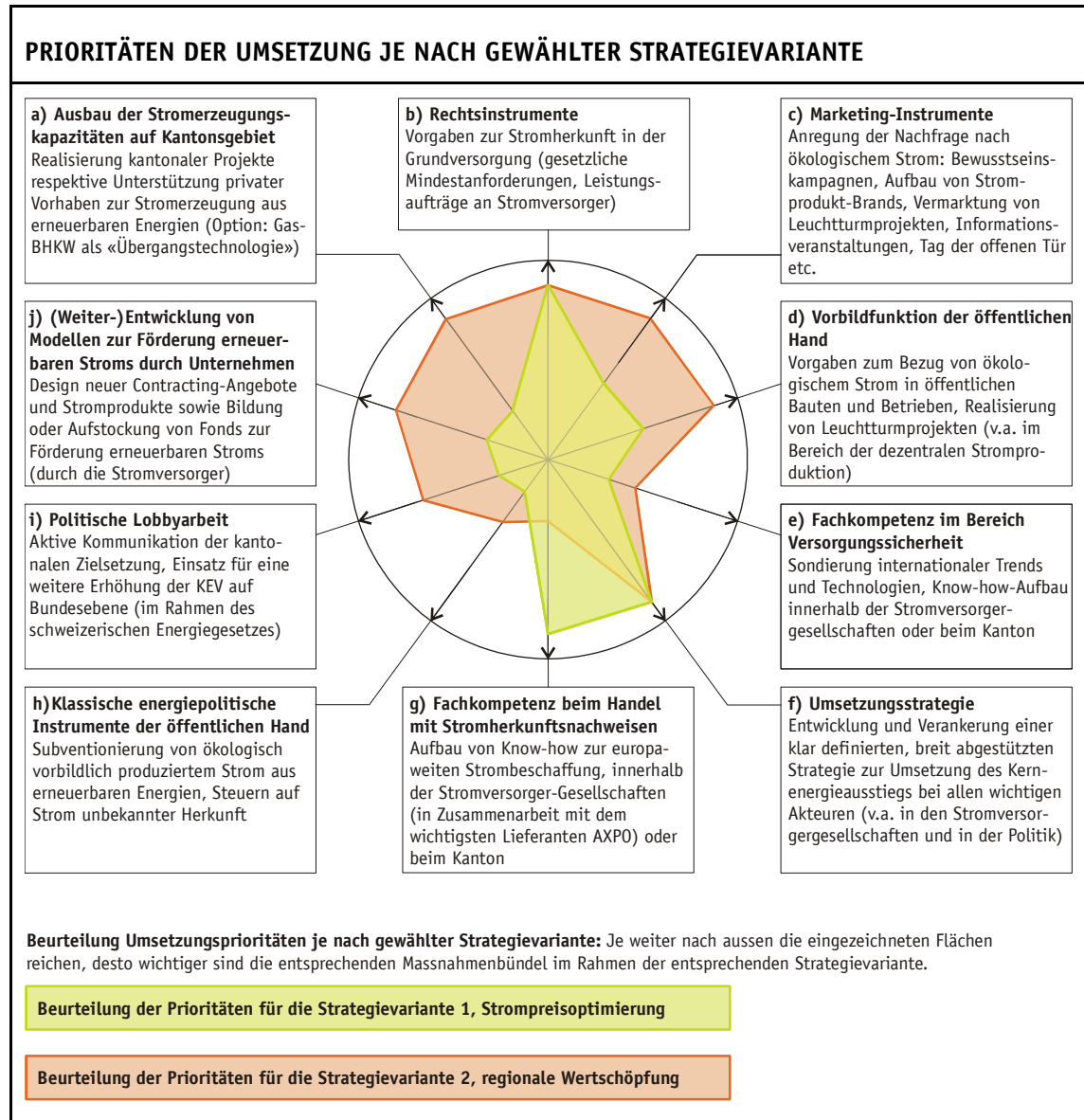
Figur 16 Möglicher Stromliefermix 2040 – je nachdem, welche Strategievariante der Kanton Schaffhausen wählt (dargestellt für jeweils zwei verschiedene Entwicklungen der Stromnachfrage). Bei den erneuerbaren Energien wird dabei davon ausgegangen, dass bis 2040 rund 50% der Potenziale ausgeschöpft werden können, wenn der Ausbau forciert wird (mit Ausnahme der Geothermie, deren Entwicklungspotenzial aus heutiger Sicht noch nicht abgeschätzt werden kann).
 1) Ganz auszuschliessen wird der Bezug von nicht erneuerbarem Strom wahrscheinlich auch in 30 Jahren nicht sein, unter anderem wegen der Strommarktliberalisierung (freie Wahl des Stromprodukts). Der Kanton Schaffhausen hat mehrere Möglichkeiten, mit diesem „Restanteil“ umzugehen (Kapitel 4.2.3).
 2) Gegenüber 2009 zusätzlich importierter Strom aus Wasserkraft respektive neuen erneuerbaren Energien.
 3) Es wird bei beiden Strategievarianten angenommen, dass die 2009 abgesetzte Menge an Strom aus Wasserkraft auch 2040 noch geliefert werden kann.

4.2. UMSETZUNG DER STRATEGIEVARIANTEN

4.2.1. ÜBERSICHT UND IDENTIFIKATION VON PRIORITÄTEN

Der Kanton Schaffhausen kann auf Basis der beiden Strategievarianten für den Kernenergieausstieg eine definitive Umsetzungsstrategie festlegen. Für die Auswahl geeigneter Massnahmen gilt es dann, diese konsequent auf die Umsetzungsstrategie auszurichten und klare Prioritäten zu setzen. Dieser Abschnitt will aufzeigen, welche Art von Massnahmen für die beiden präsentierten Strategievarianten (Abschnitt 4.1) wichtig sind. Die Darstellung hat

keinen Anspruch, einen umfassenden Massnahmenkatalog zu präsentieren. Die Prioritäten bei der Umsetzung werden anhand von zehn ausgewählten, grob definierten Massnahmenbündeln identifiziert (Figur 17).



Figur 17 Prioritäten der Umsetzung des Kernenergieausstiegs je nach gewählter Strategievariante („Strompreisoptimierung“ respektive „Regionale Wertschöpfung“). Aufgezeigt sind zehn mögliche Massnahmenbündel (nicht abschliessende Darstellung), die je nach gewählter Strategievariante unterschiedliches Gewicht haben (je weiter nach aussen die eingezeichneten Flächen reichen, desto wichtiger sind die entsprechenden Massnahmenbündel).

Die grob-qualitative Analyse in Figur 17 lässt vier Schlussfolgerungen zu:

- › **Alle wichtigen Akteure müssen mit ins Boot.** Die Verankerung und Kommunikation einer klar definierten und breit abgestützten Umsetzungsstrategie – vor allem innerhalb der Stromversorgergesellschaften (Eigentümerstrategie), aber auch in der Politik (Ziele in Kantonsverfassung oder Energiegesetz) und bei den Schaffhauser Stromverbrauchern – bildet die Grundlage für die Umsetzung des Kernenergieausstiegs, und zwar unabhängig von der gewählten Strategievariante.
- › **Die Umsetzung des Kernenergieausstiegs erfordert rechtliche Abklärungen.** Falls es um- und durchsetzbare Rechtsinstrumente gibt, welche Vorgaben zur Herkunft des an die Schaffhauser Verbraucher gelieferten Stroms (teilweise) ermöglichen, sollte der Kanton Schaffhausen diese im Detail untersuchen. Im Rahmen der Arbeiten zu dieser Studie hat der Kanton Schaffhausen deshalb ein Rechtsgutachten in Auftrag gegeben (Walder Wyss 2011).
- › **Für die Strategievariante „Strompreisoptimierung“ ist zusätzliche marktrechtliche Fachkompetenz im europaweiten (und allenfalls internationalen) Handel mit Stromherkunftsnachweisen wichtig.** Im dynamischen wirtschaftlichen und rechtlichen Umfeld muss deshalb innerhalb der Stromversorger-Gesellschaften und allenfalls in Zusammenarbeit mit dem wichtigsten Stromlieferanten AXPO (der heute 80% des im Kanton Schaffhausen verbrauchten Stroms liefert) spezifisches Know-how zur Beschaffung von Herkunftsnachweisen aufgebaut werden. Diese werden entweder direkt (reiner Handel) oder über Direktinvestitionen oder Beteiligungen an Projekten zum Ausbau der Produktionskapazitäten im Ausland beschafft.
- › **Für die Strategievariante „Regionale Wertschöpfung“ muss sich der Kanton Schaffhausen in wesentlich mehr Bereichen intensiv engagieren.** Nachfrageseitig bedingt diese Strategievariante vermehrt Massnahmen im Bereich Marketing (unter anderem Bewusstseinskampagnen, Vermarktung von Leuchtturmprojekten) sowie Massnahmen zur Stärkung der Vorbildfunktion der öffentlichen Hand (beispielsweise Vorgaben zum Strombezug von öffentlichen Verbrauchern, Realisierung von Leuchtturmprojekten). Angebotsseitig liegen die Prioritäten beim regionalen Ausbau von Stromerzeugungskapazitäten. Dieser muss stark forciert werden – unter anderem mit Projekten des Kantons sowie kantonaler Unterstützung bei privaten Vorhaben, aber auch über zielorientierte Massnahmen der Stromversorgergesellschaften (beispielsweise die Schaffung oder Aufstockung von speziellen Fonds zur Förderung von neuen Produktionsanlagen oder die Stärkung des Angebots von Contracting-Lösungen für Kleinproduzenten).

Exkurs zur Rolle von Strom aus fossil-thermischen Kraftwerken

Das Postulat „Ausstieg aus der Atomenergie“ des Kantonsrats verlangt, den Kernenergieausstieg bis 2040 allein durch die Substitution mit regenerativen Energien zu realisieren. Die Gestaltung der vergleichsweise langen Übergangsphase (30 Jahre) lässt das Postulat allerdings bewusst offen. In diesem Sinne steht eine mögliche Beschaffung von Strom aus fossil betriebenen Kraftwerken oder deren Zubau auf dem Kantonsgebiet (vor allem gasbetriebene Blockheizkraftwerke, BHKW) nicht in direktem Widerspruch zum Postulat, weil diese Massnahmen mit Blick auf das langfristige Ziel als *befristeter Zwischenschritt* durchaus denkbar und allenfalls sogar erforderlich sind; zum Beispiel, um Angebotsengpässen und Netzregulierungsproblemen vorzubeugen. Die gesetzlichen Rahmenbedingungen für den Zubau sind allerdings schon heute relativ streng: Gemäss schweizerischem CO₂-Gesetz besteht eine vollständige Kompensationspflicht für die Emissionen von neu erstellten, fossil betriebenen Grosskraftwerken und die Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKEN 2008) schreiben eine vollständige Wärmenutzung bei BHKW-Anlagen vor.

4.2.2. RECHTLICHE UMSETZUNG

Mit einem guten Kommunikationskonzept sowie Unterstützungsmassnahmen für Härtefälle (v.a. stromintensive Betriebe und Haushalte mit geringem Einkommen) kann juristischen Auseinandersetzungen vorgebeugt werden. Trotzdem muss der Kanton Schaffhausen bei einem Entscheid für den Kernenergieausstieg gut vorbereitet sein, damit das Vorhaben nicht juristisch aufläuft. Im Rahmen der vorliegenden Studie konnten keine vertieften rechtlichen Abklärungen durchgeführt werden. Der Kanton Schaffhausen hat deshalb ein Rechtsgutachten in Auftrag gegeben, welche die wichtigsten juristischen Fragen im Detail beleuchtet (Walder Wyss 2011).

4.2.3. OPTIONEN ZUR KOMPENSATION

Wie viele Stromkunden im Fall von steigenden Strompreisen in den freien Markt wechseln werden (sobald die Möglichkeit dazu besteht), kann nicht genau abgeschätzt werden. Aus heutiger Sicht dürften solche Wechsel aber relativ selten sein, solange sich Strompreiserhöhungen in Grenzen halten. Insbesondere bei Haushalten sowie kleinen und mittleren Betrieben ist das Risiko relativ gering, weil diese für einen Wechsel selber aktiv werden müssten. Erfahrungen beim Wechsel auf ein neues Stromstandardprodukt in der Stadt Zürich (2006) zeigen, dass die Möglichkeit zum aktiven Wechsel kaum genutzt wurde. Ähnliches – und hier geht es um wesentlich mehr Geld – gilt auch für die Möglichkeit zum Wechsel der Grundversicherung (Krankenkasse).

Kombination aus Marketing-Massnahmen und Kompensationszahlungen

Die Stromherkunft bei Kunden, die den freien Marktzugang nutzen, kann nicht direkt gesteuert werden. Wir sehen aber trotzdem Möglichkeiten, wie der Kanton diese beeinflussen könnte. Im Vordergrund stehen dabei flankierende Massnahmen wie eine intensive und wirkungsvolle Informations- und Bewusstseinsarbeit, insbesondere durch gezielte Marketinganstrengungen der Stromversorger. Damit erfolgt auch ein Appell an die Eigenverantwortung der Marktakteure. Zusätzlich hat der Kanton Schaffhausen die Möglichkeit, die „grauen Stromanteile“ mit unbekannter Herkunft durch Beschaffung und Löschung von entsprechenden Mengen an „grünen“ Herkunftsnachweisen zu kompensieren, ähnlich der Kompensation von CO₂-Emissionen für Flugreisen. Für diese Aufgabe muss ein entsprechendes Budget zur Verfügung stehen.

Nachteil Trittbrettfahreneffekt

Wenn der Kanton „Qualitätsdefizite“ beim Strombezug von Endkunden kompensiert, entsteht für diese ein Anreiz, vermehrt preisoptimierte und damit nicht erneuerbare Stromqualitäten zu beziehen. Die ökologische Verantwortung der wirtschaftlichen Individuen wird damit an den Kanton übertragen, was nicht wünschenswert ist. Falls die Grundversorgung über rechtliche Vorgaben reguliert wird, so betrifft dies nur den Anteil der Endkunden, die den freien Netzzugang beanspruchen. Ein Ausweg bietet entweder eine Zieldefinition für den Kernenergieausstieg, die festgelegte Restanteile von Stromanteilen aus nicht erneuerbaren Energien zulässt oder die vorgängige Festlegung einer Obergrenze für das Kompensationsvolumen. In beiden Varianten werden die negativen Anreize für die Stromkunden nicht beseitigt, aber gemindert.

5. BEURTEILUNG DER STRATEGIEVARIANTEN

Dieses Kapitel liefert eine Beurteilung der zwei vorgängig dargestellten, prototypisch formulierten Strategievarianten. Einleitend diskutiert Kapitel 5.1 die angenommene Referenzentwicklung, mit der die beiden Varianten des Kernenergieausstiegs verglichen werden. Anschliessend werden die Varianten anhand von sechs Kriterien beurteilt, welche die Autoren aus Sicht der Nachhaltigkeitspfeiler „Wirtschaft“, „Umwelt“ und „Gesellschaft“ als zentral erachten:

- › Auswirkungen auf die Strompreise (5.2)
- › Auswirkungen auf die Schaffhauser Volkswirtschaft (5.3)
- › Umweltauswirkungen (5.4)
- › Beurteilung aus Sicht der politischen Glaubwürdigkeit (5.5)
- › Beurteilung aus Sicht der Versorgungssicherheit (5.6)
- › Beurteilung der Akzeptanz aus Sicht der wichtigsten Anspruchsgruppen (5.7)

Die Einzelbewertungen der zwei Strategievarianten werden im Kapitel 5.8 zu einer Gesamtbeurteilung zusammengeführt.

5.1. REFERENZENTWICKLUNG UND AUSSTIEGSSZENARIEN: DER KERNENERGIEAUSSTIEG IST DAS „PÜNKCHEN AUF DEM I“

Die beiden Strategievarianten für den Kernenergieausstieg werden in Bezug auf eine Referenzentwicklung beurteilt.

- › Referenz: Entwicklung ohne Kernenergieausstieg des Kantons Schaffhausen.
- › Szenario 1: Kernenergieausstieg bis 2040 gemäss Strategievariante 1.
- › Szenario 2: Kernenergieausstieg bis 2040 gemäss Strategievariante 2.

Dabei ist zu beachten, dass Fragen zur Referenzentwicklung – also zur allgemeinen Stromzukunft des Kantons Schaffhausen – nicht Gegenstand dieser Studie sind. Diese Referenzentwicklung ist für einen grossen Teil der Chancen und Risiken verantwortlich, welche die Stromzukunft des Kantons Schaffhausen in den nächsten Jahrzehnten mit sich bringen wird. Die energiepolitischen Trends in Europa, die zunehmende Liberalisierung der Strommärkte, die Unsicherheiten bezüglich neuen Atomkraftwerken in der Schweiz, der „sowieso“ anfallende Bedarf an neuen Systemdienstleistungen und Netzausbauten sowie andere Faktoren, welche die Stromzukunft des Kantons voraussichtlich stark beeinflussen werden, werden hier nicht oder nur soweit als nötig diskutiert. Im Zentrum steht die Frage, welche

gegenüber der Referenzentwicklung zusätzlichen Chancen und Risiken der kantonale Kernenergieausstieg mit sich bringen könnte.

Die drei wichtigsten Annahmen zur Referenzentwicklung

- › Stromnachfrage: Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass der Kanton das „Minus-20%-Ziel“ (kantonale Stromnachfrage 2040: 420 GWh; diskutiert in Kapitel 3.1) erreicht und dafür notwendige Massnahmen ergreift. Ergänzend werden die Auswirkungen einer steigenden Stromnachfrage auf Basis des BFE-Szenarios I der nationalen Energieperspektiven aufgezeigt, welche aus Sicht der Autoren als Obergrenze („worst case“) angesehen werden kann (kantonale Stromnachfrage 2035: 563 GWh, entspricht einem Pro-Kopf-Anstieg gegenüber 2000 von rund +23% respektive einem Anstieg der Schaffhauser Gesamtnachfrage von +7% gegenüber 2009).
- › Stromangebot: Ein Ausbau zur lokalen Nutzung erneuerbarer Energien findet im Referenzfall nur bei den Solarstromanlagen statt: Diese erreichen gemäss Annahme ca. 2025 „Netzparität“¹¹ (auf Basis von INFRAS/TNC 2010). Die Autoren gehen davon aus, dass deshalb auch im Referenzszenario bis 2040 20% des kantonalen Gesamtpotenzials für die solare Stromerzeugung (0.2*100 GWh) und langfristig (ca. 2060) 50% (0.5*100 GWh) ausgeschöpft werden¹². Der Rest des Strombedarfs wird mit Strom aus Wasserkraft und Kernkraft gedeckt (der angenommene Strommix ist in Tabelle 9 im Detail beschrieben).
- › Strompreis: Die Autoren gehen von den Annahmen zur Strompreisentwicklung gemäss INFRAS/TNC 2010 aus. Der über alle Verbrauchergruppen und Tarifkategorien gemittelte Strompreis (Verbraucherpreis, also inklusive Verteilkosten) steigt von 2010 (ca. 15 Rp./kWh) bis 2040 um ca. 4% pro Fünfjahresperiode an und stabilisiert sich bei rund 19 Rp./kWh (27% höher als 2010). Es wird angenommen, dass zukünftig anfallende Kosten für neue Systemdienstleistungen (Stichwort „smart grid“), für zusätzliche Regelleistung und Regelenergie sowie für notwendige Netzausbauten aufgrund des höheren Anteils von Strom aus erneuerbaren Energien im überregionalen Netz (Schaffhausen, Schweiz, EU) Teil dieser Preisentwicklung sind.

¹¹ Gemeint ist die Netzparität aus Sicht des Endverbrauchers, also wenn selbst produzierter Solarstrom dieselben Kosten je kWh verursacht wie der Einkauf von einem Elektrizitätsversorger.

¹² 50 GWh entsprechen rund 50 MW_{peak} oder ca. 0.5 Mio. m² Solarzellen oder 10'000 Einfamilienhäuser mit 50 m² Solarzellen. Die Autoren nehmen an, dass der Ausbau dann einen „Sättigungspunkt“ erreicht hat (günstige Standorte werden rarer, die Gestehungskosten weiterer Anlagen entsprechen in etwa dem Strommarktpreis oder liegen darüber).

Annahmen zum Stromliefermix in den Ausstiegsszenarien 1 und 2

Der Stromliefermix in den beiden Ausstiegsszenarien ist in Tabelle 9 im Detail dargestellt. Die möglichen Entwicklungen je nach Strategievariante werden wie folgt skizziert:

- › Szenario 1, Kernenergieausstieg gemäss Strategievariante 1 (Strompreisoptimierung): Der Ausbau der Solarstromanlagen auf Kantonsgebiet entspricht demjenigen gemäss Referenzentwicklung (siehe oben). Weitere Anlagen zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien werden nicht realisiert, weil die Strombeschaffung (über Herkunftsnachweise, Zertifikate oder direkt) in der Schweiz respektive im Ausland günstiger ist. Die kantonsweit gelieferte Menge an Strom aus Wasserkraft bleibt gleich hoch wie 2009 (rund 170 GWh). Der Rest des Strombedarfs wird langfristig mit möglichst günstigem, erneuerbarem Strom aus der Schweiz respektive aus dem Ausland gedeckt. Bis 2040 und darüber hinaus bezieht ein relativ geringer Anteil der Schaffhauser Stromkunden Elektrizität auf dem freien Markt, dessen Herkunft nicht bestimmt werden kann (20 GWh).
- › Szenario 2, Kernenergieausstieg gemäss Strategievariante 2 (regionale Wertschöpfung): Der Ausbau von Solarstromanlagen wird schon vor Erreichung der Netzparität (2025; siehe oben) und darüber hinaus forciert respektive gefördert. Damit kann bereits 2040 rund die Hälfte des Gesamtpotenzials ausgeschöpft werden (0.5*100 GWh Solarstrom). Zusätzlich werden auf Kantonsgebiet Windkraft- und Biomasseanlagen realisiert, obwohl die Strombeschaffung ausserhalb des Kantons günstiger wäre (auch hier wird bis 2040 die Hälfte des Potenzials ausgeschöpft; Wind: 0.5*53 GWh; Biomasse: 0.5*26 GWh). Die Solarproduktionskapazitäten werden nach 2040 noch weiter ausgebaut auf insgesamt 80% des Gesamtpotenzials (80 GWh). Die 2009 kantonsweit gelieferte Menge an Strom aus Wasserkraft bleibt Teil des Stromliefermixes (rund 170 GWh)¹³. Der Rest des Strombedarfs wird langfristig möglichst mit lokalem, erneuerbarem Strom gedeckt (vorzugsweise aus Schaffhausen, sonst aus der Region und erst dann aus der Schweiz oder aus dem Ausland). Bis 2040 und darüber hinaus bezieht ein relativ geringer Anteil der Schaffhauser Stromkunden Elektrizität auf dem freien Markt, dessen Herkunft nicht bestimmt werden kann (20 GWh).

Falls die Stromnachfrage nicht gemäss kantonaler Zielsetzung sinkt (minus 20% zwischen 2009 und 2040) bleibt den Werken in beiden Szenarien keine andere Möglichkeit: Sie müs-

¹³ Gemäss langfristigen Konzessionsverträgen (Zeithorizont 2040) stehen den lokalen Werken Bezugsrechte an Schaffhauser Wasserkraft von knapp 100 GWh zu (direkte Vermarktungskontrolle). Insgesamt wurden 2009 rund 170 GWh Strom aus Wasserkraft an Schaffhauser Stromverbraucher geliefert (d.h. es wurde zusätzlich zu dem gemäss Bezugsrechten zur Verfügung stehendem Strom weiterer Strom aus Wasserkraft beschafft).

sen den erhöhten Strombedarf mit zusätzlichem erneuerbarem Strom (respektive entsprechenden Herkunftsnachweisen oder Zertifikaten) aus der Schweiz oder dem Ausland decken. Dabei halten sich die Werke je nach Strategievariante an die Beschaffungsrichtlinie „möglichst günstig“ (Variante 1) respektive „möglichst regional“ (Variante 2).

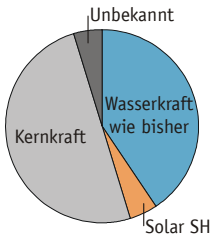
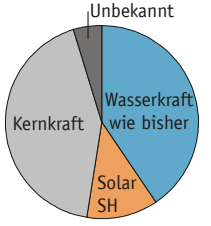
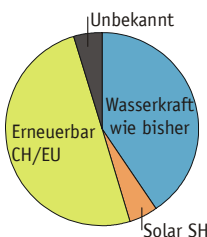
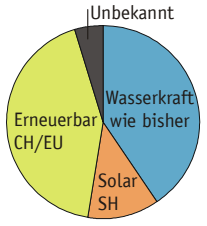
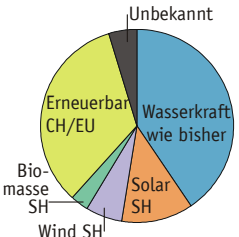
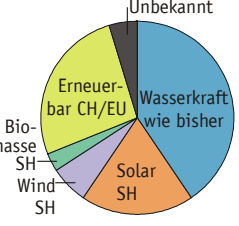
STROMLIEFERMIX IN DER REFERENZENTWICKLUNG UND IN DEN ZWEI AUSSTIEGSSZENARIEN		
Referenzszenario	Szenario 1	Szenario 2
Keine speziellen Massnahmen zum Umbau der Stromversorgung	Kernenergieausstieg, Strategievariante 1 (Strompreisoptimierung)	Kernenergieausstieg, Strategievariante 2 (regionale Wertschöpfung)
<p>Liefermix 2040</p>  <p>Liefermix 2060¹⁴</p>  <ul style="list-style-type: none"> › Strombedarf gesamt: 420 GWh¹⁵. › Der dargestellte Strommix basiert auf der Annahme, dass der Bund seine Strategie zum Bau von neuen Atomkraftwerken umgesetzt hat. › Es wird gleichviel Strom aus Wasserkraft geliefert wie 2010 (rund 170 GWh). › Weil die Solarstromproduktion bereits 2026 Netzparität erreicht, sind bis 2040 20% und bis 2060 50% des kantonalen Gesamtpotenzials ausgeschöpft (0.5*100 GWh = 50 GWh). › Ein kleiner Teil des Strombedarfs wird mit Strom unbekannter Herkunft gedeckt (Anteil Kunden, die nicht über ein lokales EVU Strom beziehen: 4.8 % oder 20 GWh). › Der Rest des Strombedarfs wird mit Strom aus Kernkraft gedeckt (2040: 210 GWh; 2060: 180 GWh). 	<p>Liefermix 2040¹⁶</p>  <p>Liefermix 2060¹⁴</p>  <ul style="list-style-type: none"> › Strombedarf gesamt: 420 GWh¹⁵. › Es wird gleichviel Strom aus Wasserkraft geliefert wie 2010 (170 GWh). › Weil die Solarstromproduktion bereits 2026 Netzparität erreicht, sind bis 2040 20% und bis 2060 50% des kantonalen Gesamtpotenzials ausgeschöpft (0.5*100 GWh = 50 GWh). › Dazu wird über den Stromhandel 210 GWh (2040) respektive 180 GWh (2060) aus erneuerbaren Energien beschafft und an die Schaffhauser geliefert (preisoptimierte Beschaffung, zwar wird zertifizierter Strom beschafft, aber die Herkunft ist zweitrangig). › Es erfolgt keine nennenswerte Nutzung von lokaler Wind- und Biomasseenergie (unwirtschaftlich). › Es verbleibt ein Restanteil Strom unbekannter Herkunft (20 GWh). 	<p>Liefermix 2040¹⁶</p>  <p>Liefermix 2060¹⁴</p>  <ul style="list-style-type: none"> › Strombedarf gesamt: 420 GWh¹⁵. › Die 170 GWh Strom aus Wasserkraft, welche 2010 geliefert wurden, sind auch in Zukunft Teil des Liefermixes. › Dank forciertem Ausbau der Solarstromproduktion sind bis 2040 50% des Gesamtpotenzials und 2060 80% des Gesamtpotenzials ausgeschöpft (0.8*100 GWh = 80 GWh). › Der Ausbau von Windkraft- und Biomasseanlagen wird bis 2040 auf 50% des Potenzials ausgebaut, also auf 26 GWh respektive 13 GWh. › Dazu wird über den Stromhandel 141 GWh (2040) respektive 111 GWh (2060) aus erneuerbaren Energien beschafft und an die Schaffhauser geliefert (v.a. regionaler Strom). › Es verbleibt ein Restanteil Strom unbekannter Herkunft von nicht lokalen EVU (20 GWh).

Tabelle 9 Angenommener langfristiger Strommix in der Referenzentwicklung sowie in den Szenarien 1 und 2.

- 14 Der Strommix ist für 2060 dargestellt, weil im Referenzszenario und im Szenario 1 erst dann der Sättigungspunkt beim Ausbau mit Solarstromanlagen erreicht wird (Annahme: 50% des Gesamtpotenzials).
- 15 Falls die Stromnachfrage weniger stark als gemäss kantonaler Zielsetzung sinkt (minus 20% zwischen 2009 und 2040) oder sogar ansteigt, wird der erhöhte Bedarf mit ausserkantonalem Strom gedeckt (Detailzahlen für die Entwicklung gemäss BFE-Szenario 1, also Anstieg auf 563 GWh bis 2040, sind in Anhang 1 dargestellt).
- 16 a) In den Szenarien 1 und 2 ist der Kernenergieausstieg 2040 geschafft (bis auf einen kaum kontrollierbaren „Restanteil“ von 20 GWh). b) Die Entwicklungen bei der Stromerzeugung mit tiefer Geothermie sind aus heutiger Sicht kaum abzuschätzen. Die Autoren berücksichtigen den möglichen Bau eines Geothermie-Kraftwerks im Kanton Schaffhausen deshalb nicht.

5.2. AUSWIRKUNGEN AUF DIE STROMPREISE

Die Kernaussage ist nicht wegzureden – und überrascht im Grundsatz auch nicht: Der Kernenergieausstieg im Kanton Schaffhausen wird nicht strompreisneutral umzusetzen sein, und zwar bei beiden Strategievarianten. Zumindest in geringem Ausmass müssen Strompreiserhöhungen erwartet werden. Der Kanton stützt sich heute mehrheitlich auf ein Stromversorgungssystem, welches die Gesellschaft mit ihrer stillen Akzeptanz von externen, nicht direkt „sichtbaren“ Kosten mitträgt (v.a. in Form von hohen Risiken). Nach dem Systemumbau – dem Kernenergieausstieg – wird dies nicht mehr im gleichen Ausmass möglich sein: Ein grösserer Anteil der Kosten für die Stromversorgung ist nun direkt messbar, findet seinen Weg in die Bücher der Elektrizitätsversorger und muss folglich von den Stromverbrauchern auch bezahlt werden.

Die angesprochene Strompreiserhöhung ist nicht marktgetrieben – sie ist die Folge einer politischen Entscheidung, einem Bekenntnis der Schaffhauser zum Kernenergieausstieg

Der Kernenergieausstieg muss langfristig so umgesetzt werden, dass die Gesamtkosten für die Stromversorgung (Stromproduktion respektive Stromimport inklusive Verteilung) durch die Gesamteinnahmen (Verkauf des Stroms beim Marktpreis) gedeckt sind. Auf die Entwicklung der Kosten – beispielsweise für die Erzeugung und Verteilung einer kWh Solarstrom – kann der Kanton Schaffhausen kaum Einfluss nehmen. Diese Entwicklung wird durch den grossräumigen technologischen und marktwirtschaftlichen Wandel bestimmt.

Es bleibt die Beeinflussung der Einnahmeseite. Hier zeigen die Erfahrungen der letzten Jahre, dass Stromproduktangebote mit kostenträgergebundenen, hohen Aufpreisen (Bsp. AXPO Naturstrom Sky für 27 Rp./kWh) nicht oder nicht genügend schnell zum Ziel führen. Aus Sicht der Stromverbraucher ist das nachvollziehbar, selbst wenn sie grundsätzlich für eine nachhaltige Stromversorgung sind – der Trittbrettfahreffeckt ist hier eine zu grosse Hürde: *Wieso soll ein Schaffhauser mehr als doppelt soviel für seinen Strom bezahlen, wenn er damit zur Verbesserung des Stromliefermixes des Kantons beiträgt, von dem langfristig alle Schaffhauser profitieren?* Das kann nur für Nischenmärkte funktionieren.

Der Lösungsansatz muss deshalb darin bestehen, die Mehrkosten auf alle Stromkonsumenten umzulegen: Der konsequente Umbau des kantonalen Stromversorgungssystems erfordert eine generelle Strompreiserhöhung. Diese wird in der Übergangsphase nicht marktgetrieben sein – sie ist eine politische Entscheidung, ein Bekenntnis der Schaffhauser zu einer nachhaltigen Stromversorgung. Ein Bekenntnis dafür, dass der Umbau nur dann erfolgreich sein wird, wenn er von allen Stromverbrauchern mitgetragen wird.

Wie hoch ist die zu erwartende Strompreiserhöhung?

Für den politischen Entscheidungsträger, aber auch für die Konsumenten ist das die zentrale Frage. Für die Planung und die politische Durchsetzung des Kernenergieausstiegs braucht er eine klare Vorstellung davon, welche Erhöhung des Strompreises alleine aufgrund der Umsetzung der Ausstiegsstrategie im zeitlichen Ablauf zu erwarten ist. Drei grundsätzliche Anforderungen setzen dabei den Rahmen.

1. Der Strompreis des Grundprodukts muss mindestens so hoch sein, dass die generierten Einnahmen zur vollen Deckung der Mehrkosten des Kernenergieausstiegs ausreichen. Sonst kann entweder das Ziel nicht erreicht werden oder die betroffenen Werke verlieren an Wettbewerbsfähigkeit.
2. Weil eine Finanzierung langfristiger Investitionen über Steuergelder und erst recht über Fremdkapital nicht realistisch scheint, muss mit den Einnahmen aus dem Stromverkauf auch der grösste Teil der Zusatzinvestitionen finanziert werden können.
3. Langfristig, d.h. „nach“ dem Umbau des Stromversorgungssystems, muss der Strompreis so hoch sein, dass die Kosten für die Aufrechterhaltung des Versorgungssystems gedeckt sind: Kosten für den Bau von Ersatzanlagen, für Betrieb und Unterhalt laufender Anlagen, zur Strombeschaffung ausserhalb des Kantons, für die Stromverteilung (Netzausbau, Netzbetrieb) sowie für Administration und Verwaltung.

Für die beiden Szenarien 1 und 2, die im vorangehenden Kapitel 5.1 skizziert wurden (Tabelle 9), ergibt sich gemäss einer Schätzung der Autoren bis 2040 eine Strompreiserhöhung gegenüber der Referenzentwicklung zwischen +0.6 Rp./kWh (Strategievariante 1) und +3.1 Rp./kWh (Strategievariante 2), falls der Kanton Schaffhausen sein Strombedarfsziel (minus 20% zwischen 2009 und 2040) erreicht. Entwickelt sich die Stromnachfrage gemäss BFE-Szenario I, liegt die Strompreiserhöhung höher – nämlich bei +0.9 Rp./kWh (Strategievariante 1) respektive +3.7 Rp./kWh (Strategievariante 2).

Methodischer Hinweis zur Berechnung der Strompreiserhöhung

Weil die langfristigen Prognosen von Strompreisen und Stromgestehungskosten mit relativ hohen Unsicherheiten behaftet sind, beschränkt sich INFRAS bei der Abschätzung der Strompreiserhöhung auf eine einfache Rechenmethode: Mit den Annahmen zum langfristigen Stromliefermix gemäss jeweiligem Szenario (prozentuale Anteile von Strom aus unterschiedlicher Herkunft, Kapitel 5.1) sowie den Annahmen zu den langfristigen Gestehungskosten für Strom unterschiedlicher Herkunft (Schätzung auf Basis von INFRAS/TNC 2010) wird die Strompreiserhöhung für den gesamten Stromliefermix als gewichteter Mittelwert berechnet (Tabelle 10 zeigt die Resultate; die Datengrundlagen und Annahmen sind im Anhang 1 im Detail dokumentiert).

ERFORDERLICHE STROMPREISERHÖHUNG IN DEN AUSSTIEGSSZENARIEN 1 UND 2		
Referenzszenario	Szenario 1	Szenario 2
Keine speziellen Massnahmen zum Umbau der Stromversorgung	Kernenergieausstieg, Strategievariante 1 (Strompreisoptimierung)	Kernenergieausstieg, Strategievariante 2 (regionale Wertschöpfung)
Keine zusätzlichen Kosten	<p>Angenommene, langfristige Differenz zwischen Kosten und Referenzstrompreis, Aufschlüsselung nach Herkunft ¹⁾:</p> <ul style="list-style-type: none"> › Erneuerbar CH/EU: +1.5 Rp./kWh › Wasserkraft SH: 0 Rp./kWh › Solar SH: 0 Rp./kWh › Unbekannt: 0 Rp./kWh <p>Zusätzliche Kosten für die Strombereitstellung gegenüber Referenz, bezogen auf den Gesamtmix ²⁾:</p> <p>+0.6 Rp./kWh (tiefe Stromnachfrage) respektive +0.9 Rp./kWh (hohe Stromnachfrage, BFE I)</p> <p>Zusätzliche Kosten für neue Systemdienstleistungen, Regelleistung und Regelenergie, Netzausbauten ³⁾:</p> <p>Keine zusätzlichen Kosten</p>	<p>Angenommene, langfristige Differenz zwischen Kosten und Referenzstrompreis, Aufschlüsselung nach Herkunft ¹⁾:</p> <ul style="list-style-type: none"> › Erneuerbar CH/EU: +5.0 Rp./kWh › Solar SH zusätzlich zu Referenz: +4.0 Rp./kWh › Wind SH: +10.0 Rp./kWh › Biomasse SH: +10.0 Rp./kWh › Unbekannt: 0 Rp./kWh <p>Zusätzliche Kosten für die Strombereitstellung gegenüber Referenz, bezogen auf den Gesamtmix ²⁾:</p> <p>+2.6 Rp./kWh (tiefe Stromnachfrage) respektive +3.2 Rp./kWh (hohe Stromnachfrage, BFE I)</p> <p>Zusätzliche Kosten für neue Systemdienstleistungen, Regelleistung und Regelenergie, Netzausbauten ³⁾:</p> <p>+ 0.5 Rp./kWh</p>
Keine zusätzliche Strompreiserhöhung	<p>Erforderliche Strompreiserhöhung:</p> <p>2010 bis 2040: Stufenweiser Anstieg und Stabilisierung bei ca. +0.6 Rp./kWh bis +0.9 Rp./kWh auf den gesamten Liefermix</p>	<p>Erforderliche Strompreiserhöhung:</p> <p>2010 bis 2015: Erhöhung auf +1 Rp./kWh auf den gesamten Liefermix</p> <p>2015 bis 2040: Stufenweiser Anstieg und Stabilisierung bei ca. +3.1 Rp./kWh bis +3.7 Rp./kWh auf den gesamten Liefermix</p>
<p>Entwicklung der durchschnittlichen Strompreise (inklusive Verteilung) für den gesamten Stromliefermix im Kanton Schaffhausen für drei Fälle</p> <p>Die eingezeichneten Bereiche (farbige Flächen) berücksichtigen unterschiedliche Entwicklungen der Stromnachfrage. Die Untergrenzen ergeben sich aufgrund einer Entwicklung gemäss kantonalem Strombedarfsziel (minus 20% 2009 bis 2040). Die Obergrenzen ergeben sich aufgrund einer Entwicklung gemäss BFE-Szenario I der nationalen Energieperspektiven)</p>		

Tabelle 10 Strompreise in der Referenzentwicklung sowie in den Ausstiegsszenarien 1 und 2.

1,3) Die Herkunft bezieht sich auf die Liefermixangaben in Tabelle 9. Die Datengrundlagen und Annahmen sind in Anhang 1 zusätzlich erläutert.

2) Gewichteter Mittelwert, berechnet mit Annahmen zum Stromliefermix (Tabelle 9), Details im Anhang 1.

Ausbau von dezentralen Anlagen zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien: In welchem Umfang entstehen Mehrkosten im Bereich des Elektrizitätsnetzes?

Die Studie „Wirtschaftlichkeit dezentraler Einspeisung auf die elektrischen Netze der Schweiz“ (Consentec/Polynomics im Auftrag des BFE, 2010) befasst sich mit den Mehr- respektive Minderkosten im Bereich des Elektrizitätsnetzes, welche im Rahmen eines Ausbaus von dezentralen Stromerzeugungsanlagen zur Nutzung von erneuerbaren Energien entstehen. Als Basis wird dabei das BFE-Szenario III (Angebotsvariante D+E) der nationalen Energieperspektiven herangezogen, welches einen Ausbau der neuen erneuerbaren Energien auf 10% der nationalen Bruttostromerzeugung vorsieht (bis 2035). Dieser Ausbau führt gemäss Modellrechnungen bis 2035 zu Mehrkosten von insgesamt +1.5 Rp./kWh (rund 1 Rp./kWh für Netzausbauten, 0.4 Rp./kWh für die Bereitstellung von zusätzlicher Regelleistung und Regelenergie sowie geringe Mehrkosten aufgrund zusätzlicher Netzverluste). Aufgrund dieser Grössenordnung haben die Autoren der vorliegenden Studie die zusätzlichen Kosten im Ausstiegsszenario 2 (regionale Wertschöpfung) geschätzt, welche in den Bereichen Systemdienstleistungen, Regelleistung und Regelenergie sowie notwendiger Netzausbauten im Vergleich zum Referenzszenario zusätzlich entstehen (siehe Tabelle 10).

5.3. AUSWIRKUNGEN AUF DIE SCHAFFHAUSER VOLKSWIRTSCHAFT

Welche Auswirkungen wird ein Kernenergieausstieg auf die Volkswirtschaft des Kantons Schaffhausen haben? Diese Frage interessiert. Allerdings steht bereits ohne Analyseresultate fest: Die Antwort auf die Frage wird – unabhängig davon, ob der Kanton überhaupt einen Kernenergieausstieg ins Auge fasst und welche Strategievariante er wählt – wenig spektakulär ausfallen, zumindest, was die relative Grössenordnung der Auswirkungen angeht. Die Stromwirtschaft generiert heute in Schaffhausen einen Umsatz von rund 80 Mio. Fr. Das sind „nur“ 1.6% des Schaffhauser BIP. Die Hebelwirkung ist also relativ klein, auch wenn massive Eingriffe vorgenommen werden.

Strategievariante 1 hat vernachlässigbare Auswirkungen auf die Referenzentwicklung des Schaffhauser BIP

Wie bereits erwähnt, gehen die Autoren der Studie erstens davon aus, dass die notwendigen Stromeffizienzmassnahmen zur Umsetzung des kantonalen „Minus-20%-Ziels“ (Kapitel 3.1) sowieso ergriffen werden. Zweitens nehmen sie an, dass die Solarstromerzeugung spätestens ab 2025 wirtschaftlich wird (PV-Anlagen erreichen Netzparität) und deshalb von da an die Solarstromkapazitäten auch im Referenzszenario ausgebaut und sich langfristig bei rund 50 GWh Stromerzeugung pro Jahr stabilisieren werden (Sättigungspunkt bei 50% des Gesamtpotenzials ist 2060 erreicht). In der Konsequenz heisst das: Ein Kernenergieausstieg gemäss Strategievariante 1 (Strompreisoptimierung) hat in Bezug auf die Referenzentwicklung der

gesamten Wirtschaftsleistung des Kantons Schaffhausen praktisch keinen Einfluss. Zusätzliche Investitionen werden keine getätigt, und die über die nächsten 40 Jahre kumulierten, zusätzlichen Ausgaben für erneuerbaren Strom aus dem Ausland (oder der Schweiz) haben vernachlässigbare Auswirkungen: Sie betragen schätzungsweise 80 Mio. Fr. – also gleichviel, wie die Schaffhauser Stromwirtschaft heute in einem Jahr umsetzt. Auch die geringe Strompreiserhöhung (rund 0.6 Rp./kWh bis 0.9 Rp./kWh mehr als in der Referenzentwicklung) wird gemäss der Einschätzung der Autoren auf die Wettbewerbsfähigkeit der gesamten Schaffhauser Volkswirtschaft kaum spürbare Auswirkungen haben, weil die Stromkosten nur in wenigen Sektoren ein entscheidender Kostenfaktor sind.

Ein forcierter Ausbau der kantonalen Stromerzeugungskapazitäten gemäss Strategievariante 2 könnte sich leicht positiv auf das Schaffhauser BIP auswirken

Strategievariante 2 geht von einem stärkeren Ausbau der Stromerzeugungskapazitäten im Kanton Schaffhausen aus: Der Kanton forciert den Ausbau der Solarstromerzeugung bereits vor 2025 (Annahme: Netzparität wird dann erreicht). Er nimmt in Kauf, dass die dafür nötigen Investitionen bis dahin noch nicht (betriebs-)wirtschaftlich sind, weil er damit erstens zum positiven, schweiz- respektive weltweiten Trend beiträgt und zweitens bereits 2040 die Hälfte des Gesamtpotenzials ausschöpfen kann (dies ist in Bezug auf das Ziel „Kernenergieausstieg bis 2040“ wichtig). Zusätzlich treibt der Kanton den Bau von Biomasse- und Windkraftanlagen voran, obwohl diese sowohl heute als auch 2040 und wahrscheinlich darüber hinaus nicht (betriebs-)wirtschaftlich sein werden (gemäss Annahmen zu den Modellrechnungen in Tabelle 10, Seite 70).

Auch im Fall der Strategievariante 2 gehen die Autoren von einem relativ geringen Nettoeffekt auf die Schaffhauser Volkswirtschaft aus: Die positiven Auswirkungen der getätigten Investitionen sowie der Strompreiserhöhungen machen die negativen Effekte langfristig (mehr als) wett:

- › Wirkung der Investitionen in den kantonalen Ausbau der erneuerbaren Energien: Unter Berücksichtigung der für die Strategievariante 2 zusätzlich notwendigen Investitionen im Kanton Schaffhausen (zwischen 2010 und 2060 ca. 360 Mio. Fr. mehr als im Referenzszenario, siehe Tabelle 12) ergibt eine Grobschätzung mit einem einfachen Modell (auf Basis von INFRAS/TNC 2010) einen leicht positiven Nettobeschäftigungseffekt (kumuliert für 2010 bis 2060).
- › Strompreiseffekt: Die resultierende Strompreiserhöhung (3.1 Rp./kWh bis 3.7 Rp./kWh mehr als in der Referenzentwicklung) führt zu einer Änderung der relativen Preise (Strom

wird teurer, andere Produktionsfaktoren werden dadurch relativ zum Strom gesehen günstiger): Bei den meisten Schaffhauser Betrieben wird dies nur vernachlässigbare Auswirkungen haben, seien diese nun positiv oder negativ. In einzelnen Betrieben wird die Wettbewerbsfähigkeit allerdings stärker beeinflusst werden: Auf der Verliererseite könnten beispielsweise stromintensive Betriebe stehen, welche Märkte mit „flacher“ Nachfragekurve bedienen (beispielsweise Betriebe mit hohem Exportanteil). Auf der Gewinnerseite könnten Betriebe stehen, welche stark in der regionalen Wirtschaft vernetzt sind (geringe Exportanteile entlang der gesamten Wertschöpfungskette) und gleichzeitig wenig Strom für ihre Produktion brauchen. Insgesamt dürften die Auswirkungen der Strompreiserhöhung auf das Schaffhauser BIP wegen ihrer kleinen Grössenordnung vernachlässigbar sein.

WER PROFITIERT VOM KERNENERGIEAUSSTIEG?	
Akteure, die gute Chancen haben, auf der Gewinnerseite zu stehen	Akteure, bei denen das Risiko gross ist, dass sie auf der Verliererseite stehen
<ul style="list-style-type: none"> › Von den Investitionen für <u>Stromeffizienzmassnahmen</u> profitieren mehrheitlich Betriebe in den Bereichen Elektrotechnik, Elektronik und Optik, im Gross- und Detailhandel und im Bereich Beratung und Planung inklusive Informatik und Schulung. › Von den Investitionen in <u>Stromerzeugungsanlagen</u> wird das Baugewerbe der grösste Profiteur sein. Ebenfalls gute Wachstumschancen haben Betriebe in den Bereichen Beratung und Planung, Maschinen und Fahrzeuge sowie Elektrotechnik und Elektronik. 	<ul style="list-style-type: none"> › Generell besteht für stromintensive Betriebe ein grösseres Risiko, dass sie die höheren Stromkosten nicht entlang der Wertschöpfungskette weitergeben können. Besonders benachteiligt sind stromintensive Betriebe <ul style="list-style-type: none"> › mit geringem Potenzial für wirtschaftliche Stromeffizienzmassnahmen. › welche Märkte mit „flacher“ Nachfragekurve (hohe Konkurrenz) bedienen – also beispielsweise solche mit hohem Exportanteil.

Tabelle 11 Gewinner und Verlierer des Kernenergieausstiegs.

VOLKSWIRTSCHAFTLICHE AUSWIRKUNGEN DES KERNENERGIEAUSSTIEGS	
Referenzszenario (~ Szenario 1)	Szenario 2
Aus Sicht der Investitionen und der Wirkungen auf das BIP entspricht das Referenzszenario dem Szenario 1 (Kernenergieausstieg gemäss Strategievariante 1, Strompreisoptimierung)	Kernenergieausstieg gemäss Strategievariante 2 (regionale Wertschöpfung)
<p>Jährlich erforderliche Gesamtinvestitionen</p> <p>Mio. Fr. pro Jahr</p> <p>Kumulierte Investitionen 2010 bis und mit 2060 (inklusive Ersatzinvestitionen):</p> <ul style="list-style-type: none"> › Stromeffizienz: 482 Mio. Fr. › Solarstromanlagen: 235 Mio. Fr. <p>(Nach 2060 sind für den Anlagenersatz pro Jahr insgesamt rund 12 Mio. Fr. nötig.)</p>	<p>Jährlich erforderliche Gesamtinvestitionen</p> <p>Mio. Fr. pro Jahr</p> <p>Kumulierte Investitionen 2010 bis und mit 2060 (inklusive Ersatzinvestitionen):</p> <ul style="list-style-type: none"> › Stromeffizienz: 482 Mio. Fr. › Solarstromerzeugung: 320 Mio. Fr. › Windkraftanlagen: 159 Mio. Fr. › Biomasseanlagen: 114 Mio. Fr. <p>(Nach 2060 sind für den Anlagenersatz pro Jahr insgesamt rund 23 Mio. Fr. nötig.)</p>

Tabelle 12 Grobschätzungen des Investitionsbedarfs für die beiden Ausstiegsszenarien (auf Basis von Technologiekostenentwicklungen gemäss INFRAS/TNC 2010).

Mit einem sanften Strukturwandel zu einem nachhaltigen Stromversorgungssystem

Insgesamt sind die Auswirkungen auf die Schaffhauser Volkswirtschaft also gering – im Fall eines Ausbaus der lokalen Stromerzeugungskapazitäten (Strategievariante 2) sind aus Sicht der Autoren eher leicht positive Auswirkungen zu erwarten. Die Realisierung der Potenziale in den Bereichen Stromeffizienz und erneuerbare Energien würde zu einem sanften Strukturwandel in der regionalen Wirtschaft beitragen. Damit verbunden sind dynamische Innovationsprozesse, welche sich positiv auf die Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft in der Region Schaffhausen auswirken dürften:

- › Die Realisierung der Potenziale führt zur vergleichsweise rascher Diffusion bekannter Technologien und Know-how im Bereich der Stromeffizienz und der erneuerbaren Energien und bringt der regionalen Wirtschaft entsprechende Wettbewerbsvorteile.
- › Unternehmen werden durch den Einsatz neuer Verfahren und Prozesse die Stromeffizienz in der Produktion von Gütern und Dienstleistungen steigern. Die Produkte werden mit der Zeit mit weniger Strom hergestellt, was sich längerfristig ebenfalls positiv auf die Wettbewerbsfähigkeit auswirken sollte.

- › Die Unternehmen werden auch in das Angebot neuer Technologien, Produkte und Dienstleistungen investieren und damit die technische Entwicklung und die Produktdifferenzierung mit vorantreiben. Der Markt der Unternehmen, die sich auf die Entwicklung, Beratung, Produktion und Installation im Bereich neuer energieeffizienter bzw. auf erneuerbaren Energien basierenden Technologien spezialisieren, wird auch in der Wirtschaftsregion Schaffhausen an Bedeutung gewinnen. Der Energiedienstleistungsmarkt (z.B. Angebot an Energieberatung, Contracting etc.) wird sich weiter entwickeln, und führende Unternehmen einzelner Branchen (z.B. Bau, Geräte und Anlagen, Detailhandel etc.) werden sich weiter auf moderne Energietechnologien spezialisieren.
- › Energieeffizienz und erneuerbare Energien werden auch national und international zunehmend an Bedeutung gewinnen. Moderne Energietechnologien werden vermehrt nachgefragt werden. Die veränderte Ausrichtung der Wirtschaft der Region Schaffhausen kann somit zu einem strategischen Erfolgsfaktor werden, wobei die absolute Bedeutung für die Volkswirtschaft infolge der absoluten Grössenordnungen der Effekte auch nicht überschätzt werden darf.

5.4. UMWELTAUSWIRKUNGEN

Bezüglich Beurteilung der Umweltauswirkungen ergeben sich nur geringe Unterschiede zwischen den Strategievarianten 1 und 2. In beiden Varianten wird nuklear erzeugter Strom durch Strom aus erneuerbaren Energien ersetzt. Aus einer globalen und regionalen Perspektive gesehen hat diese Substitution insgesamt positive Umweltauswirkungen zur Folge (v.a. durch die Reduktion der Umweltrisiken durch Unfälle und Ressourcenabbau).

Gleichwertige Strategievarianten

Es ist nicht die Absicht der Strategievariante 1 (Strompreisoptimierung), einfach die günstigsten Herkunftsnachweise zu kaufen, die (gerade noch) kompatibel sind mit der schweizerischen respektive der europäischen Gesetzgebung. Das Beispiel des Euro-Wasserstroms der Stadtwerke Schaffhausen und Neuhausen am Rheinfluss sei hier noch mal erwähnt: Für einen Aufpreis von 1.3 Rp./kWh erhält der Besteller den Herkunftsnachweis für eine kWh Strom aus einem norwegischem Wasserkraftwerk inklusive eines TÜV-Zertifikats – also eines Belegs, dass die kWh nach vorbildlichen ökologischen Kriterien produziert wurde. Steigt die Nachfrage nach solchen Zertifikaten, werden in Norwegen unter Umständen neue Projekte lanciert, die der dortigen lokalen Ökologie zugute kommen.

Die ökologische Gesamtwirkung der beiden Strategievarianten dürfte also etwa gleich hoch sein, wenn bei der Strombeschaffung auf entsprechende Zertifikate gesetzt wird. Strategievariante 2 (regionale Wertschöpfung) hat jedoch in Bezug auf eine mögliche Einflussnahme Vorteile: Der Strom wird zu einem grösseren Anteil „im eigenen Haus“ produziert – die Einhaltung ökologischer Vorgaben gemäss Zertifikat kann dadurch besser kontrolliert werden.

5.5. POLITISCHE GLAUBWÜRDIGKEIT

Die politische Glaubwürdigkeit ist ein wichtiges – wenn nicht das wichtigste – Argument für die Durchsetzung des Kernenergieausstiegs, denn: Wie soll sich der Kanton und seine Bevölkerung glaubwürdig gegen ein Atomendlager wehren, wenn der kantonale Stromverbrauch zu zwei Dritteln mit Atomstrom gedeckt wird?

Gerade weil für das Hauptanliegen selbst, den Kernenergieausstieg, die politische Glaubwürdigkeit ein so wichtiges Argument ist, spielt diese auch in Bezug auf die Umsetzungsstrategie eine prominente Rolle. Die Folgefrage lautet nämlich: *Wie soll sich der Kanton und seine Bevölkerung glaubwürdig gegen ein Atomendlager wehren, wenn sie den Kernenergieausstieg zwar planen, dessen Umsetzungsstrategie aber angreifbar oder sogar unglaubwürdig ist?*

Die Strategievariante 1 (Strompreisoptimierung) birgt das Risiko der Unglaubwürdigkeit

„Wir schreiben das Jahr 2040. Der Kanton Schaffhausen weist einen Gesamtstromliefermix aus, der zur Hälfte aus importiertem, erneuerbarem Strom besteht. Die entsprechenden Herkunftsnachweise beziehen die Stromversorger aus Norwegen (Wasserkraft) und Spanien (Solarenergie). Rein physikalisch ist der Kanton Schaffhausen aber nach wie vor stark vom umliegenden (v.a. vom schweizerischen) Kraftwerkspark abhängig (die Bestellung von physikalischem Strom aus den entsprechenden Herkunftsländern ist wegen der hohen Durchleitungskosten zu teuer): Immerhin mehr als 200 GWh Strom fliessen physikalisch weiterhin über die Kantonsgrenzen in die Schaffhauser Haushalte und Betriebe.“

Mit der konsequenten Umsetzung der Strategievariante 1 (Strompreisoptimierung) geht der Kanton Schaffhausen das Risiko ein, dass sein Kernenergieausstieg als nicht glaubwürdig wahrgenommen wird. Und zwar sowohl von seiner Bevölkerung als auch aus einer kantonsexternen Sicht:

- › Die Schaffhauser Stromverbraucher, welche dieses Versorgungssystem mit mehr als einem halben Rappen pro kWh mittragen (bei 420 GWh sind das 2.5 Mio. Fr. pro Jahr), kritisie-

ren, dass ihr Geld aus dem Kanton, ja sogar aus dem Land fliesst. Wenn überhaupt, dann werden damit Investitionen in anderen Ländern getätigt. Womit sich dem Schaffhauser die zweite Frage aufdrängt: Trägt der Kanton mit seiner Nachfrage nach Stromherkunfts- und Qualitätsnachweisen – konkret: mit über 2.5 Mio. Fr. pro Jahr – wirklich zu einem Ausbau der Stromerzeugungskapazitäten in den entsprechenden Ländern bei? Das kann aus heutiger Sicht zumindest hinterfragt werden. Die Nachweise stammen aus Produktionsstätten, die bereits gebaut sind. Inwieweit die damit verbundenen Einnahmen für den Bau neuer Anlagen eingesetzt werden, und ob die Schaffhauser Nachfrage einen Preisanstieg bei den entsprechenden Zertifikaten mitbewirkt (Signalwirkung), kann kaum abschliessend beurteilt werden.

- › Auch wenn diese positive Wirkung auf den Ausbau der Kapazitäten im Ausland belegt werden kann, bleibt ein Kritikpunkt offen. Der Kanton muss sich den Vorwurf gefallen lassen, dass er das Problem nicht an der Wurzel zu lösen versucht: Mit dem Zubau von Stromerzeugungskapazitäten im Ausland sinkt die Nachfrage nach Schweizer Atomstrom nämlich nicht (respektive nur im Rahmen der Effizienzsteigerung, die der Kanton Schaffhausen im Zusammenhang mit dem Kernenergieausstieg plant). Damit trägt Schaffhausen auch nicht zum „Schweizer Kernenergieausstieg“ bei, wenn er eine konsequente Umsetzung des kantonalen Ausstiegs gemäss Strategievariante 1 plant. Würden mehrere oder sogar alle Kantone der Schweiz eine solche Strategie verfolgen, stiege das Risiko in Bezug auf die Versorgungssicherheit und die Strompreise stark an.

Strategievariante 2 ist glaubwürdiger und hat starke Synergien mit den regierungsrätlichen Zielen

Obwohl der Kanton Schaffhausen auch im Fall eines Kernenergieausstiegs gemäss Strategievariante 2 auf einen (geringeren) Anteil Strom aus dem Ausland angewiesen sein wird, ist die Strategievariante 2 grundsätzlich glaubwürdiger.

- › Erstens werden die lokalen Stromerzeugungskapazitäten massiv ausgebaut und dadurch Investitionen im Kanton Schaffhausen getätigt. Dadurch sinkt die Nachfrage nach Strom (physikalisch) aus dem schweizerischen Kraftwerkspark.
- › Und zweitens spielen bei der Strombeschaffung auch Überlegungen zur Stromherkunft und Stromqualität eine wichtige Rolle (Strom aus der Region wird soweit als möglich bevorzugt).

Insgesamt ist die Strategievariante 2 in Bezug auf die Glaubwürdigkeit also zu bevorzugen – insbesondere auch deshalb, weil sie starke Synergien mit den regierungsrätlichen Zielen

(2008 bis 2017) aufweist, beispielsweise in den Bereichen Wirtschaft und Umwelt (Verbesserung der Voraussetzungen für die Entwicklung eines Energieclusters, Unterstützung ansässiger Unternehmen, Energieziele, Renaturierung Fließgewässer, Gesetz gegen Atommüll-Lagerstätten).

5.6. VERSORGUNGSSICHERHEIT

In Bezug auf die beiden Strategievarianten stellt sich die Frage, ob unterschiedliche hohe Kosten zur Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit im Kanton Schaffhausen entstehen.

Strategievariante 1 entspricht annähernd dem Status quo

Aus technischer Sicht, also in Bezug auf die physikalische Versorgung des Kantons Schaffhausen mit Strom, besteht kein Unterschied zwischen der Strategievariante 1 (Strompreisoptimierung) und dem Referenzfall „kein Kernenergieausstieg“. Die physikalische Versorgung geschieht nach wie vor hauptsächlich über den schweizerischen Kraftwerkspark. Mit den grösstenteils unabhängig vom physikalischen Strom beschafften Herkunfts- und Qualitätsnachweisen muss der Stromliefermix in der Jahresbilanz zwar belegt werden können – die von Sekunde zu Sekunde wichtige Abstimmung von Nachfrage und Angebot und die dafür notwendigen Übertragungs-, Reserve-, Regel- und Speicherkapazitäten werden dadurch aber nicht oder nur unwesentlich tangiert.

Strategievariante 2: Mehrkosten in den Bereichen Netz, Systemdienstleistungen und Regelung

Wie bereits in Kapitel 3.4 erwähnt, lässt ein Blick in die umliegende Politiklandschaft die These im Zwischentitel zu: Die Schweiz, die EU und noch stärker einzelne europäische Länder haben teilweise sehr ambitionöse Zielsetzungen zum Anteil von Strom aus erneuerbaren Energiequellen beschlossen. Es ist anzunehmen, dass im Zusammenhang mit der sich abzeichnenden gesamteuropäischen Weiterentwicklung des Stromversorgungssystems in Richtung von steigenden Anteilen der fluktuierenden erneuerbaren Energiequellen auch die Verteil- und Übertragungsnetze und die Speicherkapazitäten massiv ausgebaut und angepasst werden. Die Schweiz und auch der Kanton Schaffhausen werden diesbezüglich ebenfalls einen Beitrag leisten müssen. Angesichts des im Vergleich zum nationalen respektive EU-weiten Stromverbrauch geringen Strombedarfs des Kantons Schaffhausen wird sich dieser Beitrag aber mit grosser Wahrscheinlichkeit in Grenzen halten. Wir gehen deshalb davon

aus, dass die Mehrkosten zur Sicherstellung der Versorgungssicherheit bei einem Kernenergieausstieg gemäss Strategievariante 2 im Vergleich zur Strategievariante 1 nicht erheblich sein werden. Eine aktuelle Studie im Auftrag des BFE (Consentec/Polynomics 2010) bestätigt dies: Sie befasst sich mit den Mehr- respektive Minderkosten im Bereich des Elektrizitätsnetzes, welche im Rahmen eines Ausbaus von dezentralen Stromerzeugungsanlagen zur Nutzung von erneuerbaren Energien entstehen. Als Basis wird dabei das BFE-Szenario III (Angebotsvariante D+E) der nationalen Energieperspektiven herangezogen (BFE 2007b), welches einen Ausbau der neuen erneuerbaren Energien auf 10% der Bruttostromerzeugung vorsieht (bis 2035). Dieser Ausbau führt gemäss Modellrechnungen bis 2035 zu Mehrkosten von insgesamt +1.5 Rp./kWh (rund 1 Rp./kWh für Netzausbauten, 0.4 Rp./kWh für die Bereitstellung von zusätzlicher Regelleistung und Regelennergie sowie geringe Mehrkosten aufgrund zusätzlicher Netzverluste). Aufgrund dieser Grössenordnung schätzen die Autoren der vorliegenden Studie die zusätzlichen Kosten im Ausstiegsszenario 2 (regionale Wertschöpfung) auf ca. einen halben Rp. pro kWh, welcher für zusätzliche Systemdienstleistungen, Regelleistung und Regelennergie sowie notwendige Netzausbauten im Vergleich zum Referenzszenario aufgewendet werden müssen.

5.7. AKZEPTANZ AUS SICHT DER WICHTIGSTEN ANSPRUCHSGRUPPEN

Aufgrund der bisherigen „objektiven“ Beurteilungen in den Abschnitten 5.2 bis 5.6 werden die beiden Strategievarianten grob-qualitativ aus Sicht der fünf wichtigsten Anspruchsgruppen beurteilt. Stromverbraucherseitig sind dies die Haushalte respektive die Betriebe, stromangebotsseitig die öffentlichen Stromversorger, „private“ Versorger (Contractor grösserer Anlagen respektive Betreiber kleinerer dezentraler Anlagen) sowie die öffentliche Hand (Kanton und Stadt Schaffhausen). Für sie alle stellen sich die gleichen zwei Fragen:

- › Wie ist der Kernenergieausstieg und seine Konsequenzen aus Sicht dieser Anspruchsgruppen zu beurteilen?
- › Und welche Schlussfolgerungen lassen sich dadurch in Bezug auf deren Akzeptanz des politischen Anliegens ziehen?

AUSWIRKUNGEN AUF DIE WICHTIGSTEN ANSPRUCHSGRUPPEN (TEIL I VON III)	
Stromverbraucherseitige Anspruchsgruppen	
Haushalte	<p>Auswirkungen der Strompreiserhöhung, Beispiele</p> <ul style="list-style-type: none"> › Junger Single, 2-Zimmer-Wohnung mit Elektroherd (1600 kWh/Jahr): Mehrkosten pro Jahr zwischen 10 Fr. (+0.6 Rp./kWh; Strategievariante 1 mit tiefer Stromnachfrage) und 59 Fr. (+3.7 Rp./kWh; Strategievariante 2 mit hoher Stromnachfrage) › 4-köpfige Familie, 5-Zimmer-Einfamilienhaus mit Elektroherd, Elektroboiler und Tumbler (6000 kWh/Jahr): Mehrkosten pro Jahr zwischen 36 Fr. (+0.6 Rp./kWh; Strategievariante 1 mit tiefer Stromnachfrage) und 222 Fr. (+3.7 Rp./kWh; Strategievariante 2 mit hoher Stromnachfrage) <p>Beurteilung der Akzeptanz</p> <ul style="list-style-type: none"> › Akzeptanz in Bezug auf die Strompreise: Die Haushalte spüren nicht nur die Strommehrkosten durch den Kernenergieausstieg. Aus ihrer Sicht ist die Entwicklung der Gesamtstromkosten entscheidend. Die Strompreise steigen gemäss Referenzentwicklung bis 2060 um ca. 4 Rp./kWh an. Im Fall eines Kernenergieausstiegs gemäss Strategievariante 2 resultieren zusätzliche Mehrkosten von +3.1 Rp./kWh bis +3.7 Rp./kWh (je nach Stromnachfrageentwicklung). Für eine wie oben erwähnte 4-köpfige-Familie sind das ca. +200 Fr./Jahr. Für Haushalte mit sehr tiefem Einkommen kann dies durchaus belastend sein. Ausserdem muss der Kanton Schaffhausen mit Stromverbrauchern rechnen, die sich generell gegen jegliche Strompreiserhöhungen wehren und bei der ersten Gelegenheit in den freien Strommarkt wechseln. In dieser Hinsicht dürfte die Strategievariante 1 (tiefe Strompreise) Vorteile bringen. › Akzeptanz in Bezug auf den Inhalt des Anliegens: Aufgrund der Ausführungen zur politischen Glaubwürdigkeit (Kapitel 5.5) dürften die Argumente für einen Kernenergieausstieg gemäss Strategievariante 2 (regionale Wertschöpfung) bei den Haushalten besser ankommen. Die Sichtbarkeit und damit auch Glaubwürdigkeit ist höher, was der Akzeptanz förderlich ist.
Betriebe	<p>Auswirkungen der Strompreiserhöhung, Beispiele</p> <ul style="list-style-type: none"> › Typischer Kleinbetrieb (30'000 kWh/Jahr): Mehrkosten pro Jahr zwischen 180 Fr. (+0.6 Rp./kWh; Strategievariante 1 mit tiefer Stromnachfrage) und 1110 Fr. (+3.7 Rp./kWh; Strategievariante 2 mit hoher Stromnachfrage) › Grossbetrieb (500'000 kWh/Jahr): Mehrkosten pro Jahr zwischen 3000 Fr. (+0.6 Rp./kWh; Strategievariante 1 mit tiefer Stromnachfrage) und 18'500 Fr. (+3.7 Rp./kWh; Strategievariante 2 mit hoher Stromnachfrage) <p>Beurteilung der Akzeptanz</p> <ul style="list-style-type: none"> › Auch bei den Betrieben gilt in Bezug auf die Strompreise: Sie beurteilen die Gesamtkosten. Im Fall eines Kernenergieausstiegs gemäss Strategievariante 2 resultieren zusätzliche Mehrkosten von +3.1 Rp./kWh bis +3.7 Rp./kWh (je nach Stromnachfrageentwicklung). Für einen Grossbetrieb mit einem Verbrauch von 500'000 kWh/Jahr entspricht dies bis zu +18'500 Fr. pro Jahr. Der Kanton wird bei den Betrieben mit Sicherheit auf Widerstand stossen. In dieser Hinsicht dürfte die Strategievariante 1 (Strompreisoptimierung) besser akzeptiert werden. › Akzeptanz in Bezug auf den Inhalt des Anliegens: Generell dürften Betriebe weniger empfänglich sein für die inhaltlichen Argumente eines Kernenergieausstiegs. Für sie bedeutet er eine zusätzliche Belastung. Vor allem Betriebe, die sich auf der Verliererseite sehen (stromintensive Betriebe, welche die höheren Kosten aufgrund flacher Nachfragekurven nicht weitergeben können), werden sich gegen den Kernenergieausstieg stark machen. Gewinnerbetriebe (v.a. im Baugewerbe) werden sich hingegen kaum für das Anliegen einsetzen. Insgesamt haben beide Strategievarianten Nachteile, bei Strategievariante 1 fallen die Nachteile wegen geringerer Strompreiserhöhungen weniger stark ins Gewicht.

Tabelle 13 Auswirkungen des Kernenergieausstiegs auf die wichtigsten Anspruchsgruppen sowie Beurteilung der Akzeptanz des politischen Anliegens aus Sicht dieser Anspruchsgruppen (Teil I von III, Fortsetzung auf den beiden Folgeseiten).

AUSWIRKUNGEN AUF DIE WICHTIGSTEN ANSPRUCHSGRUPPEN (TEIL II VON III)

Stromangebotsseitige Anspruchsgruppen

Öffentliche EVU

Auswirkungen auf die Unternehmen

Die öffentlichen EVU spielen eine Hauptrolle beim Kernenergieausstieg.

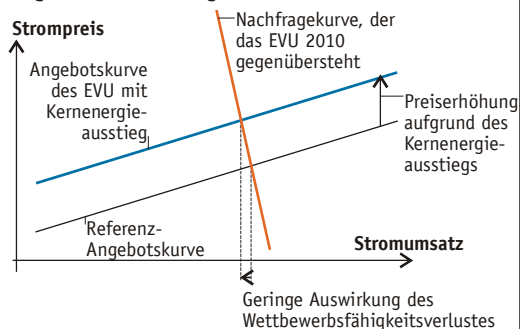
- › Im Fall der Strategievariante 1 (Strompreisoptimierung) sind die Auswirkungen auf die Unternehmen moderat. In Zusammenarbeit mit dem Hauptlieferanten AXPO werden sie neue Strombeschaffungsstrategien ausarbeiten müssen, die auf Stromherkunfts- und Stromqualitätsnachweise ausgerichtet sind. Die Umsetzung dieser Strategien bedingt den sukzessiven Ausbau von Know-how in diesem Bereich, v.a. auch, was die Entwicklung der Rechtslage (Schweiz, EU) angeht. Dafür haben die EVU in Anbetracht der Langfristigkeit der Ziele (30 Jahre und darüber hinaus) aber genügend Zeit.
- › Bei einer Umsetzung des Ausstiegs mit starkem Fokus auf den Ausbau der Schaffhauser Stromerzeugungskapazitäten (Strategievariante 2) sind die Auswirkungen auf die Unternehmen deutlich stärker. Im Gegensatz zur heutigen Situation (2009) müssen neue Tätigkeitsfelder erschlossen werden:
 - › Gründung neuer Gesellschaften für den Bau von Anlagen zur Stromerzeugung
 - › Erarbeitung von Investitions- und Finanzierungslösungen für den Ausbau
 - › Neuausrichtung respektive stärkerer Fokus der Unternehmenskommunikation auf die neue Eigentümerstrategie (Produktmarketing, Imagekampagnen etc.).

Beurteilung der Akzeptanz

Bei den kantonalen Werken stellt sich die Frage der Akzeptanz eigentlich nicht, weil der Kanton Schaffhausen als Eigentümer des Unternehmens im Fall eines Kernenergieausstiegs die Unternehmensstrategie vorgeben kann. Auch bei den Stadtwerken sollte es möglich sein, im Rahmen einer konstruktiven Zusammenarbeit auf politischer Ebene eine Einigung für eine auf die Zielsetzung ausgerichtete Eigentümerstrategie zu finden (welche letzten Endes von der Stadt definiert wird).

Allerdings ist der Eingriff in die Souveränität der Unternehmen, die offiziell „unabhängig“ sind, doch relativ gross. Aus ihrer Sicht dürfte der Verlust von Wettbewerbsfähigkeit durch die Preiserhöhungen ein Risiko darstellen: Heute sind die Strommarkt-Nachfragekurven, denen sie gegenüberstehen, zwar noch relativ steil (d.h. die Unternehmen können die Preiserhöhungen ohne hohe Umsatzverluste weitergeben). Mit der zunehmenden Marktliberalisierung werden sich diese allerdings abflachen (siehe Grafik). Jede Massnahme, die nur die öffentlichen Stromversorger betrifft und andere, kantonsexterne Versorger ausschliesst, ist aus ihrer Sicht problematisch. Insgesamt haben beide Strategievarianten Nachteile, bei Strategievariante 2 fallen diese wegen der stärkeren Strompreiserhöhungen mehr ins Gewicht.

Angebots- und Nachfragekurven der EVU 2010



Angebots- und Nachfragekurven der EVU 2040?

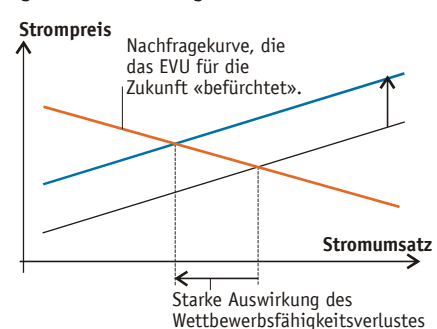


Tabelle 13, Fortsetzung: Teil II von III (Fortsetzung auf der Folgeseite).

AUSWIRKUNGEN AUF DIE WICHTIGSTEN ANSPRUCHSGRUPPEN (TEIL III VON III)	
Stromangebotsseitige Anspruchsgruppen	
Private Contractor grösserer Anlagen respektive Betreiber kleiner dezentraler Solaranlagen	<p>Auswirkungen auf die beiden privaten Anspruchsgruppen</p> <p>Private Contractor grösserer Anlagen (Solar-, Biomasse-, Windkraftanlagen) und Betreiber kleiner dezentraler Anlagen (v.a. Solaranlagen) spielen beim Kernenergieausstieg eine wichtige Rolle. Das gilt insbesondere für die Solarenergie, bei der ein Grossteil des Gesamtpotenzials nur dann ausgeschöpft werden kann, wenn massive Eingriffe bei Gebäuden in Privatbesitz vorgenommen werden (v.a. die konsequente Nutzung von Dachflächen). Beide Anspruchsgruppen sind private Akteure, die nur dann Massnahmen ergreifen, wenn mit relativ grosser Sicherheit eine Rendite generiert werden kann, die mit anderen langfristigen (Geld-)Anlagen vergleichbar ist.</p> <ul style="list-style-type: none"> › In diesem Sinn sind aus ihrer Sicht keine negativ wahrgenommenen Auswirkungen zu erwarten. Im Fall eines Kernenergieausstiegs gemäss Strategievariante 1 (Strompreisoptimierung) ergeben sich keine Unterschiede zur Referenzentwicklung ohne Kernenergieausstieg: Sobald Solaranlagen Netzparität erreichen (Annahme 2025) und die generierbare Rendite langsam ansteigt, beginnen sie einen stetigen Ausbau. Windkraft- und Biomasseanlagen werden nicht oder nur in sehr geringem Umfang aus eigenem Antrieb gebaut (sofern diese nicht gefördert werden). › Im Fall eines Kernenergieausstiegs gemäss Strategievariante 2 (regionale Wertschöpfung) wird diese Ausbautätigkeit speziell gefördert, und zwar auch bei den voraussichtlich unwirtschaftlichen Windkraft- und Biomasseanlagen: <ul style="list-style-type: none"> › Förderprogramme der öffentlichen Hand, allenfalls kombiniert mit nicht monetären Anreizen (Beispiel Erhöhung Ausnützungsziffer für Bauprojekte mit Solaranlagen) etc. › Förderung durch die EVU: Erhöhung der Einspeisevergütungen mit Überwälzung auf die allgemeinen Elektrizitätstarife, Förderprogramme etc. <p>Unter diesen Umständen hat der Kernenergieausstieg eher positive Auswirkungen auf die privaten Anspruchsgruppen.</p> <p>Beurteilung der Akzeptanz</p> <p>Die Akzeptanz der privaten Anspruchsgruppen für das politische Anliegen ist im Fall eines Kernenergieausstiegs gemäss Strategievariante 1 neutral, und im Fall eines Ausstiegs gemäss Strategievariante 2 positiv zu beurteilen.</p>
Öffentliche Hand (Kanton, Stadt)	<p>Auswirkungen auf den Kanton und die Stadt Schaffhausen</p> <p>Für die Strategievariante 2 (regionale Wertschöpfung) müssen sich der Kanton und die Stadt Schaffhausen in wesentlich mehr Bereichen intensiv engagieren (Umsetzungsaufwand ist höher) als für die Strategievariante 1. Nachfrageseitig bedingt diese Strategievariante vermehrt Massnahmen im Bereich Marketing (unter anderem Bewusstseinskampagnen, Vermarktung von Leuchtturmprojekten) sowie Massnahmen zur Stärkung der Vorbildfunktion der öffentlichen Hand (beispielsweise Vorgaben zum Strombezug von öffentlichen Verbrauchern, Realisierung von Leuchtturmprojekten). Angebotsseitig liegen die Prioritäten beim regionalen Ausbau von Stromerzeugungskapazitäten. Dieser muss in Zusammenarbeit mit den anderen Anspruchsgruppen stark forciert werden (der Kanton und die Stadt übernehmen dabei eine wichtige unterstützende Rolle).</p> <p>Beurteilung der Akzeptanz</p> <p>Generell dürften die kantonalen und städtischen Politiker empfänglicher sein für die inhaltlichen Argumente eines Kernenergieausstiegs gemäss Strategievariante 2. Allerdings könnte der dafür nötige Umsetzungsaufwand abschrecken. Unter dem Strich dürfte die Strategievariante 2 aber immer noch leicht stärkeren Zuspruch finden.</p>

Tabelle 13, Fortsetzung: Teil III von III.

Exkurs: Stromproduktumstellung – Fallbeispiel Stadt Zürich

Im Oktober 2006 führte das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (ewz) neue Stromprodukte ein. Das Standardprodukt besteht neu vorwiegend aus naturemade-basic-zertifiziertem Strom (genaue Zusammensetzung: siehe www.ewz.ch). Dieses wird seit 2006 auch all jenen Kunden geliefert, welche nach dreimaliger Aufforderung keine aktive Wahl trafen. Grundsätzlich bietet das ewz seit 2006 zwei Alternativen zum Standardprodukt an: Das etwas günstigere Produkt „Mixpower“, welches zu zwei Dritteln aus Strom aus Kernkraft besteht und ein teureres Produkt, welches vorwiegend aus naturemade-star-zertifiziertem Strom besteht (v.a. Wasserkraft). Mit der Produktumstellung konnte ein Schritt in Richtung kernenergiefreie Stadt Zürich gemacht werden: Der Anteil der Kernkraft im gesamten Strommix der Stadt Zürich sank von 57.6% (2006) auf 31.2% (2007). In den Folgejahren wurde mit einer aktiven Marketing-Strategie eine weitere Senkung erzielt (2009: 26.7%).

Kundenkategorie (Anzahl Kunden / Gesamtbezug)		Variante 1: Mixpower (besteht zu zwei Dritteln aus Strom aus Kernkraft)	Variante 2: naturemade- basic-zertifizierter Strom (v.a. Wasserkraft)	Variante 3: naturemade- star-zertifizierter Strom (v.a. Wasserkraft)
Privatkunden (191'000 / 560 GWh)	Aufpreis	+0 Rp./kWh	+0.5 Rp./kWh	+4.9 Rp./kWh
	Anteil Kunden	21%	75%	4%
KMU-Kunden (24'000 / 505 GWh)	Aufpreis	+0 Rp./kWh	+0.5 bis 1.1 Rp./kWh	+3.2 bis +4.9 Rp./kWh
	Anteil Kunden	32%	67%	< 1%
Grosskunden (1000 / 1825 GWh)	Aufpreis	+0 Rp./kWh	+1.1 Rp./kWh	+3.2 Rp./kWh
	Anteil Kunden	47%	47%	7%

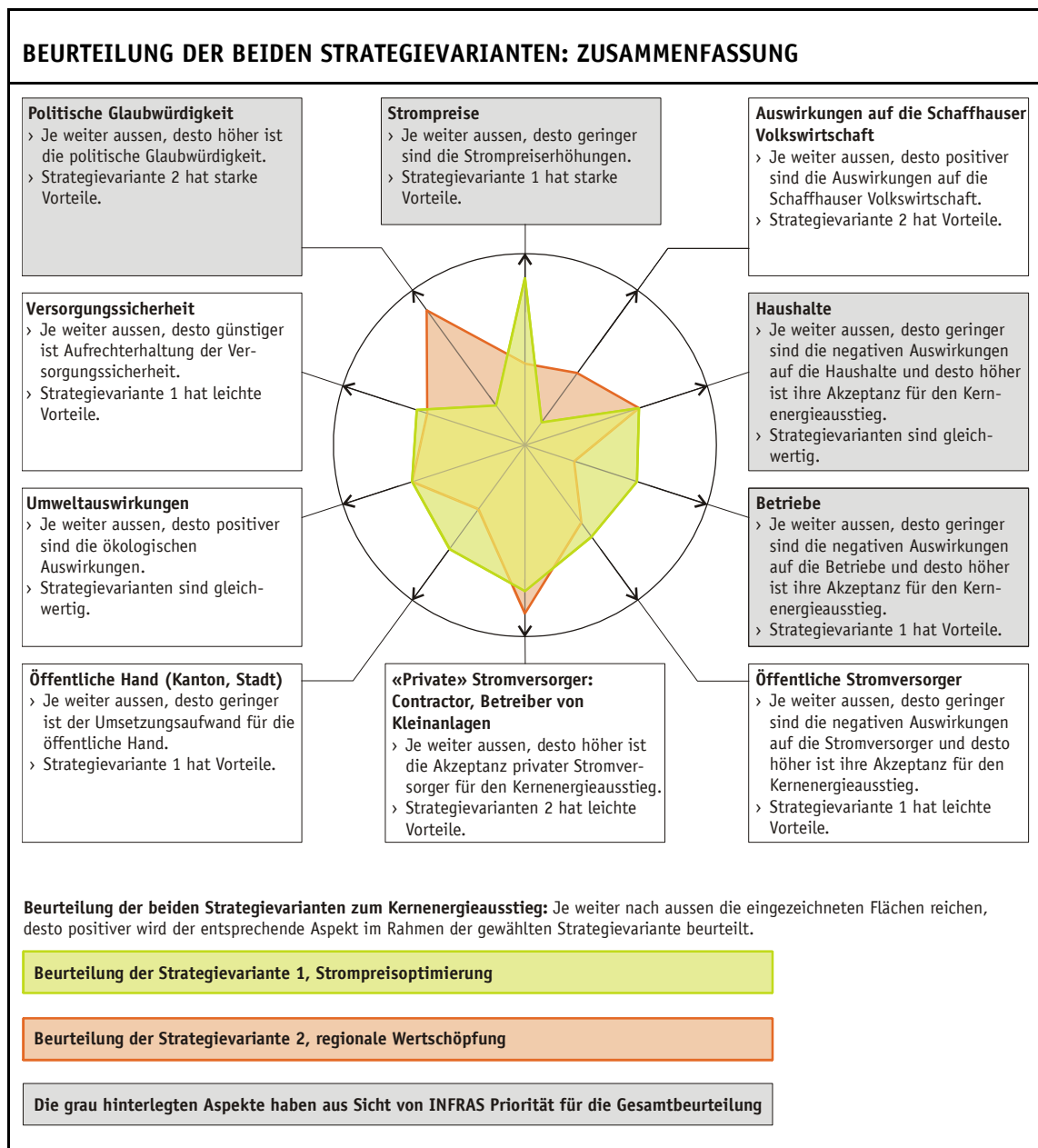
Tabelle 14 Die drei Hauptprodukte des ewz, Aufpreise gegenüber dem günstigsten Produkt (2011) sowie Anteil der Kunden innerhalb dreier typischer Kundengruppen, welche ein bestimmtes Produkt beziehen.

Eine Produktumstellung mit einer Änderung des Tarifsystems fand 2007 auch in der Stadt Bern statt, welche ebenfalls zu einer Erhöhung des Anteils von Strom aus erneuerbaren Energien (v.a. Wasserkraft) führte. Die beiden Beispiele aus Zürich und Bern reichen für eine abschliessende Beurteilung der tatsächlichen Risiken und Chancen für die Volkswirtschaft des Kantons Schaffhausen nicht aus. Sie zeigen aber auf, dass nicht wenige Kunden durchaus ein Interesse an ökologischen Stromprodukten haben (darunter auch Grosskunden) und dass bei einem Anstieg der Strompreise in kleinen Schritten zugunsten der Ökologisierung auch keine direkte Abwanderung von Stromkunden zu befürchten ist. Dass einzelne Unternehmen oder Privatkunden auch auf geringe Strompreiserhöhungen sehr stark reagieren (Standortwahl, juristisches Vorgehen) ist hingegen nicht auszuschliessen. Und ohne das engagierte Vorgehen der involvierten Werke wäre eine erfolgreiche Produktumstellung nicht möglich gewesen:

- › Eine gute Kommunikation (Information, Marketing, Kundenbetreuung) ist ein entscheidender Faktor für die Umstellung. In beiden Beispielen war und ist der Aufwand für die verantwortlichen Werke zur Planung, Durchführung und Nachbearbeitung der Umstellung hoch.
- › Die Optimierung des Tarifsystems im Rahmen der Umstellung spielt eine wichtige Rolle: Geringe Stromaufpreise für das neue, ökologischere Standardprodukt sind entscheidend. Wenn die Umstellung mit einer generellen Strompreissenkung respektive einer Preissenkung für Strom aus erneuerbaren Energien kombiniert werden kann, haben die Werke mehr Spielraum für die Ausgestaltung des neuen Tarifsystems.

5.8. GESAMTBEURTEILUNG

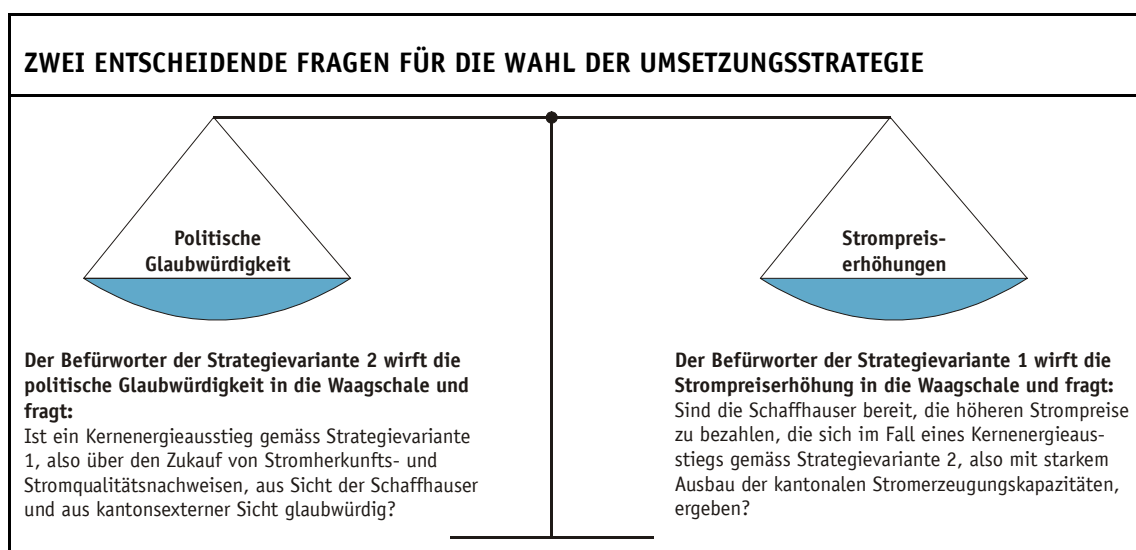
Figur 18 fasst die Beurteilungen der beiden Strategievarianten zusammen. In Bezug auf die Gesamtbeurteilung der Varianten sehen die Autoren der Studie klare Prioritäten bei den Auswirkungen der Strompreiserhöhung und der politischen Glaubwürdigkeit.



Figur 18 Zusammenfassende Darstellung der Beurteilung verschiedener Aspekte des Schaffhauser Kernenergieausstiegs gemäss den beiden vorgeschlagenen Strategievarianten. Mit Blick auf eine Gesamtbeurteilung der Varianten sehen die Autoren die Prioritäten bei den verbraucherseitigen Auswirkungen (und der Akzeptanz) der Strompreiserhöhungen sowie bei der politischen Glaubwürdigkeit.

Im Spannungsfeld zwischen Strompreiserhöhung und politischer Glaubwürdigkeit

Die Autoren können keine abschliessende Gesamtbeurteilung der Strategievarianten abgeben. Dafür wäre eine semiquantitative, gegenseitige Gewichtung der diskutierten Aspekte nötig, die kaum zu belastbaren Resultaten führen würde. Aus qualitativer Sicht sehen die Autoren der Studie bei der Abwägung der Aspekte hingegen klare Prioritäten bei zwei zentralen Fragestellungen (Figur 19).



Figur 19 Beurteilung der Strategievarianten: Zwei entscheidende Fragen.

Der Aspekt der Strompreiserhöhung spricht für Strategievariante 1

INFRAS schätzt auf Basis anderer Studien, dass die Strompreise bis 2040 im Kanton Schaffhausen um durchschnittlich 4 Rp./kWh steigen werden, auch wenn weiterhin auf die Kernenergie gesetzt wird (Referenzszenario). Ein Trend zu ansteigenden Strompreisen wird auch national und international erwartet. Der konsequente Umbau des kantonalen Stromversorgungssystems gemäss Strategievariante 2 wird sich zusätzlich auf die Strompreise auswirken. Grobschätzungen zeigen, dass kurzfristig (bis 2015) mit einem durch den Kernenergieausstieg verursachten zusätzlichen Strompreisanstieg von +1 Rp./kWh zu rechnen ist. Der Anstieg wird sich bis 2040 fortsetzen und bei rund +3.1 Rp./kWh (tiefe Stromnachfrage) bis +3.7 Rp./kWh (hohe Stromnachfrage) stabilisieren. Bei einem Kernenergieausstieg gemäss Strategievariante 1 steigen die Strompreise weniger stark an: Die Netto-Strompreiserhöhung aufgrund des Kernenergieausstiegs beträgt 2040 weniger als +1 Rp./kWh. Dieses Argument spricht für die Strategievariante 1, weil damit die zusätzliche Belastung für die Stromver-

braucher (v.a. für stromintensive Betriebe und Haushalte mit geringen Einkommen) vor dem Hintergrund sowieso ansteigender Strompreise gedämpft werden kann.

Der Aspekt der politischen Glaubwürdigkeit spricht für Strategievariante 2

Wird der Kernenergieausstieg entsprechend Strategievariante 1 hauptsächlich über den Zukauf von Stromherkunfts- und Stromqualitätsnachweisen umgesetzt (Strategievariante 1), kann die Strompreiserhöhung im günstigsten Fall zwar auf etwas mehr als einen halben Rappen pro kWh begrenzt werden. Allerdings fliesst dieser vorwiegend ins weite Ausland. Hier fragt sich der Schaffhauser Stromverbraucher: Trägt der Kanton mit seiner Nachfrage nach Stromherkunfts- und Qualitätsnachweisen wirklich zu einem Ausbau der Stromerzeugungskapazitäten in den entsprechenden Ländern und damit zum nachhaltigen Umbau des Stromversorgungssystems bei?

Auch wenn diese positive Wirkung belegt werden kann (was sicher nur teilweise möglich ist), bleibt aus einer kantonsexternen Sicht ein Kritikpunkt offen: Der Kanton muss sich den Vorwurf gefallen lassen, dass er das Problem nicht an der Wurzel zu lösen versucht: Mit dem Zubau von Stromerzeugungskapazitäten im Ausland sinkt die Nachfrage nach Schweizer Atomstrom nämlich nicht (respektive nur im Rahmen der Effizienzsteigerung, die der Kanton Schaffhausen im Zusammenhang mit dem Kernenergieausstieg planen muss). Damit trägt Schaffhausen auch nicht zum „Schweizer Kernenergieausstieg“ bei, wenn er eine konsequente Umsetzung des kantonalen Ausstiegs gemäss Strategievariante 1 plant. Würden mehrere oder sogar alle Kantone der Schweiz eine solche Strategie verfolgen, stiege das Risiko in Bezug auf die Versorgungssicherheit und die Strompreise stark an.

Ein forcierter, sanfter Strukturwandel gemäss Strategievariante 2 bietet Chancen für die Schaffhauser Volkswirtschaft

Insgesamt dürften die Auswirkungen eines Kernenergieausstiegs auf die Schaffhauser Volkswirtschaft sehr gering sein – im Fall eines Ausbaus der lokalen Stromerzeugungskapazitäten (Strategievariante 2) sind aber positive Impulse zu erwarten. Die Realisierung der Potenziale in den Bereichen Stromeffizienz und erneuerbare Energien würde zu einem sanften Strukturwandel in der regionalen Wirtschaft beitragen. Damit verbunden sind dynamische Innovationsprozesse, welche sich positiv auf die Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft in der Region Schaffhausen auswirken dürften.

6. VORGEHENSPLAN FÜR DEN KANTON SCHAFFHAUSEN: IN ZWEI SCHRITTEN ZUM KERNENERGIEAUSSTIEG

6.1. SCHRITT 1: POLITIK- UND VOLKSENTSCHEID FORCIEREN

Die vorliegende Studie dient als Grundlage, um den möglichen Kernenergieausstieg des Kantons Schaffhausen anzugehen. Zuerst wird die Vorlage durch das Parlament behandelt. Im Fall eines positiven Beschlusses ist das nächste Ziel eine Volksentscheid, ohne den ein so langfristiges Projekt wie ein Kernenergieausstieg kaum erfolgreich sein wird.

Kommunikationskonzept vorbereiten

Als Vorbereitung für die Volksabstimmung muss sich der Kanton Schaffhausen überlegen, wie er seine Bevölkerung an das Anliegen heranführt (Kommunikationskonzept). Für viele Schweizer – wenn nicht für die meisten – ist die „omnipotente Steckdose“ nach wie vor eine Selbstverständlichkeit, über die grundsätzlich nicht nachgedacht wird. Bei solchen Stromverbrauchern schießen „wissenschaftlich belegte“, differenzierte Argumente häufig am Ziel vorbei. Die Stadtzürcher beispielsweise haben sich für die Umsetzung der 2000-Watt-Gesellschaft und damit auch für einen Umbau der städtischen Stromversorgung entschieden. Mit Sicherheit aber weiss die Mehrheit der Befürworter nicht, was die 2000-Watt-Gesellschaft im Detail ist und welche Konsequenzen ihre Umsetzung genau hat. Das wird in Schaffhausen nicht anders sein. Dies sollte der Kanton berücksichtigen, wenn er das Kommunikationskonzept entwirft und die wichtigsten Argumente für den Kernenergieausstieg auswählt.

Juristische Abklärungen als wichtiger Vorbereitungsschritt

Ebenfalls ein wichtiger Vorbereitungsschritt sind die vorbeugenden, juristischen Abklärungen für den Fall einer Annahme des Kernenergieausstiegs: Macht sich der Kanton Schaffhausen danach an die Detailplanung und Umsetzung des Volksentscheids, ist ein Rechtsstreit mit drei unterschiedlichen Akteuren denkbar, auf die sich der Kanton Schaffhausen vorbereiten sollte:

- › *Stromverbraucher, welche die Strompreiserhöhungen nicht hinnehmen wollen:* In erster Linie versucht der Kanton Schaffhausen zwar, die Motivation für einen nachhaltigen Umbau der Stromversorgung aufzuzeigen (Kommunikationsmittel, Marketing) und damit einen Grossteil der Schaffhauser für das Anliegen zu gewinnen. Diese Mehrheit wird dann auch bereit sein, die Konsequenzen – höhere Strompreise – mitzutragen. Trotzdem wird es nach einem

positiven Volksentscheid Stromverbraucher geben, welche sich auf juristischem Weg gegen den Kernenergieausstieg und dessen Auswirkungen auf die Strompreise wehren werden.

- › *Städtische respektive kommunale Stromversorger, welche ihre wichtige Rolle für den Kernenergieausstieg nicht oder nicht genügend konsequent wahrnehmen wollen.* Der Kanton Schaffhausen kann als Eigentümer der kantonalen Werke klare Vorgaben machen, wie sich diese in Zukunft auszurichten haben. Er formuliert dafür eine entsprechende Eigentümerstrategie mit Zielpfaden und strategischen Grundsätzen. Bei den städtischen respektive kommunalen Werken hat er diese Möglichkeit nicht. In erster Linie versucht der Kanton Schaffhausen, die Eigentümer dieser Werke – insbesondere die Stadt Schaffhausen – über eine gute politische Zusammenarbeit mit „ins Boot zu holen“. In Anbetracht der städtischen Ausrichtung auf das Ziel 2000-Watt-Gesellschaft dürfte dies unproblematisch sein. Falls das Vorgehen nicht zum Ziel führt, muss der Kanton versuchen, sein Anliegen über gesetzliche Mindestanforderungen an die Stromherkunft im kantonalen Recht oder über rechtlich verbindliche Leistungsaufträge durchzusetzen.
- › *Die Bundesbehörden (zentrale Instanz: ElCom), die Abweichungen zum nationalen Recht feststellen (StromVG und StromVV, allenfalls auch EnG und EnV):* Bei der ElCom, die direkt vom Bundesrat beauftragt ist, laufen alle Fäden zusammen, wenn es um rechtliche Fragen im Bereich Stromversorgung geht. Falls sie Abweichungen zum nationalen StromVG feststellt – entweder direkt oder indirekt auf Anfrage einer der beiden oben beschriebenen Akteure – wird sie eine Verfügung zur Korrektur erlassen und diese im Falle von Beschwerden seitens des Kantons Schaffhausen zuerst am Bundesverwaltungsgericht und danach am Bundesgericht durchzusetzen versuchen.

Zur Untersuchung relevanter rechtlicher Fragen zum Kernenergieausstieg hat der Kanton bereits während der Arbeiten zu dieser Studie ein Rechtsgutachten (Walder Wyss 2011) in Auftrag gegeben, welches zeitgleich mit der Studie abgeschlossen wurde.

6.2. SCHRITT 2: KERNENERGIEAUSSTIEG PLANEN UND UMSETZEN

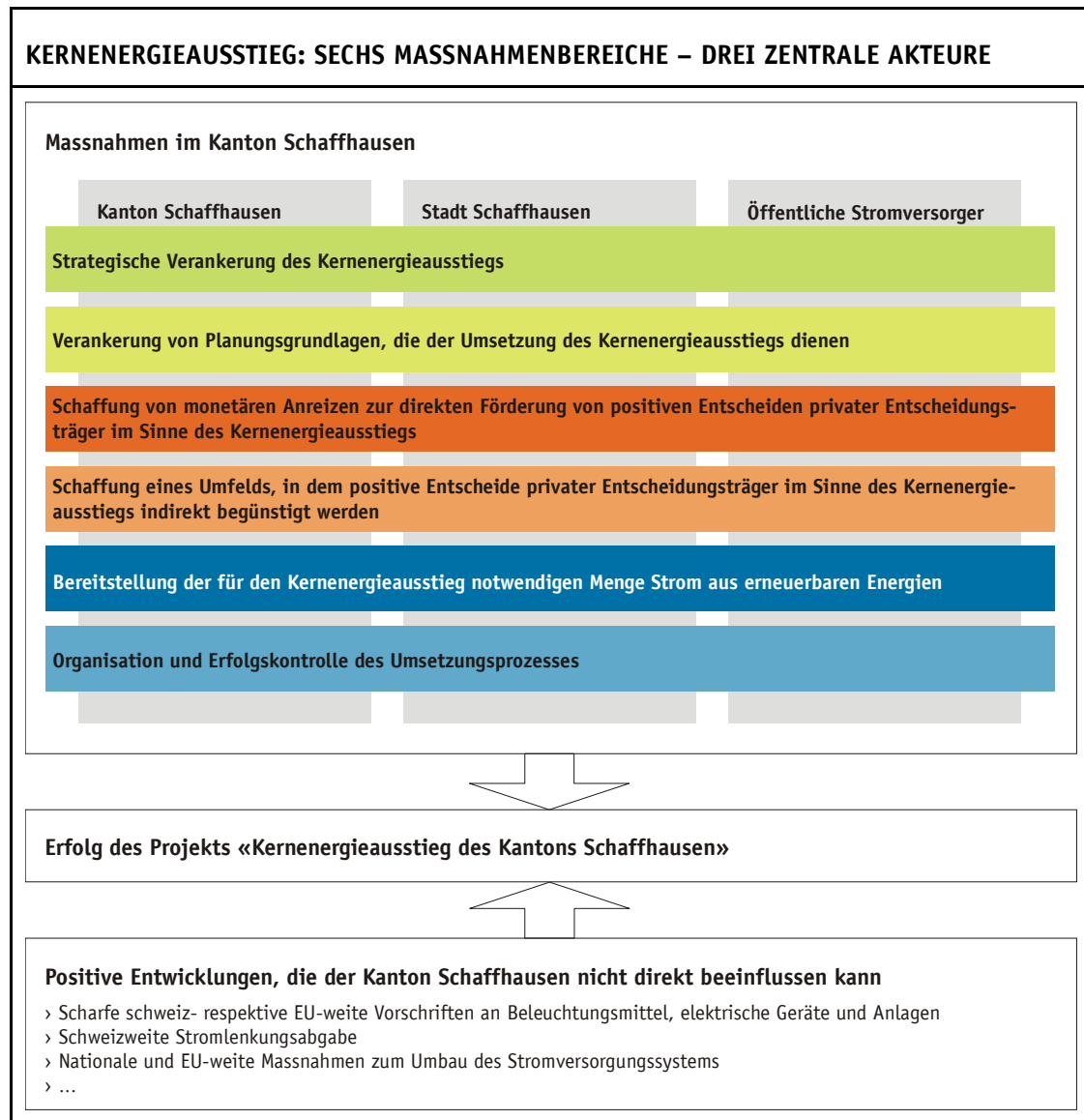
Ob der Kanton Schaffhausen den Kernenergieausstieg schafft oder nicht, hängt auch von Entwicklungen ab, die er nicht direkt beeinflussen kann. Beispielsweise ist das gesetzte kantonale Stromeffizienzziel (Minus-20%-Ziel bis 2040, Kapitel 3.1) nur dann erreichbar, wenn die übergeordnete Politik (Bund, EU, internationale Gemeinschaft) mit den Vorschriften für Beleuchtungsmittel, elektrische Geräte und Anlagen vorwärts macht. Das Gleiche gilt für das Ziel der Stromherkunft (bis 2040 grösstenteils aus erneuerbaren Energien):

Wenn sich der Trend zur Nutzung von erneuerbaren Energien für die Stromversorgung schweiz- und EU-weit noch weiter verstärkt, wachsen die Chancen für den Schaffhauser Kernenergieausstieg, weil vermehrt erneuerbarer Strom angeboten wird.

Massnahmen: Der Pelz kann nicht gewaschen werden, ohne dass er nass wird

Entscheiden sich die Schaffhauser für den Kernenergieausstieg, erteilen sie dem Kanton damit den Auftrag für ein Projekt, das sich über mehrere Generationen erstrecken wird. Für derartig langfristige Projekte sind eine gute Planung und ein konsequenter Wille zur Umsetzung unabdingbar. Denn eines ist klar: Auch im Fall von positiven schweiz- und EU-weiten Entwicklungen muss der Kanton Schaffhausen mit eigenen Massnahmen einen entscheidenden Beitrag leisten, um den Kernenergieausstieg zu schaffen.

Die vorliegende Studie hat nicht den Anspruch, einen abschliessenden Massnahmenkatalog für die Planung und Umsetzung des Kernenergieausstiegs zu definieren. Die Autoren machen hingegen einen Vorschlag, wie ein solcher Katalog strukturiert werden könnte (Figur 20). Ausserdem zeigen sie anhand von exemplarisch ausgewählten Massnahmen auf, wo die Prioritäten liegen. Zu beachten ist, dass die Massnahmen zum Teil Querbeziehungen aufweisen und alternative Handlungsoptionen darstellen können (falls z.B. eine griffige, nationale Lenkungsabgabe eingeführt wird, sind einige der aufgelisteten Massnahmen nicht mehr oder nur mit geringerer Intensität erforderlich). Für die erfolgreiche Umsetzung müssen also nicht alle der aufgeführten Massnahmen umgesetzt werden. Die Beispiele sind im provisorischen Massnahmenkatalog in Tabelle 15 zusammengefasst. Im Fall eines positiven Abstimmungsergebnisses wird der Kanton Schaffhausen die vorgeschlagenen Massnahmen detaillieren, ergänzen und entsprechend der gewählten Strategie aufeinander abstimmen müssen.



Figur 20 Der Erfolg des Kernenergieausstiegs von Schaffhausen hängt nicht nur, aber entscheidend von den Massnahmen ab, die im Kanton Schaffhausen ergriffen werden.

MASSNAHMENPLAN KERNENERGIEAUSSTIEG						
Nr.	Massnahme	Wirkung durch...		Zuständigkeit		
		Effizienz	Substitution	Kanton	Stadt	EVU
Strategische Verankerung des Kernenergieausstiegs						
1	Verankerung als regierungsrätliche Zielsetzung Festlegung der Stromeffizienz- und Stromliefermix-Ziele bis 2040	Eff	Sub	Ka	-	-
2	Verankerung in den kantonalen Leitlinien zur Energiepolitik Festlegung der Stromeffizienz- und Stromliefermix-Ziele bis 2040 und der erforderlichen Zwischenziele, Massnahmenplan	Eff	Sub	Ka	-	-
3	Abstimmung der Zielsetzungen mit der Stadt Verankerung durch städtischen Parlamentsbeschluss oder durch Eintrag in der Stadtverfassung anstreben	Eff	Sub	Ka	St	-
4	Verankerung in der Eigentümerstrategie des kantonalen EVU Festlegung der Stromeffizienz- und Stromliefermix-Ziele bis 2040 und der erforderlichen Zwischenziele	Eff	Sub	Ka	-	EVU
5	Verankerung in der Eigentümerstrategie des städtischen EVU In Kooperation mit der Stadt; Festlegung der Stromeffizienz- und Stromliefermix-Ziele bis 2040 und der erforderlichen Zwischenziele	Eff	Sub	Ka	St	EVU
Verankerung von Planungsgrundlagen, die der Umsetzung des Kernenergieausstiegs dienen						
6	Gesetzliche Mindestanforderung an die Stromherkunft Im energierechtlichen Teil des kantonalen Baugesetzes (gestützt auf das nationale StromVG); wichtige Grundlage für die Effizienz- und Substitutionsprogramme der EVU.	-	Sub	Ka	-	-
7	Gesetzliche Grundlage für verbindliche Leistungsaufträge an die EVU Im energierechtlichen Teil des kantonalen Baugesetzes (gestützt auf das nationale StromVG); wichtige Grundlage für die Effizienz- und Substitutionsprogramme der EVU.	Eff	Sub	Ka	-	-
8	Vorgabe an Gemeinden zur Durchführung einer Energieplanung Ergänzung des kantonalen Baugesetzes mit einer Verpflichtung der Gemeinden zur Durchführung einer kommunalen Energieplanung (Umsetzung MuKE n Modul 7, Art. 7.4)	Eff	-	Ka	-	-

9	Umsetzung MuKE n Modul 3 Elektrische Anlagen (SIA 380/4) Übernahme MuKE n Modul 3 in das kantonale Baugesetz. Damit sind Neubauten, Umbauten und Umnutzungen mit mehr als 1000 m ² EBF nach SIA 380/4 zu planen.	Eff	-	Ka	-	-
10	Gesetzliche Grundlage für verbindliche, kommunale Vorgaben zur Stromeffizienz in Gestaltungs- und Sondernutzungsplänen Im energierechtlichen Teil des kantonalen Baugesetzes; Gemeinden sollen <u>nicht</u> verhandelbare Anforderungen an elektrische Anlagen der Haustechnik und an fix installierte Beleuchtungen und Geräte (Waschmaschinen, Tumbler, Kühlgeräte etc.) stellen können.	Eff	-	Ka	-	-
11	Allgemeine Ersatzpflicht für elektrische Widerstandsheizungen Verankerung im energierechtlichen Teil des kantonalen Baugesetzes (ergänzend zum Artikel 42f), mit 10-jähriger Sanierungsfrist. In Ergänzung zu bestehender Regelung für wasserführende Systeme.	Eff	-	Ka	-	-
12	Behördenverbindliche Leitlinien für die Ausrüstung (Haustechnik, Beleuchtung, Geräte) und den Betrieb (Strombezug) öffentlicher Bauten und Anlagen (z.B. Strassenbeleuchtung) a) Neue Bauten: Verbindliche Anforderungen an die Stromeffizienz (haustechnische Anlagen, Beleuchtung, Geräte) und an die Installation von Solarstromanlagen (Pflicht, falls zumutbar) b) Bestehende Bauten: Ersatzpflicht für Geräte und Beleuchtung (mit klaren Fristen) c) Betrieb: Vorgaben zum Strombezug (Entwicklung des Anteils von Strom aus erneuerbaren Energien)	Eff	Sub	Ka	St	-
13	Zielorientierte Business-Pläne der EVU Erarbeitung in Kooperation mit der Stadt und den EVU (öffentliche Hand hat reine Kontrollfunktion). Schwerpunkte: a) Konkretisierung der Stromeffizienz- und Stromliefermisch-Ziele (genaues Zeitraster, Differenzierung nach Kundengruppen etc.) b) Investitions- und Liquiditätspläne mit klar definiertem zeitlichen Vorgehen bei der Stromeffizienz (Tarifsysteme, Bonus- und Förderprogramme etc.) und beim Stromliefermisch (Bau eigener Anlagen, Zertifikate, Rekonzessionierung Wasserkraftwerk Schaffhausen, Beteiligungen an ausserkantonalen Anlagen, Einspeisevergütungen dezentrale Anlagen etc.)	Eff	Sub	Ka	St	EVU
14	Erweiterte Informationspflicht der EVU	Eff	Sub	Ka	St	EVU

	Kunden sollen jährlich über ihre Verbrauchsentwicklung und über die Zusammensetzung ihres Strommixes informiert werden. Zusätzlich werden die kundenspezifischen Auswirkungen (z.B. Änderung des Primärenergiebedarfs, Menge an radioaktiven Abfällen etc.) ausgewiesen.					
Schaffung von monetären Anreizen zur direkten Förderung von positiven Entscheidungen privater Entscheidungsträger im Sinne des Kernenergieausstiegs						
15	Erweiterung bestehender Förderprogramme für Anlagen zur Stromproduktion aus erneuerbaren Energien und Massnahmen im Bereich Stromeffizienz Erhöhung der Fördermittel für Investitionsbeiträge; allenfalls Erhöhung der Fördersätze sowie Erweiterung des Spektrums der geförderten Massnahmen.	Eff	Sub	Ka	St	-
16	Kantonale Förderabgabe auf Strom (auf Netznutzung) Zweckgebundener Einsatz der Einnahmen für die Förderung der Stromeffizienz und der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien; Zielwert ca. 1 Rp./kWh (generiert heute rund 5.25 Mio. Fr. pro Jahr).	Eff	Sub	Ka	-	-
17	Schaffung eines kantonalen Stromsparfonds In Kooperation mit den EVU; Speisung beispielsweise über Förderabgabe auf Strom, Mittelverwendung für die direkte und indirekte Förderung der Stromeffizienz und alternativer Stromproduktion (Investitionsbeitrag).	Eff	-	Ka	-	EVU
18	Kantonale Lenkungsabgabe auf Strom Reine Lenkungsabgabe (vollständige Rückerstattung an Haushalte und Betriebe beispielsweise als Abzug bei den Krankenkassenprämien respektive den Lohnnebenkosten); Zielwert für die Höhe einer wirkungsvollen Abgabe: 80% bis 100% des Strompreises.	Eff	-	Ka	-	-
19	Attraktives Ökostrommodell für dezentrale Anlagen Attraktive Einspeisetarife und Vertragsperioden für Produzenten. Nachfrageseitige Stimulierung über Marketing oder kantonseigenen Bezug.	-	Sub	-	-	EVU
20	Anpassung der Stromtarifsysteme Grundsatz: Steigerung der Energieeffizienz und Quersubventionierung von Effizienz- und Substitutionsprogrammen (evtl. im Auftrag der Eigentümer). a) Innerhalb einzelner Kundengruppen (Haushalte und Betriebe unterschiedlicher Grösse) soll der Elektrizitätstarif bei steigendem Verbrauch ansteigen. b) Einführung eines befristeten Tarifrabatts oder Bonus, wenn sich Strombezug gegenüber Vorjahr um 10% vermindert hat (Haushalte, Betriebe, Wärmepumpenstrom). b) Strom aus lokal genutzten, erneuerbaren Energien soll auf	Eff	-	Ka	St	EVU

	Kosten von Strom aus Kernenergie günstiger angeboten werden.					
21	Effizienzbonus: Rahmenvereinbarungen (privatrechtliche Verträge) mit privaten Entscheidungsträgern Mieterverbände (freiwillig), Liegenschaftsverwaltungen (freiwillig), KMU (freiwillig), Grossverbraucher (Pflicht) schliessen mit EVU einen Vertrag ab: Erhöhen sie die Stromnutzungseffizienz (Austausch von Anlagen, Beleuchtung und Geräten innerhalb einer bestimmten Frist), erhalten sie einen Bonus zur zusätzlichen Senkung ihrer Stromkosten	Eff	Sub	Ka	St	-
22	Prüfung möglicher steuerlicher Anreize (Entlastung bei Projekten im Bereich Stromeffizienz sowie Anlagen zur Stromproduktion aus erneuerbaren Energien)	Eff	Sub	Ka	St	-
Schaffung eines Umfelds, in dem positive Entscheide privater Entscheidungsträger im Sinne des Kernenergieausstiegs indirekt begünstigt werden						
23	Leuchtturmprojekt 1: Realisierung einer grossen Photovoltaikanlage an prominenter Lage Öffentliches Projekt mit Partnern (Bsp. Kantonalbanken), architektonisch und raumplanerisch optimal ausgeführt	-	Sub	Ka	St	EVU
24	Leuchtturmprojekt 2: Aufbau eines Smartgrid-Projekts für den Kanton Schaffhausen	-	Sub	Ka	St	EVU
25	Solarbetriebe öffentliche Beleuchtung (z.B. an touristisch erschlossenen Wegen) Öffentliches Projekt mit Partnern (Bsp. Kantonalbanken), architektonisch und raumplanerisch optimal ausgeführt (Beispiel Gemeinde Werfenberg bei Salzburg, Österreich)	-	Sub	Ka	St	-
26	Kantonales/städtisches Kommunikationskonzept In Kooperation mit der Stadt und in Abstimmung mit dem Kommunikationskonzept der EVU; Koordination aller Kommunikationsmassnahmen (insbesondere <i>Massnahmen 27 bis 30</i>)	Eff	Sub	Ka	St	EVU
27	Regelmässige Information der Bevölkerung zum Stand des Projekts „Kernenergieausstieg“ (Entwicklung des Stromverbrauchs und des Stromliefermix) In Kooperation mit der Stadt und in Abstimmung mit dem Kommunikationskonzept der EVU (<i>Massnahme 30</i>). Kommunikationskanäle: a) Tageszeitungen, eigene Drucksachen, Webseite des Kantons Schaffhausen b) Öffentliche Informationsanlässe (1-mal pro Jahr) an verschiedenen Orten im Kanton	Eff	Sub	Ka	St	EVU
28	Innovationspreis für vorbildliche Projekte privater Entscheidungsträger In Kooperation mit der Stadt; Beispiele: Auszeichnung von	Eff	Sub	Ka	St	-

	Plusenergiehäusern mit dezentralen Solaranlagen, Anlagen-sanierungen in der Industrie, etc.					
29	Gezielte Kommunikation der öffentlichen Vorbildfunktion In Kooperation mit der Stadt; Information der Bevölkerung über den Stromverbrauch und Strombezugsmix der öffentlichen Hand (Kanton, Stadt) sowie über öffentliche Leuchtturmprojekte	Eff	Sub	Ka	St	-
30	Kommunikationskonzepte der EVU Koordination aller Kommunikationsmassnahmen innerhalb der EVU (insbesondere <i>Massnahmen 31 und 32</i>)	Eff	Sub	-	-	EVU
31	Imagekampagnen der EVU Web- und Printinformationen zur Strategie Anlagenbesichtigungen („Tag der offenen Tür“)	Eff	Sub	-	-	EVU
32	Offensives Produkte-Marketing der EVU Gezielte Vermarktung von Stromprodukten, die auf den Kernenergieausstieg ausgerichtet sind.	Eff	Sub	-	-	EVU
33	Wechsel des Standardstromprodukts Der Eigentümer kann das Standardangebot festlegen: Den Kunden im kantonalen/städtischen Versorgungsgebiet wird ein anderes Stromprodukt geliefert (höherer Anteil erneuerbarer Energien), falls sich diese nicht aktiv für ein weniger nachhaltiges Produkt entscheiden (per Brief).	Eff	Sub	-	-	EVU
Bereitstellung der für den Kernenergieausstieg notwendigen Menge Strom aus erneuerbaren Energien						
34	Bau von Stromerzeugungsanlagen auf Kantonsgebiet	-	Sub	-	-	EVU
35	Beteiligungen an ausserkantonalen Anlagen	-	Sub	-	-	EVU
36	Einkauf von Stromherkunfts- und Stromqualitätsnachweisen im weiteren Ausland	-	Sub	-	-	EVU
37	Einkauf von erneuerbarem Strom beim Hauptlieferanten AXPO	-	Sub	-	-	EVU
38	Erhöhung des Anteils an den beiden grössten Schaffhauser Wasserkraftwerken (Schaffhausen, Neuhausen)	-	Sub	-	-	EVU
Organisation und Erfolgskontrolle des Umsetzungsprozesses						
39	Bildung eines Projektausschusses zur Steuerung, Koordination und Monitoring des Projekts „Kernenergieausstieg“ Wichtigste Anspruchsgruppen des Ausschusses: Vertreter von Kanton und Stadt (Behörden, Verwaltung), Vertreter der EVU, evtl. Einbindung von Kunden (Gewerbe, Industrie, Haushalte)	Eff	Sub	Ka	St	EVU

40	Aufbau und Pflege (regelmässiges Update) einer Liefermixstatistik a) Gesamtstromliefermix für Schaffhausen b) Abschätzung zum Anteil Kunden, die in den freien Markt wechseln (inklusive Abklärung, ob Bestimmung der Stromherkunft möglich ist) c) Daten zu Stromgrossverbrauchern (Grundlage für die Umsetzung des Grossverbrauchermodells gemäss MuKE n respektive Schaffhauser BauG Art. 42k)	Eff	Sub	Ka	St	EVU

Tabelle 15 Massnahmenplan Kernenergieausstieg.

7. FAZIT DER AUTOREN: DIE ACHT ZENTRALEN AUSSAGEN DER VORLIEGENDEN STUDIE

Ausgangslage: Schaffhausen importiert viel Strom aus Kernkraft und hat bedeutende Potenziale zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

- › Der Kanton Schaffhausen deckt seinen Strombedarf heute zu zwei Dritteln mit Strom aus Kernkraft, was im gesamtschweizerischen Vergleich stark überdurchschnittlich ist.
- › Die Produktion der Wasserkraftwerke auf Kantonsgebiet entspricht rund 40% des kantonalen Stromverbrauchs 2009. Das sind rund 200 GWh, von denen gemäss langfristigen Konzeptionsverträgen (Zeithorizont 2045) allerdings nur knapp die Hälfte unter direkter Vermarktungskontrolle der lokalen Elektrizitätswerke stehen (die Bezugsrechte für die restliche Strommenge stehen anderen Energieversorgungsunternehmen zu, v.a. der AXPO). Im Jahr 2009 lieferten die lokalen Elektrizitätswerke insgesamt rund 170 GWh Strom aus Wasserkraft an Schaffhauser Stromverbraucher (d.h. es wurde zusätzlich zu dem gemäss Bezugsrechten zur Verfügung stehendem Strom weiterer Strom aus Wasserkraft beschafft).
- › Bei Ausschöpfung des technisch-ökologischen Potenzials zur Stromerzeugung aus neuen erneuerbaren Energien (Sonnenenergie, Windkraft, Energie aus Biomasse) im Kanton könnte zusammen mit der heute gelieferten Menge an Wasserkraftstrom (170 GWh) rund 70% des heutigen Strombedarfs (2009: 525 GWh) gedeckt werden.

Es gibt gute Gründe für einen Kernenergieausstieg

- › Mit dem Ausstieg forciert der Kanton Schaffhausen den langfristig sowieso nicht abwendbaren Umbau seines Stromversorgungssystems in Richtung einer nachhaltigen Lösung. Er reduziert seine Abhängigkeit von endlichen Ressourcen und erzeugt eine starke Signalwirkung gegen die Nutzung der Kernenergie und deren Risiken.
- › Die Analysen im Rahmen dieser Studie zeigen, dass ein Kernenergieausstieg aus Sicht der Schaffhauser Volkswirtschaft trotz den resultierenden Strompreiserhöhungen ohne Verluste der Wettbewerbsfähigkeit machbar sein sollte. Den Einfluss entscheidender technologie- und kostenbezogener Risikofaktoren auf diese Einschätzung erachten die Autoren als relativ gering. Auf der Ebene der Betriebe wird es allerdings sowohl Verlierer wie auch Gewinner geben. Zwar sind bei der geschätzten Strompreiserhöhung von wenigen Rp./kWh (gegenüber der Referenz) über eine Zeitspanne von mehr als 30 Jahren für die Mehrheit der Betriebe sehr geringe Auswirkungen zu erwarten. Dennoch wird es einige Betriebe geben, welche die negativen respektive positiven Auswirkungen überproportional stark spüren

werden. Dabei sind die Risiken für einen Wettbewerbsverlust für stromintensive Betriebe höher – Chancen ergeben sich insbesondere für Betriebe, welche an einem Ausbau der kantonalen Stromerzeugungskapazitäten direkt oder indirekt beteiligt sind. Dieser „sanfte“ Strukturwandel eröffnet langfristige Chancen auf dynamische Innovationsprozesse, welche sich positiv auf die Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft in der Region Schaffhausen auswirken dürften.

- › Der Kernenergieausstieg leistet einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft, weil für die Erzeugung und Bereitstellung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen mehr als dreimal weniger Primärenergie benötigt wird als für Strom aus Kernenergie. Der Ausstieg ist konsistent mit den regierungsrätlichen Zielsetzungen, den Leitlinien der kantonalen Energiepolitik sowie mit den Zielen der Stadt Schaffhausen.
- › Mit einem Ausstieg aus der Kernenergie bekräftigt der Kanton Schaffhausen seine ablehnende Haltung gegenüber einem Tiefenlager für radioaktive Abfälle in glaubwürdiger Art und Weise.

Zwei Strategievarianten zur Umsetzung des Ausstiegs

Grundsätzlich stehen dem Kanton Schaffhausen zwei Strategievarianten offen:

- › Strategievariante 1 – Strompreisoptimierung: Die Energieversorgungsunternehmen erhöhen den Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Stromliefermix vor allem durch den Zukauf von möglichst günstigem, ökologisch produziertem Strom aus der Schweiz oder dem Ausland. Damit wird die durch den Kernenergieausstieg resultierende Strompreiserhöhung tief gehalten (bis 2040 entstehen Mehrkosten gegenüber der Referenzentwicklung von unter 1 Rp./kWh). Die Auswirkungen auf die Schaffhauser Volkswirtschaft sind im Vergleich zu einer Referenzentwicklung ohne Kernenergieausstieg vernachlässigbar: Zusätzliche Investitionen werden keine getätigt und die geringe Strompreiserhöhung wirkt sich kaum spürbar auf das Schaffhauser BIP aus, weil der Elektrizitätsbedarf nur in wenigen Betrieben ein entscheidender Kostenfaktor ist.
- › Strategievariante 2 – regionale Wertschöpfung: Der Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Stromliefermix wird massgeblich auch dadurch erhöht, dass auf Kantonsgebiet zusätzliche Potenziale zur Nutzung von erneuerbaren Energien erschlossen werden. Der Zubau an Solarstrom-, Windkraft- und Biomasseanlagen wird stark forciert. Die regionale Wertschöpfung wird gesteigert, dafür ist gegenüber der Referenzentwicklung mit stärkeren Strompreiserhöhungen zu rechnen (bis 2040 zwischen 3 Rp./kWh und 4 Rp./kWh, je nachdem, wie sich die Stromnachfrage entwickelt). Insgesamt sind die Auswirkungen auf

die Schaffhauser Volkswirtschaft gering, gemäss grober Schätzung der Autoren leicht positiv: Auch die etwas stärkeren Strompreiserhöhungen als in Strategievariante 1 haben eine sehr geringe Nettowirkung auf das Schaffhauser BIP. Die zusätzlichen Investitionen in Stromerzeugungsanlagen auf Kantonsgebiet führen zu einem positiven Bruttowertschöpfungseffekt. Dieser ist im Vergleich zum BIP zwar gering – mit dem sanften Strukturwandel in Richtung eines nachhaltigen Stromversorgungssystems schafft sich der Kanton aber eine gute Ausgangslage für eine langfristig hohe Wettbewerbsfähigkeit seiner Volkswirtschaft.

Keine fixen Marschrichtungen, sondern „Stellschrauben“ für die Optimierung des Kernenergieausstiegs

Die beiden dargestellten Strategievarianten sind aber nicht als fixe Marschrichtungen anzusehen, sondern vielmehr als „Stellschrauben“: Über diese hat der Kanton Schaffhausen die Möglichkeit, in Abhängigkeit von grossräumigen, kaum genau abschätzbaren Entwicklungen eine ausgewogene und flexible Form des Kernenergieausstiegs zu realisieren. Mit grossräumigen Entwicklungen sind beispielsweise die Entwicklung der Stromgestehungskosten verschiedener Erzeugungstechnologien oder die schweiz- und EU-weite Rechtslage zur Beschaffung von Stromherkunfts- und Stromqualitätsnachweisen gemeint.

Ähnliches gilt in Bezug auf den Zeithorizont der Zielerreichung: Ein ambitioniertes Ziel hilft, den Stein ins Rollen zu bringen. Heute geht es aber vor allem darum, den Trend in Richtung nachhaltige Stromversorgung einzuleiten. Dafür ist eine ambitionierte Zielsetzung mit Zeithorizont 2040 sinnvoll. Ob der vollständige Kernenergieausstieg – Stromversorgung zu 100% auf Basis regenerativer Energie (Motion Wetter) – genau bis in 30 Jahren oder „erst“ bis 2050 geschafft ist, spielt aus heutiger Sicht eine untergeordnete Rolle. Wichtig ist, dass die umfassende Zielerreichung bis 2040 zumindest in Sichtweite ist. Das heisst, dass die Stromversorgung bis dahin beispielsweise zu mehr als 80% auf erneuerbaren Energien basiert. Diese Überlegungen gelten auch für den „Restanteil“ der Stromkunden mit freiem Marktzugang, die nicht direkt durch den Kanton reguliert werden können.

Ein Kernenergieausstieg ganz ohne Strategievariante 2 ist unglaubwürdig

Der Kanton Schaffhausen muss bis zu einem gewissen Grad aufwändige Massnahmen im Sinne der Strategievariante 2 (regionale Wertschöpfung) ergreifen, damit er nicht unglaubwürdig wirkt. Denn auch wenn die positive Wirkung der Beschaffung von Stromherkunfts- und Stromqualitätsnachweisen auf den Ausbau der Erzeugungskapazitäten im Ausland be-

legt werden kann, müsste er sich den Vorwurf gefallen lassen, dass er das Problem nicht an der Wurzel zu lösen versucht: Mit dem Zubau von Stromerzeugungskapazitäten im Ausland sinkt die Nachfrage nach Schweizer Atomstrom nämlich nicht (respektive nur im Rahmen der Effizienzsteigerung, die der Kanton Schaffhausen im Zusammenhang mit dem Kernenergieausstieg plant).

Ein wichtiger Erfolgsfaktor liegt bei der Stromeffizienz

Der Kanton kann den Ausstieg auch im Fall eines ansteigenden Strombedarfs schaffen. Selbst bei hohem Strombedarf schätzen die Autoren die angebotsseitigen Risiken (Preise für Herkunftsnachweise respektive erneuerbaren Strom) als überschaubar ein: Erstens ist der Strombedarf des Kantons im Vergleich zum gesamten Marktvolumen sehr gering und zweitens wirken die ausgleichenden Marktmechanismen (hoher Preis führt zu höherem Angebot) über derart langfristige Betrachtungsperioden (30 Jahre und mehr) relativ zuverlässig.

Wegzureden ist der Zusammenhang aber nicht: Das Ziel Kernenergieausstieg wird ohne Massnahmen im Bereich Stromeffizienz schwieriger zu erreichen sein, weil ein höherer Strombedarf eine Hebelwirkung auf jegliche Risiken haben wird, welche sich durch den Ausstieg ergeben. In Übereinstimmung mit den kantonalen Leitlinien und den Zielen der Stadt Schaffhausen geht die Studie davon aus, dass sich der Kanton Schaffhausen zum Ziel setzt, seinen Strombedarf zwischen 2009 und 2040 von 525 GWh um 20% auf 420 GWh zu senken. Überlegungen auf Basis anderer Studien zeigen, dass dieses ambitionierte „Minus-20%-Ziel“ des Kantons Schaffhausen mit wirtschaftlichen Investitionen erreicht werden kann. Allerdings ist dafür ein starker politischer Wille sowie eine hohe gesellschaftliche Akzeptanz für Massnahmen zur Erhöhung der Stromeffizienz Voraussetzung.

Information, Unterstützungsmassnahmen und rechtliche Abklärungen helfen, Widerständen vorzubeugen

Nach einem Volksentscheid für den Kernenergieausstieg wird die Mehrheit der Schaffhauser bereit sein, die Konsequenzen – höhere Strompreise – mitzutragen. Das ist ein demokratischer Entscheid. Mit einem guten Kommunikationskonzept sowie Unterstützungsmassnahmen für Härtefälle (v.a. stromintensive Betriebe und Haushalte mit geringem Einkommen) kann juristischen Auseinandersetzungen vorgebeugt werden. Trotzdem wird es mit Sicherheit Stromverbraucher geben, welche gegen den Kernenergieausstieg und die resultierenden Strompreiserhöhungen alle Kräfte mobilisieren werden. Auf solche Entwicklungen muss man vorbereitet sein, damit das Vorhaben nicht juristisch aufläuft. Der Kanton Schaffhausen hat

deshalb ein Rechtsgutachten (Walder Wyss 2011) in Auftrag gegeben, welches zeitgleich mit der Studie abgeschlossen wurde.

Die Umsetzung erfordert eine Vernetzung aller Akteure und eine zielorientierte Massnahmenplanung

Wenn die übergeordnete Politik (Bund, EU, internationale Gemeinschaft) mit den Vorschriften für Beleuchtungsmittel, elektrische Geräte und Anlagen vorwärts macht, wird ein möglicher Kernenergieausstieg des Kantons Schaffhausen begünstigt. Das gleiche gilt in Bezug auf die Nutzung von erneuerbaren Energien für die Stromversorgung. Setzt sich der schweiz- und EU-weite Trend weiter fort, wachsen die Chancen für den Schaffhauser Kernenergieausstieg, weil vermehrt erneuerbarer Strom angeboten wird.

Positiven schweiz- und EU-weite Entwicklungen hin oder her: Entscheiden sich die Schaffhauser in einer Volksabstimmung für den Kernenergieausstieg, erteilen sie dem Kanton den Auftrag für ein Projekt, dessen Ziele und Konsequenzen sie selber mittragen, und zwar über mehrere Generationen hinweg. Für ein derart langfristiges Projekt mit ambitionierter Zielsetzung sind eine gute Planung und ein konsequenter Wille zur Umsetzung aller Akteure unabdingbar. Gefordert ist eine starke Vernetzung und ein gemeinsamer Effort der öffentlichen Hand (Kanton, Stadt), der Energieversorgungsunternehmen, der Wirtschaft und der Stromverbraucher (Haushalte, Betriebe).

ANHANG

ANHANG 1: ANNAHMEN ZUR ABSCHÄTZUNG DER DURCH DEN KERNENERGIEAUSSTIEG BEWIRKTEN STROMPREISERHÖHUNGEN

Methodik

Die Autoren schätzen die resultierenden Strompreiserhöhungen je nach Ausstiegsszenario mit einer einfachen Rechenmethode: Mit den Annahmen zum langfristigen Stromliefermix gemäss jeweiligem Szenario (prozentuale Anteile von Strom aus unterschiedlicher Herkunft) sowie den Annahmen zu den langfristigen Gesteungskosten für Strom unterschiedlicher Herkunft wird die Strompreiserhöhung für den gesamten Stromliefermix als gewichteter Mittelwert berechnet. Berechnung der Resultate in Kapitel 5.2, „Auswirkungen auf die Strompreise“ (alle Resultate und nötigen Werte für die Berechnungen sind im Bericht in Tabelle 9, Seite 67 und Tabelle 10, Seite 70, aufgelistet):

Referenzszenario, langfristige Strompreiserhöhung bei tiefer Stromnachfrage (420 GWh): **0 Rp./kWh** =

$$\frac{(0 \text{ Rp./kWh} \cdot 170 \text{ GWh} + 0 \text{ Rp./kWh} \cdot 50 \text{ GWh} + 0 \text{ Rp./kWh} \cdot 180 \text{ GWh} + 0 \text{ Rp./kWh} \cdot 20 \text{ GWh})}{420 \text{ GWh}}$$

Wasserkraft wie bisher
Solar SH
Kernkraft
Strom unbekannter Herkunft

Referenzszenario, langfristige Strompreiserhöhung bei hoher Stromnachfrage (560 GWh): **0 Rp./kWh** =

$$\frac{(0 \text{ Rp./kWh} \cdot 170 \text{ GWh} + 0 \text{ Rp./kWh} \cdot 50 \text{ GWh} + 0 \text{ Rp./kWh} \cdot 320 \text{ GWh} + 0 \text{ Rp./kWh} \cdot 20 \text{ GWh})}{560 \text{ GWh}}$$

Wasserkraft wie bisher
Solar SH
Kernkraft
Strom unbekannter Herkunft

Ausstiegsszenario 1, langfristige Strompreiserhöhung bei tiefer Stromnachfrage (420 GWh): **0.6 Rp./kWh** =

$$\frac{(0 \text{ Rp./kWh} \cdot 170 \text{ GWh} + 0 \text{ Rp./kWh} \cdot 50 \text{ GWh} + 1.5 \text{ Rp./kWh} \cdot 180 \text{ GWh} + 0 \text{ Rp./kWh} \cdot 20 \text{ GWh})}{420 \text{ GWh}}$$

Wasserkraft wie bisher
Solar SH wie Referenz
Strombeschaffung CH/EU
Strom unbekannter Herkunft

Ausstiegsszenario 1, langfristige Strompreiserhöhung bei hoher Stromnachfrage (560 GWh): **0.9 Rp./kWh** =

$$\frac{(0 \text{ Rp./kWh} \cdot 170 \text{ GWh} + 0 \text{ Rp./kWh} \cdot 50 \text{ GWh} + 1.5 \text{ Rp./kWh} \cdot 320 \text{ GWh} + 0 \text{ Rp./kWh} \cdot 20 \text{ GWh})}{560 \text{ GWh}}$$

Wasserkraft wie bisher
Solar SH wie Referenz
Strombeschaffung CH/EU
Strom unbekannter Herkunft

Ausstiegsszenario 2, langfristige Strompreiserhöhung bei tiefer Stromnachfrage (420 GWh): **3.1 Rp./kWh** =

$$0.5 \text{ Rp./kWh} + \frac{(0 \text{ Rp./kWh} \cdot 170 \text{ GWh} + 0 \text{ Rp./kWh} \cdot 50 \text{ GWh} + 4 \text{ Rp./kWh} \cdot 30 \text{ GWh} + 10 \text{ Rp./kWh} \cdot 39 \text{ GWh} + 5 \text{ Rp./kWh} \cdot 111 \text{ GWh} + 0 \text{ Rp./kWh} \cdot 20 \text{ GWh})}{420 \text{ GWh}}$$

Zusätzliche Netzkosten
Wasserkraft wie bisher
Solar SH wie Referenz
Solar SH zusätzlich
Wind, Biomasse SH
Strombeschaffung CH/EU
Strom unbekannter Herkunft

Ausstiegsszenario 2, langfristige Strompreiserhöhung bei tiefer Stromnachfrage (420 GWh): **3.7 Rp./kWh** =

$$0.5 \text{ Rp./kWh} + \frac{(0 \text{ Rp./kWh} \cdot 170 \text{ GWh} + 0 \text{ Rp./kWh} \cdot 50 \text{ GWh} + 4 \text{ Rp./kWh} \cdot 30 \text{ GWh} + 10 \text{ Rp./kWh} \cdot 39 \text{ GWh} + 5 \text{ Rp./kWh} \cdot 251 \text{ GWh} + 0 \text{ Rp./kWh} \cdot 20 \text{ GWh})}{560 \text{ GWh}}$$

Zusätzliche Netzkosten
Wasserkraft wie bisher
Solar SH wie Referenz
Solar SH zusätzlich
Wind, Biomasse SH
Strombeschaffung CH/EU
Strom unbekannter Herkunft

Benötigt werden Annahmen zu folgenden Aspekten:

- A) Strombedarf bis 2040 (und darüber hinaus)
- B) Strompreis in der Referenzentwicklung bis 2040 (und darüber hinaus)
- C) Stromliefermix bis 2040 (und darüber hinaus) je nach Ausstiegsszenario
- D) Langfristige Mehrkosten (Gestehungskosten im Vergleich zum Durchschnitt in der Referenzentwicklung) der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien für die betrachteten Technologien.
- E) Langfristige Mehrkosten gegenüber der Referenzentwicklung für zusätzliche Systemdienstleistungen, Regelleistung und Regelleistung sowie Netzausbauten.

Datengrundlagen

Die in den folgenden Abschnitten dokumentierten Annahmen basieren hauptsächlich auf folgenden zwei Studien (beide Studien beziehen sich auf einen Zeithorizont von 2035; für die vorliegende Studie werden die Ergebnisse auf den Zeithorizont bis 2040 angewandt). Alle verwendeten Annahmen können darin nachgeschlagen werden (im Folgenden werden die genauen Seitenzahlen jeweils an entsprechender Stelle genannt).

- › Energieeffizienz und Erneuerbare Energien – Wirtschaftliche Alternative zu Grosskraftwerken, im Auftrag von WWF Schweiz, Greenpeace Schweiz, Schweizerische Energiestiftung, Pro Natura, Departement für Wirtschaft, Soziales und Umwelt des Kantons Basel-Stadt, Service de l'énergie, Département du territoire, Etat de Genève, Zürich, Juni 2010. Die unten genannten Seitenzahlen beziehen sich auf den Schlussbericht, downloadbar unter www.infras.ch und im folgenden abgekürzt mit *INFRAS/TNC 2010*.
- › Wirtschaftlichkeit dezentraler Einspeisung auf die elektrischen Netze der Schweiz, im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern, 2010. Die unten genannten Seitenzahlen beziehen sich auf den Schlussbericht, downloadbar unter www.bfe.admin.ch und im folgenden abgekürzt mit *Consentec/Polynomics 2010*.

A) Strombedarf bis 2040 (und darüber hinaus)

Die Autoren nehmen grundsätzlich an, dass der Kanton Schaffhausen das in der Studie beschriebene Strombedarfsziel (minus 20% gegenüber 2009; Kapitel 3.1) bis 2040 erreicht (420 GWh, danach Stabilisierung). Ergänzend wird – basierend auf dem BFE-Szenario I der nationalen Energieperspektiven („Weiter wie bisher“) – die Auswirkung eines erhöhten Strombedarfs untersucht. Das BFE-Szenario I geht von einem Pro-Kopf-Anstieg des Strombedarfs zwischen 2000 und 2035 von rund 23% aus. Bei einem Bevölkerungswachstum im Kanton

Schaffhausen von rund 75'000 auf 80'000 Einwohner (in Übereinstimmung mit den kantonalen Leitlinien) entspricht dies einem Anstieg um rund 31% gegenüber dem Jahr 2000 (Strombedarf Kanton Schaffhausen 2000: 429 GWh; Annahme für vorliegende Studie: $131\% \cdot 429 \text{ GWh} = 563 \text{ GWh}$ im Jahr 2040, danach Stabilisierung).

B) Strompreis in der Referenzentwicklung bis 2040 (und darüber hinaus)

Die Annahmen basieren auf INFRAS/TNC 2010 (Kapitel 2.3, Seite 49; Anhang 3, Seite 165).

Die für diese Studie angenommene Referenzpreisentwicklung wird daraus abgeleitet:

- › Die Strompreise steigen 2010 bis 2040 um 4% pro 5-Jahresperiode (dies gilt sowohl für die Erzeugerpreise, für die Netzbenutzungspreise und damit auch für den Gesamtprice; jeweils auf Niederspannungs- und Mittelspannungsebene).
- › Die Strompreise stabilisieren sich 2040 (27% höher als 2010) und bleiben konstant.
- › In der Studie INFRAS/TNC 2010 (Kapitel 2.3, Seite 49; Anhang 3, Seite 165) ist die Referenzentwicklung, aufgeteilt in Netz- und Energiepreise (NT, HT) im Detail ausgewiesen.

C) Stromliefermix bis 2040 (und darüber hinaus) je nach Ausstiegsszenario

Die Annahmen zum Stromliefermix 2040 je nach Ausstiegsszenario sowie in der Referenzentwicklung sind im Kapitel 5.1 bereits im Detail beschrieben und begründet (Übersichtsdarstellung in Tabelle 9, Seite 67).

D) Langfristige Mehrkosten (Gestehungskosten im Vergleich zum Durchschnitt in der Referenzentwicklung) der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien für die betrachteten Technologien

D1) Strom aus Schaffhauser Photovoltaik-Anlagen

Die Annahmen basieren auf INFRAS/TNC 2010 (Kapitel 4.1.3, Seite 98 bis 99; Anhang 4, Seite 166 sowie Anhang 9, Seite 184; alle Quellen, auf welche sich die INFRAS/TNC-Studie stützt, sind an diesen Stellen im Detail dokumentiert). Die Netzparität dürfte demnach je nach Standort, Anlagengrösse und Strompreis in der Schweiz etwa im Jahr 2020 erreicht werden. Es wird ausserdem darauf hingewiesen, dass die angenommene Entwicklung der Photovoltaik-Gestehungskosten im Vergleich zu anderen Quellen eher konservativ ist. Daraus leiten die Autoren der vorliegenden Studie folgende Annahmen ab:

- › Netzparität ab ca. 2025 (noch konservativer als INFRAS/TNC 2010)
- › Daher ab 2025 keine Mehrkosten gegenüber Referenzentwicklung.

Zusätzlich gehen die Autoren davon aus, dass bei einem Anlagenausbau auf 50% des Gesamtpotenzials (0.5*100 GWh) ein „Sättigungspunkt“ erreicht wird (günstige Standorte sind genutzt). Für einen weiteren Ausbau werden Mehrkosten von 4 Rp./kWh angenommen (nur für Ausstiegsszenario 2 relevant, weil auch ungünstige Standorte müssen erschlossen werden).

Damit entstehen für die in Ausstiegsszenario 1 realisierten Anlagen keine Mehrkosten, weil nur jene an günstigen Standorten gebaut werden (50% des Gesamtpotenzials; 0.5*100 GWh). Weil die Entwicklung erst 2025 einsetzt, sind bis 2040 noch nicht alle günstigen Standorte genutzt (erst 20% des Gesamtpotenzials). Der Ausbau geht weiter, bis schliesslich 2060 alle günstigen Standorte verbaut sind.

Der Ausbau von Solarstromanlagen wird schon vor Erreichung der Netzparität (also vor 2025) und darüber hinaus forciert respektive gefördert. Damit kann bereits 2040 rund die Hälfte des Gesamtpotenzials ausgeschöpft werden (0.5*100 GWh). Die Solarproduktionskapazitäten werden nach 2040 noch weiter ausgebaut auf insgesamt 80% des Gesamtpotenzials (80 GWh). Dieser weitere Ausbau verursacht gemäss oben genannter Annahme Mehrkosten von durchschnittlich 4 Rp./kWh, weil vermehrt ungünstige Standorte erschlossen werden.

D2) Strom aus Schaffhauser Windkraft- und Biomasseanlagen

Die Annahmen basieren auf INFRAS/TNC 2010 (Kapitel 4.1.3, Seite 99 bis 100; Anhang 4, Seite 166 sowie Anhang 9, Seite 186 bis 187; alle Quellen, auf welche sich die INFRAS/TNC-Studie stützt, sind an diesen Stellen im Detail dokumentiert). Die Gestehungskosten von Schweizer Windkraft- und Biomasseanlagen sind auch 2035 noch relativ hoch (rund 18 Rp./kWh). Bei den Windkraftanlagen liegt der Grund hauptsächlich darin, dass nur durchschnittlich günstige Standorte bestehen. Bei den Biomasseanlagen liegt der Grund darin, dass günstiger Strom aus Biomasse (v.a. KVA) bei einem Ausbau relativ zur Gesamtproduktion aus Biomasse abnehmen wird, weil zunehmend teurere Technologien zur Anwendung kommen. Der Erzeugerpreis auf Mittelspannungsebene beträgt in der Referenzentwicklung („Benchmark Marktpreis“) nur etwas mehr als 8 Rp./kWh. Daraus leiten die Autoren der vorliegenden Studie die Annahmen ab, dass die Mehrkosten für Strom aus Schaffhauser Windkraft- und Biomasseanlagen 2040 im Durchschnitt rund 10 Rp./kWh betragen.

Im Ausstiegsszenario 1 werden keine Windkraft- und Biomasseanlagen gebaut, es entstehen keine Mehrkosten.

Im Ausstiegsszenario 2 werden die Mehrkosten von 10 Rp./kWh in Kauf genommen, obwohl die Strombeschaffung ausserhalb des Kantons günstiger wäre (bis 2040 jeweils die Hälfte des Gesamtpotenzials ausgeschöpft; Wind: $0.5 \cdot 53$ GWh; Biomasse: $0.5 \cdot 26$ GWh).

D3) Erneuerbarer Strom aus der Schweiz respektive der EU

Die Autoren der vorliegenden Studie nehmen folgende Mehrkosten für erneuerbaren Strom aus der Schweiz respektive der EU an:

- › In Ausstiegsszenario 1 werden v.a. möglichst günstige Angebote genutzt (wahrscheinlich Wasserkraft aus der Schweiz sowie Herkunftsnachweise respektive Zertifikate aus dem Ausland). Diese Strombeschaffung sollte aus Sicht der Autoren für Mehrkosten von rund 1.5 Rp./kWh möglich sein.
- › In Ausstiegsszenario 2 wird bei der Strombeschaffung auf die ökologische Qualität sowie auf die geographische Herkunft (je näher, desto besser) geachtet, dadurch liegen die Mehrkosten höher – gemäss Annahme bei rund 5 Rp./kWh.

E) Langfristige Mehrkosten gegenüber der Referenzentwicklung für zusätzliche Systemdienstleistungen, Regelenergie und Regelleistung sowie Netzausbauten

Consentec/Polynomics 2010 befasst sich mit den Mehr- respektive Minderkosten im Bereich des Elektrizitätsnetzes, welche im Rahmen eines Ausbaus von dezentralen Stromerzeugungsanlagen zur Nutzung von erneuerbaren Energien entstehen. Als Basis wird dabei das BFE-Szenario III (Angebotsvariante D+E) der nationalen Energieperspektiven herangezogen, welches einen Ausbau der neuen erneuerbaren Energien auf 10% der Bruttostromerzeugung vorsieht (bis 2035). Dieser Ausbau führt gemäss Modellrechnungen bis 2035 zu Mehrkosten von insgesamt +1.5 Rp./kWh (rund 1 Rp./kWh für Netzausbauten, 0.4 Rp./kWh für die Bereitstellung von zusätzlicher Regelleistung und Regelenergie sowie geringe Mehrkosten aufgrund zusätzlicher Netzverluste). Aufgrund dieser Grössenordnung leiten die Autoren der vorliegenden Studie folgende Annahmen ab:

- › Auch in der Referenzentwicklung wird der Anteil der erneuerbaren Energien weiter ansteigen (Entwicklung EU, Schweiz). Der grösste Teil der durch die Änderung des Strommixes

verursachten Kosten im Netz entstehen damit auch in der Referenz und sind Teil der oben definierten Referenzpreisentwicklung.

- › Im Ausstiegsszenario 2 (regionale Wertschöpfung) werden die kantonalen Erzeugungskapazitäten für Strom aus erneuerbaren Energien stärker ausgebaut (Stromliefermix 2040: siehe Tabelle 9, Seite 67). In diesem Fall werden die Elektrizitätsversorger im Bereich der Systemdienstleistungen, der Netzregelung und dem Netzausbau diverse Massnahmen ergreifen, um einem Kostenanstieg entgegenzuwirken (dieses Thema ist nicht Gegenstand der vorliegenden Studie; Consentec/Polynomics 2010 macht dazu diverse Vorschläge). Trotzdem werden in gewissem Umfang Mehrkosten gegenüber der Referenz entstehen. Aufgrund der Grössenordnung der in Consentec/Polynomics 2010 präsentierten Ergebnisse schätzen die Autoren der vorliegenden Studie diese Mehrkosten auf rund 0.5 Rp./kWh.

LITERATUR

- AXPO 2007:** Studie Stromperspektiven 2020. „Axpo. Strom für heute und morgen“, 2007.
- BFE 2007:** Die Energieperspektiven 2035 – Band 1, Synthese. Prognos, im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern.
- BFE 2007a:** Die Energieperspektiven 2035 – Band 2, Szenarien I – IV. Prognos, im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern.
- BFE 2007b:** Die Energieperspektiven 2035 – Band 5, Analyse und Bewertung des Elektrizitätsangebots. Prognos, im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern.
- BFE 2009:** Literaturübersicht Kernenergie. B.S.S. im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern.
- BFE 2009a:** Umfrage Stromkennzeichnung 2007. Bundesamt für Energie, Bern.
- BFE 2010:** Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2009. Bundesamt für Energie, Bern.
- BFE 2010a:** Stellungnahme zur Vereinbarkeit mit Bundesrecht der Initiative „Bern erneuerbar“ zu Händen der Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern, erstellt durch Sektion Recht und Rohrleitungen, Bundesamt für Energie, August 2010.
- BHP 2010:** Tiefenlager für radioaktive Abfälle im Zürcher Weinland und im Südranden – Studie zur Abschätzung der sozio-ökonomischen Effekte im Kanton Schaffhausen, BHP Hanser und Partner AG, im Auftrag des Kantons Schaffhausen, Zürich 2010.
- BP 2009:** BP Statistical Review of World Energy, 2009.
- Brunner C.U., Brechbühl B., Glauser H., Nipkow J., Steinemann U. 2009:** Betrieb ohne Nutzen. BoN im Dienstleistungssektor, Zürich.
- B,S,S. 2009:** Literaturübersicht Kernenergie, Schlussbericht 2009. Im Auftrag des Bundesamtes für Energie, BFE.
- Citigroup 2009:** New Nuclear – The Economics Say No. Citigroup Global Markets Inc. <https://www.citigroupgeo.com/pdf/SEU27102.pdf>
- Consentec/Polynomics 2010:** Wirtschaftlichkeit dezentraler Einspeisung auf die elektrischen Netze der Schweiz, im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern.
- Departement für Inneres und Volkswirtschaft des Kantons Thurgau, Baudepartement des Kantons Schaffhausen (DIV TG/BD SH) 2009:** Geothermie-Potenzialstudie Thurgau-Schaffhausen, Schlussbericht, 11. November 2009.
- Desertec 2009:** Clean Power from Deserts – The Desertec-Concept for Energy, Water and Climate Security, WhiteBook, 4th Edition, 2009.

- EBP 2007:** Energetische Nutzung biogener Abfälle im Kanton Schaffhausen. Stofffluss und Potenziale. Im Auftrag des Hochbauamts und der Energiefachstelle des Kantons Schaffhausen, Februar 2007.
- Ecoplan 2007:** Die Energieperspektiven 2035 – Band 3, Volkswirtschaftliche Auswirkungen. Ergebnisse des dynamischen Gleichgewichtmodells, mit Anhang über die externen Kosten des Energiesektors. Im Auftrag des Bundesamtes für Energie, BFE.
- EKS 2009:** Stromkennzeichnung. Elektrizitätswerk des Kantons Schaffhausen AG.
<http://www.eks.ch/produkte/strom/strommix> (Stand 26.4.2010).
- ElCom 2009:** Verfügung betreffend Pflicht zum Anbieten eines möglichst günstigen Produkts/Anfechtung Elektrizitätstarife, Verfügung der Eidg. Elektrizitätskommission ElCom vom 28. Mai 2009.
http://www.elcom.admin.ch/dokumentation/00013/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7t.lnp6IONTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpn02Yug2Z6gpJCDdH1.hGym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A-- (Stand 16.8.2010).
- ElCom 2010:** Telefongespräch Stefan Kessler mit Nicole Zeller, Leiterin Sektion Recht ElCom vom 16. August 2010.
- Energie Dialog Schweiz (ETS) 2009:** Energie-Strategie 2050. Impulse für die schweizerische Energiepolitik. Grundlagenbericht.
- Energie Dialog Schweiz (ETS) 2009:** Energie-Strategie 2050. Impulse für die schweizerische Energiepolitik. Grundlagenbericht.
- EW Hallau 2010:** Persönliche Mitteilung mit Angaben zu Energieproduktion, Absatz und Strommix. Email Peter Dalpiaz an INFRAS vom 20.6.2010.
- EWZ 2008:** Stromzukunft Stadt Zürich – Die Energie hat langfristige Perspektiven, Projektbericht, Zürich.
- FVEE 2010:** Energiekonzept 2050; Eine Vision für ein nachhaltiges Energiekonzept auf Basis von Energieeffizienz und 100% erneuerbaren Energien. Fraunhofer IBP, Fraunhofer ISE, Fraunhofer IWES, ISFH, IZES GmbH, ZAE Bayern und ZSW zusammengeschlossen im Forschungsverbund Erneuerbare Energien, Juni 2010.
- Hochbauamt Kanton Schaffhausen (HBA SH) 2009:** Windpotenzialstudie Kanton Schaffhausen, Endbericht, 25. Mai 2009.
http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2008/STAGING/local_assets/2009_downloads/statistical_review_of_world_energy_full_report_2009.pdf
- IAEA 2008:** Uranium 2007: Resources, Production and Demand. Joint Report by the OECD Nuclear Energy Agency and the International Atomic Energy Agency, OECD Publishing,

Paris, Wien, 2008.

<http://browse.oecdbookshop.org/oecd/pdfs/browseit/6608031E.PDF> (Stand 26.4.2009)

IEA 2009: World Energy Outlook 2009.

INFRAS/econcept/PROGNOS 1996: Die vergessenen Milliarden, externe Kosten im Energie- und Verkehrsbereich, Verlag Paul Haupt, Bern 1996.

INFRAS 2007: Datengrundlagen Energie Kanton Schaffhausen. Im Auftrag des Hochbauamt und der Energiefachstelle des Kantons Schaffhausen, Zürich.

INFRAS/TNC 2010: Energieeffizienz und Erneuerbare Energien – Wirtschaftliche Alternative zu Grosskraftwerken, im Auftrag von WWF Schweiz, Greenpeace Schweiz, Schweizerische Energiestiftung, Pro Natura, Departement für Wirtschaft, Soziales und Umwelt des Kantons Basel-Stadt, Service de l'énergie, Département du territoire, Etat de Genève, Zürich, Juni 2010.

Irrek W. 2009: Was kostet die Kernenergie – Von den „wahren“ Kosten der Kernenergie, Vortrag im Rahmen des SES Fachtagung vom 12.09.2008 in Zürich.

Kanton SH 2008: Grundlagen für die Leitlinien und Massnahmen der kantonalen Energiepolitik 2008 – 2017. Im Auftrag des Baudepartements des Kanton Schaffhausen, Zürich.

http://www.sh.ch/fileadmin/Redaktoren/Dokumente/Energiefachstelle/Publikationen/820_be_GrundlagenEnergieSH_defAG4.pdf

Müller K. 2009: Risk and Return von Kernkraftwerken – Eine Beurteilung aus Sicht der Finanzmärkte am Beispiel der Kernkraftwerke Leibstadt und Gösgen, Vortrag im Rahmen des SES Fachtagung vom 12.09.2008 in Zürich.

MuKEN 2008: Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKEN), Ausgabe 2008, April 2008.

Nitsch 2008: Leitstudie 2008: Weiterentwicklung der „Ausbaustrategie Erneuerbare Energien“ vor dem Hintergrund der aktuellen Klimaschutzziele Deutschlands und Europas, im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Stuttgart 2008.

RR SH 2010: Schwerpunkte der Regierungstätigkeit 2010, Regierungsrat des Kantons Schaffhausen, Januar 2010.

<http://www.sh.ch/Schwerpunkte-der-Regierungstae.3124.0.html>

SATW 2006: Road Map Erneuerbare Energien Schweiz, Eine Analyse zur Erschliessung der Potenziale bis 2050. Schweizerische Akademie der technischen Wissenschaften, Zürich.

Schneider M., Thomas S., Frogatt A., Koplow D. 2009: Der Welt-Statusreport Atomindustrie 2009. Unter besonderer Berücksichtigung wirtschaftlicher Fragen, im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Paris und Berlin.

ShPower 2009: Stromkennzeichnung. Städtische Werke Schaffhausen und Neuhausen am Rheinfall, Schaffhausen.

<http://www.shpower.ch/index.cfm?navid=11&contentid=374&titel=Stromkennzeichnung&nav&sel=1>

(Stand 26.4.2009).

SRU 2010: Klimaverträglich, sicher, bezahlbar: 100 % erneuerbare Stromversorgung bis 2050. Sachverständigenrat Umweltfragen, Stellungnahme No. 15, Mai 2010.

Stadt Schaffhausen 2009: Klimaschutz- und Energiekonzept. „Die Stadt Schaffhausen auf dem Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft.“ Technischer Bericht, Mai 2009.

Swisslectric 2007: Versorgungssicherheit statt Stromlücke: Strombranche will 30 Mia. Franken bis 2035 investieren. „Künftige Stromversorgung Schweiz – die Strategie der Investoren“, Medienmitteilung vom 22. März 2007, Bern.

The Keystone Center 2007: Nuclear Power Joint Fact-Finding, Washington.

VSE 2006: Vorschau 2006 auf die Elektrizitätsversorgung der Schweiz im Zeitraum bis 2035/2050, Aarau.

Walder Wyss 2011: Rechtsgutachten zur Motion 2009/2: „Ausstieg aus der Atomenergie“, Prof. Hans Rudolf Trüeb, Rechtsanwalt, Walder Wyss AG, 20. Mai 2011, Zürich.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderung (WBGU) 2003: Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit, Berlin/Heidelberg/New York.

WWF 2008: Wirtschaft, Wachstum und Umwelt - Skizze einer klimaverträglichen Schweizer Wirtschaft 2035, Zürich 2008.