

# Energiewelten



Das VSE-Denkmodell für die Schweizer  
Energieversorgung im Jahr 2035





# Energiewelten

Das VSE-Denkmodell für die Schweizer  
Energieversorgung im Jahr 2035

# Inhalt

Executive Summary .....	6
Vier Welten – vier Stühle .....	9
1. Einleitung und Motivation .....	11
2. Die Vision des VSE für die Energiewirtschaft.....	12
3. Energiewelten.....	15
3.1 Herleitung der Energiewelten.....	16
3.2 Gas in den Energiewelten .....	18
3.3 Erdöl in den Energiewelten .....	19
3.4 Trust World .....	20
3.4.1 Vorgeschichte	20
3.4.2 Ausprägungen	21
3.4.3 Marktmodell	24
3.4.4 Geschäftsmodell	24
3.5 Trade World .....	26
3.5.1 Vorgeschichte	26
3.5.2 Ausprägungen	27
3.5.3 Marktmodell	30
3.5.4 Geschäftsmodell	30
3.6 Local World.....	32
3.6.1 Vorgeschichte	32
3.6.2 Ausprägungen	32
3.6.3 Marktmodell	35
3.6.4 Geschäftsmodell	37
3.7 Smart World .....	39
3.7.1 Vorgeschichte	39
3.7.2 Ausprägungen	39
3.7.3 Marktmodell	44
3.7.4 Geschäftsmodell	45
3.8 Das Wesentliche aus Kapitel 3 .....	47

4.	Energiewelten in Grössenordnungen .....	49
4.1	Datengrundlagen.....	49
4.2	Vergleich der Welten nach den fünf Dimensionen .....	50
4.3	Das Wesentliche aus Kapitel 4.....	55
5.	«VSE Trend 2035» .....	57
5.1	Einleitung.....	57
5.2	Beschreibung des «VSE Trend 2035» .....	58
6.	Erkenntnisse und Ausblick.....	63
6.1	Erkenntnisse.....	63
6.2	Ausblick.....	65
7.	Abkürzungsverzeichnis.....	67
8.	Literaturverzeichnis.....	68
9.	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	69
10.	Anhang – Annahmen betreffend Produktionsmix und Nachfrage.....	70

# Executive Summary

Die Energiewirtschaft steht vor tief greifenden Veränderungen. Die Rolle der zentralen Energieversorger wird hinterfragt, die Preise für Strom sind historisch tief. Neue, digitale Technologien bieten ganz neue Möglichkeiten – bedrohen aber auch angestammte Geschäftsfelder.

In diesem ungewissen Umfeld müssen Gesellschaft, Energieunternehmen und Politiker sich Gedanken über die Welt von morgen machen. Sie müssen mögliche Entwicklungen antizipieren, Möglichkeiten ausloten, Risiken erfassen und Chancen erkennen. Um diesen Prozess zu unterstützen, hat der Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE) das Projekt «Energiewelten» initiiert.

Das Projekt «Energiewelten» ist einerseits

- ein Analyseinstrument für den Verband

andererseits kann es aber auch

- eine Grundlage für Empfehlungen an den Gesetzgeber bilden
- eine Basis für Strategieentwicklungen bei den Mitgliedsunternehmen bieten
- als Orientierungshilfe für Politik und die interessierte Öffentlichkeit dienen

## Vision

---

In einer Vision zeichnet der VSE sein Idealbild von der Energiewirtschaft von morgen. Unabhängig von der Entwicklung der Energiewelt: Energie soll auch in Zukunft für alle in ausreichender Menge und zu erschwinglichen Preisen zur Verfügung stehen. Die Schweiz soll einen grossen Teil ihres Stromverbrauchs mit inländischer Produktion decken können. Dabei gilt es, die gut ausgebaute Netzinfrastruktur für Strom und Gas zu erhalten. Aufgrund der flexiblen Stromproduktion, der zentralen geografischen Lage und des spezialisierten Fachwissens kann die Schweizer Energiewirtschaft im Austausch mit den europäischen Ländern aktiv als stabilisierendes Element im europäischen Gesamtsystem wirken. Sie kann als Transitland und als Anbieter massgeschneiderter Energiedienstleistungen fungieren. Bei der Einführung neuer Technologien, insbesondere solcher zur Steigerung der Gesamtenergieeffizienz, soll die Energiewirtschaft eine führende Rolle übernehmen.

## Vier weit auseinanderliegende Energiewelten

Da die Realität vom Idealbild abweichen kann, beschreibt der VSE zusätzlich vier sehr weit auseinanderliegende, zuweilen extreme, aber denkbare Energiewelten. Jede dieser Energiewelten besteht aus drei Elementen: der beschriebenen Ausprägung, einem dazugehörigen Marktmodell sowie möglichen Geschäftsmodellen. Keine dieser Welten erhebt den Anspruch, ein exaktes Bild von der Zukunft zu vermitteln. Vielmehr spannen die Energiewelten einen breiten Entwicklungskorridor auf, in dem aller Voraussicht nach die tatsächliche Entwicklung in den nächsten 20 Jahren stattfindet und der als Orientierungshilfe die Achsen Zentrale/Dezentrale Versorgung und Vernetzung EU–CH aufweist. Die vier Energiewelten lauten **Trust World**, **Trade World**, **Local World** und **Smart World**.

In der **Trust World** ist der Umbau der Energieversorgung zu schnell vorangeschritten. Die Versorgungssicherheit in ganz Europa hat gelitten – und hat daher nun höchste Priorität. Die europäischen Länder beschliessen, ihre Autonomie zu erhöhen, um die Kontrolle über das nationale Stromnetz und die nationale Produktion zurückzugewinnen und damit weitere Netzausfälle zu verhindern. Die weitgehend autonome Stromversorgung erfolgt in der Schweiz mehrheitlich durch steuerbare Wasser- und Gaskraftwerke. Der Strommarkt ist neu klein und illiquid. Der Versuch, einen funktionierenden Markt aufrechtzuerhalten, scheitert. Es braucht Staatseingriffe, damit Produktionseinheiten erstellt und betrieben werden. Wegen des fehlenden Marktes findet weder beim Strom noch beim Erdgas eine Entflechtung von Netz und Vertrieb statt. Erdgas spielt zur Deckung des Gasbedarfs der Gaskraftwerke in der **Trust World** eine grosse Rolle. In der fast vollständig planwirtschaftlich organisierten Energieversorgung ist der unternehmerische Handlungsspielraum eingeschränkt.

Ganz anders als in der **Trust World** findet in der **Trade World** ein umfangreicher europäischer Stromhandel statt. Produktionskapazitäten werden nämlich europaweit an den geeignetsten und also kostengünstigsten Standorten zugebaut. Grund für diese Entwicklung ist ein hohes Kostenbewusstsein der Konsumenten. Denn aufgrund zahlreicher Unterstützungssysteme stiegen die Kosten für die Stromversorgung und erreichten letztlich einen Betrag, den die Konsumenten nicht mehr zu zahlen bereit waren. Die Unterstützungssysteme sind daher eingestellt worden. Sämtliche Entwicklungen und Massnahmen zielen auf eine möglichst günstige Stromversorgung ab, wobei Klimaschutzziele in den Hintergrund treten. Die Marktordnung der Schweiz ist mit der EU abgestimmt. Die Schweiz nimmt als Transitland und zur Stützung der Systemstabilität eine wichtige Rolle ein. Alle Endverbraucher haben bei Strom und Erdgas freien

Netzzugang. In der **Trade World** bestimmen Wettbewerb und Preisdruck die Geschäftsmodelle. Um bestehen zu können, sind Grössenvorteile durch Skaleneffekte bei der Produktion und im Vertrieb sowie schlanke Geschäftsstrukturen und das Ausnutzen von Nischen entscheidend.

In der **Local World** hat die Bevölkerung den Umbau des Energiesystems hin zu einer dezentralen, klimafreundlichen und möglichst inländischen Energieversorgung vorangetrieben. Um dieses Ziel zu erreichen, nahm sie Vorschriften zum Energieverbrauch und hohe Kosten auf sich. Die Digitalisierung hat grosse Fortschritte erzielt und ist weit verbreitet. Deshalb versorgen sich 2035 vernetzte Dörfer und Städte weitgehend selbst. Die zentralen Wasserkraftwerke beliefern noch diejenigen Verbraucher, welche sich nicht oder nur teilweise selbstständig versorgen. Zudem dienen sie als Back-up-Kraftwerke, um insbesondere im Winter die Versorgung aller Konsumenten zu sichern. In der **Local World** sorgt der Verteilnetzbetreiber für den Netzbetrieb und für die Versorgung. Der Verteilnetzbetreiber/Versorger stimmt in seinem Netz die Netzinfrastruktur, die Speichermöglichkeiten bei Strom und Gas, die Flexibilität sowie die Produktion der dezentralen Kraftwerke aufeinander ab. Leistungsstarke Datenanalysen und Optimierungsalgorithmen sind wichtige Faktoren für den Erfolg. Es herrscht Markt zwischen den Betreibern der grossen Wasserkraftwerke und den Verteilnetzbetreibern/Versorgern. Im Dienstleistungsgeschäft herrscht ein sehr lebendiger und hart umkämpfter Markt auf Ebene Endverbraucher und Prosumer; hier sind massgeschneiderte Kundenlösungen gefragt.

Auch in der **Smart World** ist die Digitalisierung stark vorangeschritten. Begleitet wurde sie von grossen Kostensenkungen bei erneuerbaren Produktions- sowie Speichertechnologien. Entsprechend hoch ist der Anteil an Photovoltaik- und Windkraftanlagen, gekoppelt mit Speichern. Dabei werden diese Anlagen dort gebaut, wo die geografischen Bedingungen am geeignetsten sind, auch über die Landesgrenzen hinweg. Es herrscht ein reger Stromaustausch zwischen den europäischen Ländern. Die Schweizer Speicherkraftwerke sind dank ihrer Fähigkeit, Strom saisonal zu speichern, weiterhin von grosser Systemrelevanz. In der **Smart World** besteht wenig Bedarf an Regulierung. Diese beschränkt sich neben der CO<sub>2</sub>-Politik vor allem auf den Netzbereich. Die Endverbraucher wechseln die Lieferanten mit hoher Kadenz. Dank dem hohen Grad an Digitalisierung liegen Informationen zu Marktpreisen und zum Netz für alle Marktteilnehmer zeitnah und transparent vor. Es gibt viele lokale Prosumer und Produzenten. Durch die Schaffung von Märkten für Strom, Gas und Wärme auf Verteilnetzebene mussten

die Aufgaben und Kompetenzen der Verteilnetzbetreiber bei der Netzführung neu definiert werden. Darüber hinaus müssen neue Netznutzungsmodelle, wie dynamische Netznutzungstarife bei Strom, Gas und Wärme, entwickelt werden, da der Anteil der Verbraucher mit Eigenproduktion sehr hoch ist. Die Prosumer beziehen wenig Energie vom Netz, beanspruchen – im Winter und als Back-up – jedoch nach wie vor viel Leistung. In der **Smart World** ergeben sich sehr viele mögliche Geschäftsmodelle, und die Zahl der Markakteure nimmt zu. Die Liberalisierung aller Bereiche der Energiewirtschaft, mit Ausnahme der Netze, trägt wesentlich dazu bei. Im Zentrum stehen digitale Technologien. Spezialisierung und Grösse oder das Besetzen von Nischen sowie konstante Verbesserungs- und Innovationsprozesse sind Voraussetzungen dafür, sich im intensiven Wettbewerb durchzusetzen.

Der VSE untermauert die vier Energiewelten mit Daten aus bestehenden Studien. Diese Daten stammen aus Szenarien für das Jahr 2035. In Einzelfällen mussten gar Daten aus Szenarien für das Jahr 2050 verwendet werden, um den Entwicklungen in den Energiewelten gerecht zu werden. Dies zeigt, dass sich einzelne Energiewelten äusserst dynamisch entwickeln.

### VSE Trend 2035

---

Wie aber wird sich die Energiewelt gemäss VSE wirklich entwickeln? Der «VSE Trend 2035» beschreibt die Energiewelt, die der Verband aufgrund des aktuellen Wissensstandes im Jahr 2035 als am plausibelsten betrachtet. Der «VSE Trend 2035» wird jährlich aktualisiert und mit der Vision verglichen. So kann der VSE Abweichungen der tatsächlichen Entwicklung vom Idealbild frühzeitig erkennen und thematisieren.

Der Verband geht mit dem «VSE Trend 2035» (Stand 2016/17) davon aus, dass die Produktionsstruktur 2035 ein Mix aus zentraler und dezentraler Produktion sein wird. Die Wasserkraft wird weiterhin eine tragende Rolle einnehmen. Die bis dahin wegfallende Kernkraft wird durch den Zubau von Erneuerbaren nur teilweise kompensiert. Die Nachfrage steigt gegenüber heute an – bedingt durch Bevölkerungswachstum und zunehmende Elektrifizierung von Wärme und Mobilität. Die Vernetzung mit Europa ist zentral. Denn die Schweiz ist insbesondere im Winterhalbjahr noch stärker als heute auf Importe angewiesen – u.a. aufgrund der wegfallenden Kernkraft. Die Digitalisierung wird den Energiemarkt bis 2035 stark durchdringen und zu enormen Veränderungen in der Energiewirtschaft führen.

### Bericht 2017 bildet den Auftakt

---

Das Projekt «Energiewelten» zeigt, dass für die Welt von morgen die Entwicklung folgender Elemente von herausragender Bedeutung ist:

- Deckung der Stromnachfrage (dezentrale, zentrale Produktion, Anteil Prosumer, Netzkonvergenz)
- Finanzierung Stromproduktion und Netz
- Zusammenarbeit mit der EU
- Einsatz der Digitalisierung in der Energieversorgung

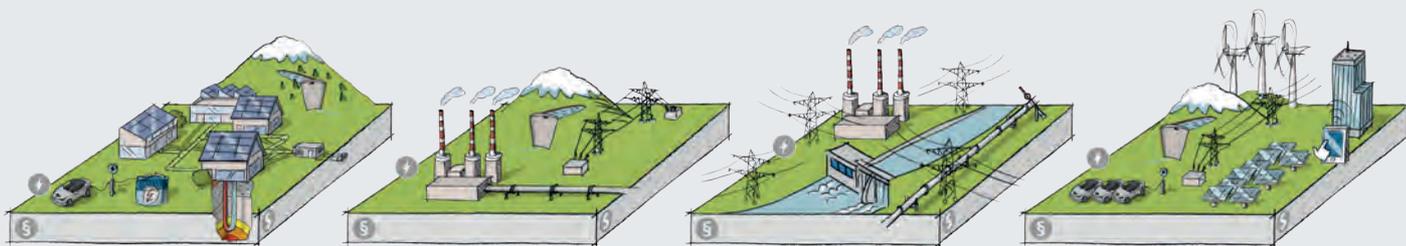
Der VSE hat sich diesen Elementen in seiner Vision angenommen. Nun müssen sich auch Gesellschaft und Politik mit diesen Themen auseinandersetzen. Wichtig dabei ist, dass realistische Ziele für die zukünftige Form der Energieversorgung formuliert werden.

Der vorliegende Bericht «Energiewelten 2017» bezeichnet nicht etwa den Abschluss der Arbeiten zu den Energiewelten, er hält vielmehr den Start fest. Geplant sind weitere Berichte mit Vertiefungen und Erweiterungen. Im Rahmen des Projektes hat der VSE die Zusammenarbeit mit Hochschulen, Fachhochschulen und Forschungsinstituten, wie beispielsweise Empa und SCCER, lanciert. Erste Resultate dieser Zusammenarbeit sollen im nächsten Bericht ausgeführt werden. Das Projekt «Energiewelten» wurde offen und ausbaufähig in die verschiedensten Richtungen konzipiert. Das Projekt «Energiewelten» soll den VSE noch einige Jahre begleiten und dabei stetig ausgebaut werden.

# Vier Welten – vier Stühle

Die Energiewelt von morgen wird massgebend geprägt von technologischer Innovation, dem wirtschaftlichen Umfeld und politischen Entscheiden.

Der VSE beschreibt aus heutiger Sicht extreme, aber denkbare Energiewelten. Der «VSE Trend 2035» ist jene Energiewelt, die der VSE aufgrund des aktuellen Wissensstands im Jahre 2035 erwartet. Darüber hinaus entwickelt der VSE eine vielschichtige Vision und schärft das Bewusstsein dafür, welche Konsequenzen heutige Entscheide für die Energiewelt von morgen haben.



⚡ = Ausprägung

§ = Marktmodell

Ⓢ = Geschäftsmodell

Ein Flugzeugsitz oder ein Holzstuhl als Bild für die Energieversorgung im Jahr 2035. Sicher fragen Sie sich, was das soll? Der VSE lässt Sie anhand des neuen, deskriptiven Denkmodells in die Energiewelt von morgen eintauchen.

Nehmen Sie Platz, und tauchen Sie mit uns in die Zukunft ein. Ob Holzstuhl, Tech-Stuhl, Flugzeugsitz oder Fernsehsessel – auf jeder Sitzgelegenheit nehmen Sie eine andere Haltung und Perspektive ein. Und jede steht für eine extreme, aber durchaus denkbare Energiewelt. Die Stühle versinnbildlichen dabei die wichtigsten Werte der entsprechenden Energiewelt.





# 1. Einleitung und Motivation

Die Rahmenbedingungen für die Energiewirtschaft in der Schweiz haben sich innert weniger Jahre grundlegend geändert. Das Projekt «Energiewelten» des VSE trägt dieser Entwicklung Rechnung und wirft einen qualitativen Blick in die Energiezukunft der Schweiz.

Der rasche Wandel der Rahmenbedingungen für die Energiewirtschaft ist auf unterschiedliche Entwicklungen in Wirtschaft, Gesellschaft, Technologie, Recht und Politik zurückzuführen. Die Unsicherheit wächst. Bisherige Geschäftsmodelle sind unter Druck. Strukturelle Wettbewerbsverzerrungen und daraus resultierende – historisch tiefe – Marktpreise gefährden den bestehenden Kraftwerkspark. Das Thema Eigenversorgung beim Strom gewinnt politisch und gesellschaftlich zunehmend an Bedeutung. Es werden Massnahmen diskutiert, um die Fähigkeit der Schweiz aufrechtzuerhalten, ihre eigene Stromnachfrage zu decken. Gleichzeitig fordern Prosumer und dezentrale Einspeisung die Verteilnetzbetreiber zunehmend heraus. Daneben versucht der Bund, die Energiewirtschaft noch stärker zu regulieren (Energierstrategie 2050, Revision StromVG, Strom- und Gasmarktliberalisierung), ohne das Verhältnis zwischen der Schweiz und der EU mit einem entsprechenden Abkommen geklärt zu haben.

Als Dachverband der Schweizer Elektrizitätswirtschaft, dessen Mitglieder für 90 Prozent der Schweizer Stromversorgung verantwortlich sind, und angesichts dieser Entwicklungen begann der VSE im Sommer 2015 mit dem Projekt «Energiewelten».

Das Projekt soll folgende drei Fragen beantworten: Was ist in Zukunft denkbar? (die Energiewelten), Welche Tendenzen zeichnen sich ab? («VSE Trend 2035»), Was ist für die Zukunft wünschenswert? (Vision).

Das Projekt «Energiewelten» wirft einen qualitativen Blick in die Energie-Zukunft der Schweiz. Auf eine quantitative Prognose wurde bewusst verzichtet, da unter den aktuellen Rahmenbedingungen numerische Modelle und klassische Prognosen am Limit sind. Es braucht eine Gesamtsicht und einen breiten Entwicklungskorridor. Damit unterscheidet sich das Projekt «Energiewelten» von den bisherigen quantitativen Berichten des VSE. Der VSE publiziert seit 1963 in regelmässigen Abständen seinen Ausblick in die Strom-/Energiezukunft der Schweiz (zuletzt beispielsweise VSE, Siebenter Zehn-Werke-Bericht, 1987; VSE, Vorschau auf die Elektrizitätsversorgung der Schweiz, 2006; VSE, Wege in die neue Stromzukunft, 2012).

Die Energiewelten beschreiben daher zugespitzte, extreme Eckpunkte möglicher Entwicklungen, die grundsätzlich nicht auszuschliessen sind, und öffnen damit einen breiten Entwicklungskorridor. Die dereinst tatsächliche Energiewelt wird sich voraussichtlich innerhalb dieses Korridors entwickeln. Die Energiewelten wurden in diversen Workshops mit verschiedensten Experten des Verbandes erarbeitet. Die qualitativ entwickelten Energiewelten wurden anschliessend quantitativ plausibilisiert – und wo nötig modifiziert (vgl. Kapitel 4). Dazu wurde auf bereits bestehende Studien zurückgegriffen.

Der VSE will jährlich die relevanten Tendenzen und Trends überprüfen. Unter dem Titel «VSE Trend 2035» will der Verband aufzeigen, wohin sich die künftige Energiewelt nach gegebenem Wissensstand tatsächlich entwickelt (vgl. Kapitel 5).

Gleichzeitig hat der Vorstand des VSE eine Vision für die Energiewirtschaft 2035 entwickelt. Er möchte damit einen aus seiner Sicht wünschenswerten Weg für die Energiewirtschaft aufzeigen (vgl. Kapitel 2).

Das Projekt «Energiewelten» ist mit dem vorliegenden Bericht «Energiewelten 2017» keineswegs abgeschlossen. Mit dem Bericht wird vielmehr der Grundstein für vielfältige zukünftige Entwicklungen gelegt (vgl. hierzu auch Kapitel 6.2).



## 2. Die Vision des VSE für die Energiewirtschaft

Es ist entscheidend, dass die von einem grundlegenden Wandel erfasste Energiewirtschaft selber ein «Idealbild» der Zukunft zeichnet und dass sie verständlich aufzeigt, wofür sie einsteht – und welche Rollen und Aufgaben sie übernehmen will.

Indem er aus den Energiewelten eine Vision formuliert, zeigt der VSE den Entscheidungsträgern in den Unternehmen, in Verwaltung und Politik einen möglichen Weg in die Zukunft auf. Da der Verband den «VSE Trend 2035» jährlich überprüft, kann er frühzeitig Abweichungen zu seiner Vision erfassen – und allfällige Massnahmen ergreifen.

Der Vorstand des VSE erarbeitete Eckwerte für die Vision, die der VSE für die gesamte Energiewirtschaft sowie deren Rollen und Aufgaben hat. Zur Energiewirtschaft zählen alle Unternehmen, die in der Herstellung, Verteilung und im Verkauf von Energie sowie damit verbundenen Dienstleistungen tätig sind. Die Verbände und Organisationen der Branche sind ebenfalls Teil der Energiewirtschaft.

Der VSE ist der Auffassung, dass eine nur auf Strom beschränkte Sicht zu kurz greift. Die Eckwerte enthalten deshalb allgemeine Aussagen, welche die gesamte Energiewirtschaft betreffen. Bei den meisten Aussagen richtet sich der Fokus jedoch auf die leitungsgebundenen Energieträger Strom, Gas und Fernwärme. Der VSE fordert schon länger eine integrale Sicht der Energieversorgung und eine Gesamtenergiebetrachtung, zumal eine erhebliche Zahl der VSE-Mitglieder auch in der Gas- und/oder Wärmeversorgung tätig sind.

Die Vision des VSE für die Energiewirtschaft gibt im weitesten Sinne den idealen Zustand wieder, wie ihn der Verband für die Energiewirtschaft in der Zukunft sieht. Die Rollen und Aufgaben der Energiewirtschaft aus Sicht des VSE verdeutlichen, was unternommen werden muss, um diesen idealen Zustand zu erreichen.

### Die Vision des VSE für die Energiewirtschaft

Energie ist ein volkswirtschaftlicher Basisfaktor. Die Bereitstellung von Energie erfolgt auch in Zukunft mit dem Ziel, ein Grundbedürfnis zu decken sowie die Wohlfahrt und die Lebensqualität zu erhalten und zu steigern. Deshalb muss auch in Zukunft Energie in ausreichender Menge und zu erschwinglichen Bedingungen verfügbar sein. Dazu gehört eine geeignete Einbindung von dezentraler Produktion, Speicherung und Verbrauch (Flexibilität, Effizienz).

Die Schweiz verfügt auch in Zukunft über eine hohe Eigenversorgung beim Strom und über eine dauerhafte, gut ausgebaute Netzinfrastruktur (Strom, Gas, Wärme). Die Unternehmen der Energiewirtschaft übernehmen auch künftig Verantwortung für die Versorgungssicherheit. Insbesondere sehen sie sich in der Verantwortung für die Sicherstellung des überregionalen Austauschs von Energie – durch den Bau und den Betrieb von Netzen (Strom-/Gasnetz). Denn trotz dem steigenden Anteil an dezentraler Versorgung wird dieser überregionale Austausch von Energie weiterhin notwendig sein. Dabei bleibt die Mehrheit der Nutzer an den Verteilnetzen (Strom, Gas, Wärme) angeschlossen und trägt gemeinsam die Kosten.

Die Energieversorgungsunternehmen (EVU) richten sich auch in Zukunft auf die Bedürfnisse ihrer Kunden aus und stiften als Dienstleister einen hohen Kundennutzen. Die Mitarbeiter der EVU werden als konstruktiv, glaubwürdig und kompetent wahrgenommen. Die EVU setzen sich weiterhin für eine nachhaltige, wirtschaftliche und sichere Versorgung ein und werden auch so wahrgenommen.

Bei der Einführung neuer Technologien, insbesondere zur Steigerung der Gesamtenergieeffizienz, übernimmt die Energiewirtschaft eine führende Rolle. Sie setzt neue Technologien so ein, dass diese einem Gesamtenergiesystem dienen, das bezüglich Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit und Ökologie optimiert ist.

Die schweizerische Energiewirtschaft nimmt zum gegenseitigen Nutzen an einem diskriminierungsfreien europäischen Energiebinnenmarkt teil und gestaltet diesen aktiv mit. Dabei spielt sie weiterhin eine wichtige Rolle in Europa: als Transitland, wegen ihrer flexiblen Produktion zur Stützung der Systemstabilität und als Importeur und Exporteur von Energiedienstleistungen.

## **Rollen und Aufgaben der Energiewirtschaft aus Sicht des VSE**

---

Die Energiewirtschaft will die Vision verwirklichen und Verantwortung für die Versorgungssicherheit übernehmen. Sie setzt sich dazu für geeignete Rahmenbedingungen ein. Darin soll insbesondere die Netzkonvergenz durch eine entsprechende Marktordnung ermöglicht werden.

Die einzelnen EVU nehmen dabei unterschiedliche Marktrollen ein. Sie befinden sich an verschiedenen Positionen in der Wertschöpfungskette. Entsprechend unterschiedlich sind die Ansichten, Interessen und Strategien innerhalb der Energiewirtschaft. Für einen gut funktionierenden Energiemarkt ist es dennoch unabdingbar, dass die Energiewirtschaft gemeinsam konsensfähige Lösungen für anstehende Probleme erarbeitet – und diese wirksam in den politischen Prozess einbringt. Dazu muss ein stetiger Austausch stattfinden.

Die Energiewirtschaft setzt sich für eine langfristig CO<sub>2</sub>-arme Energieversorgung und Stromproduktion sowie für umweltgerechte Lösungen ein. Jedoch setzt sie sich auch dafür ein, dass Umweltauflagen nicht wettbewerbsverzerrend sind.



Die Vision des VSE für die Energiewirtschaft gibt im weitesten Sinne den idealen Zustand wieder, wie ihn der Verband für die Energiewirtschaft in der Zukunft sieht. Die Rollen und Aufgaben der Energiewirtschaft aus Sicht des VSE verdeutlichen, was unternommen werden muss, um diesen idealen Zustand zu erreichen.



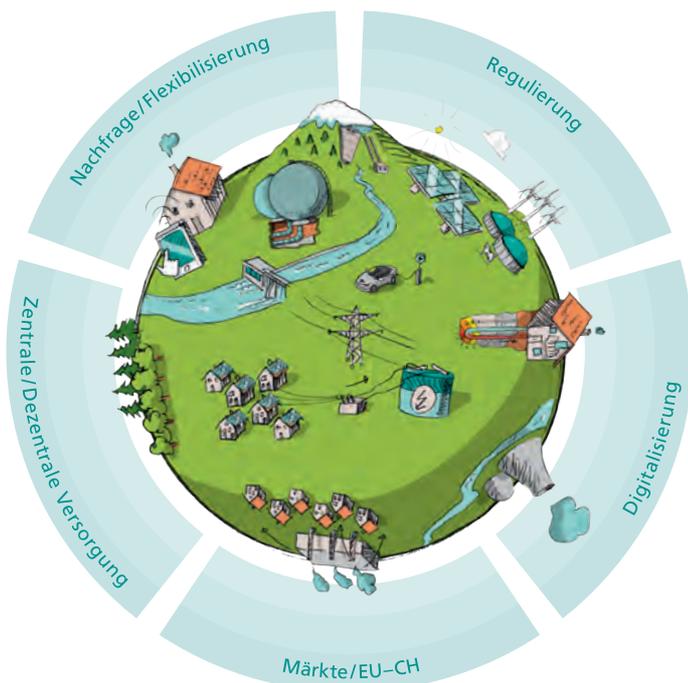
# 3. Energiewelten

In diesem Kapitel wird die Herleitung der Energiewelten erläutert und kurz auf den Einbezug der Energieträger Gas und Öl eingegangen. Anschliessend werden die vier Energiewelten – **Trust World, Trade World, Local World** und **Smart World** – beschrieben. Für jede Welt werden Vorgeschichte, Ausprägung, Markt- und Geschäftsmodell vertieft (vgl. Kapitel 3.4 bis 3.7). Der Fokus richtet sich auf Themen und Aspekte, welche die jeweilige Welt prägen – auf eine einheitliche beschreibende Systematik wird verzichtet.



## Abbildung 1

### Die fünf Dimensionen der Energiewelten



- ① **Nachfrage/Flexibilisierung**  
Bezug aus Netz (Strom/Gas)  
Eigenverbrauch (Nachfrageniveau)  
Flexibilität (Lastverschiebung)
- ② **Zentrale/Dezentrale Versorgung**  
Anteil dezentraler Produktion  
Bedarf Netz (Strom/Gas)  
Netzkonvergenz  
Batterien, Gas- und Wärmespeicher
- ③ **Märkte/EU-CH**  
Eigenversorgung CH (Strom/Gas)  
Einbindung in internationale Märkte (Strom/Gas)
- ④ **Digitalisierung**  
ICT-Durchdringung  
Akzeptanz Datenaustausch
- ⑤ **Regulierung/Staatseingriffe**  
Förderung erneuerbarer Energien  
Vorschriften Energieeffizienz  
Eingriffe in die Preise (Strom/CO<sub>2</sub>)

Die «Vorgeschichte» soll aufzeigen, welche Umstände zu den verschiedenen Energiewelten geführt haben. Im Kapitel «Ausprägungen» werden die wesentlichen und typischen Merkmale der Energiewelten erläutert. Darin wird auch die Auswirkung auf wichtige Branchenakteure erörtert.

Zu jeder Ausprägung der Energiewelt werden die auffallendsten Merkmale des zugehörigen Marktmodells beschrieben. Ein Marktmodell beschreibt ein Regelwerk, innerhalb dessen die Rollen, Verantwortungen und Kompetenzen der Akteure bestimmt werden. Das Regelwerk setzt sich zusammen aus dem festgelegten Regulierungsrahmen und den Richtlinien und Empfehlungen der Branchenverbände. Auf eine detaillierte Darstellung des Regelwerks wird verzichtet, es geht vielmehr darum, die jeweils spezifischen Kernelemente herauszuschälen. Dazu werden auch die wichtigsten Auswirkungen auf die relevanten Akteure dargestellt.

In den Kapiteln Geschäftsmodelle werden Geschäftsmöglichkeiten in den jeweiligen Energiewelten beleuchtet. Dabei werden die Schlüsselemente von Angebot und Kunden verschiedener Akteure sowie finanzielle Aspekte behandelt. Auch hier werden die jeweils spezifischen Punkte in der jeweiligen Energiewelt herausgeschält.

### 3.1 Herleitung der Energiewelten

Die vier Energiewelten wurden im Rahmen von Workshops entwickelt. In einem ersten Schritt wurden die Ausprägungen hergeleitet, indem Themen bestimmt wurden, die das Potenzial haben, die Energiewelt in den nächsten 20 Jahren spürbar zu verändern («Game Changer»). Aus der Fülle dieser «Game Changer» wurden von den Experten in einem zweiten Schritt 14 Themen ausgewählt und zu fünf zentralen Gruppen, den fünf Dimensionen, zusammengefasst. Dabei handelt es sich um die Dimensionen «Nachfrage/Flexibilisierung», «Zentrale/Dezentrale Versorgung», «Märkte/EU-CH», «Digitalisierung» und «Regulierung/Staatseingriffe».

Diese fünf Dimensionen spannen einen Raum auf, in dessen Rahmen denkbare Energiewelten beschrieben werden (vgl. Abbildung 1). Die Themen wurden mit je zwei möglichen Ausprägungen versehen, wie «viel/wenig» oder «hoch/tief». Beispielsweise kann der «Game Changer» ICT-Durchdringung die Ausprägung «tief» oder «hoch» annehmen. Nachfolgend sind die fünf Dimensionen mit ihren 14 Themen und möglichen Ausprägungen aufgelistet (vgl. Tabelle 1).

Aus den fünf Dimensionen mit je zwei Ausprägungen ergeben sich 32 mögliche Kombinationen. Daraus wurden in einem dritten Schritt vier Energiewelten ausgewählt und auf ihre Plausibilität hin überprüft. Sie sind in sich extrem, aber

durchaus denkbar: **Trust World, Trade World, Local World** und **Smart World**. Stark vereinfacht lassen sich diese Energiewelten über zwei Dimensionen beschreiben: «Zentrale/Dezentrale Versorgung» und «Märkte/EU–CH» (vgl. Abbildung 2). Auch bei den Vorgeschichten zu den vier ausgewählten Energiewelten handelt es sich um extreme Annahmen.

Diese vier Energiewelten könnten je nach energiepolitischen, energiewirtschaftlichen und technologischen Rahmenbedingungen in den nächsten 20 Jahren Realität werden. Sie werden in den Kapiteln 3.4 bis 3.7 vorgestellt. Bei den Beschreibungen der Energiewelten handelt es sich um extreme Momentaufnahmen im Jahr 2035 – aber selbstredend um keinen Endzustand. Diese Welten können sich in den Folgejahren noch in die eine oder andere Richtung weiterentwickeln.

Im Anschluss an die Herleitung der Ausprägungen wurden zu jeder Energiewelt die jeweiligen Marktmodelle entwickelt. Dazu wurden die Auswirkungen auf die Marktakteure und die Verschiebungen bei den Marktakteuren untersucht. Beim Strom standen insbesondere der Übertragungsnetzbetreiber, die Verteilnetzbetreiber, die Produzenten und die Endverbraucher im Fokus.

Bei Letzteren wurde unterschieden zwischen klassischen Verbrauchern, d.h. Verbrauchern ohne Flexibilitätspotenzial, flexiblen Verbrauchern, d.h. Verbrauchern mit Flexibilisierungspotenzial und/oder Batterien ohne Eigenproduktion, sowie Prosumern (flexiblen Verbrauchern, die einen Teil ihres Stroms selber produzieren). Im Gasbereich standen Ferngasnetzbetreiber, Verteilnetzbetreiber, Gaskraftwerk- und WKK-Betreiber sowie Power-to-Gas-Anlagebetreiber im Fokus. Genau so, wie für die Ausprägungen der Energiewelten jeweils extreme, aber denkbare Eckwerte ausgewählt wurden, wurden bei den Marktmodellen beim Vorliegen mehrerer Möglichkeiten die Gegensätzlichsten gewählt, damit ein möglichst breites Spektrum von verschiedenen Möglichkeiten abgedeckt werden konnte.

Es sei an dieser Stelle deutlich festgehalten, dass die beschriebenen Marktmodelle auf die zukünftig möglichen, extremen Ausprägungen der Energiewelten abgestimmt sind. Sie begründen also keine Positionen des VSE für die Gegenwart.

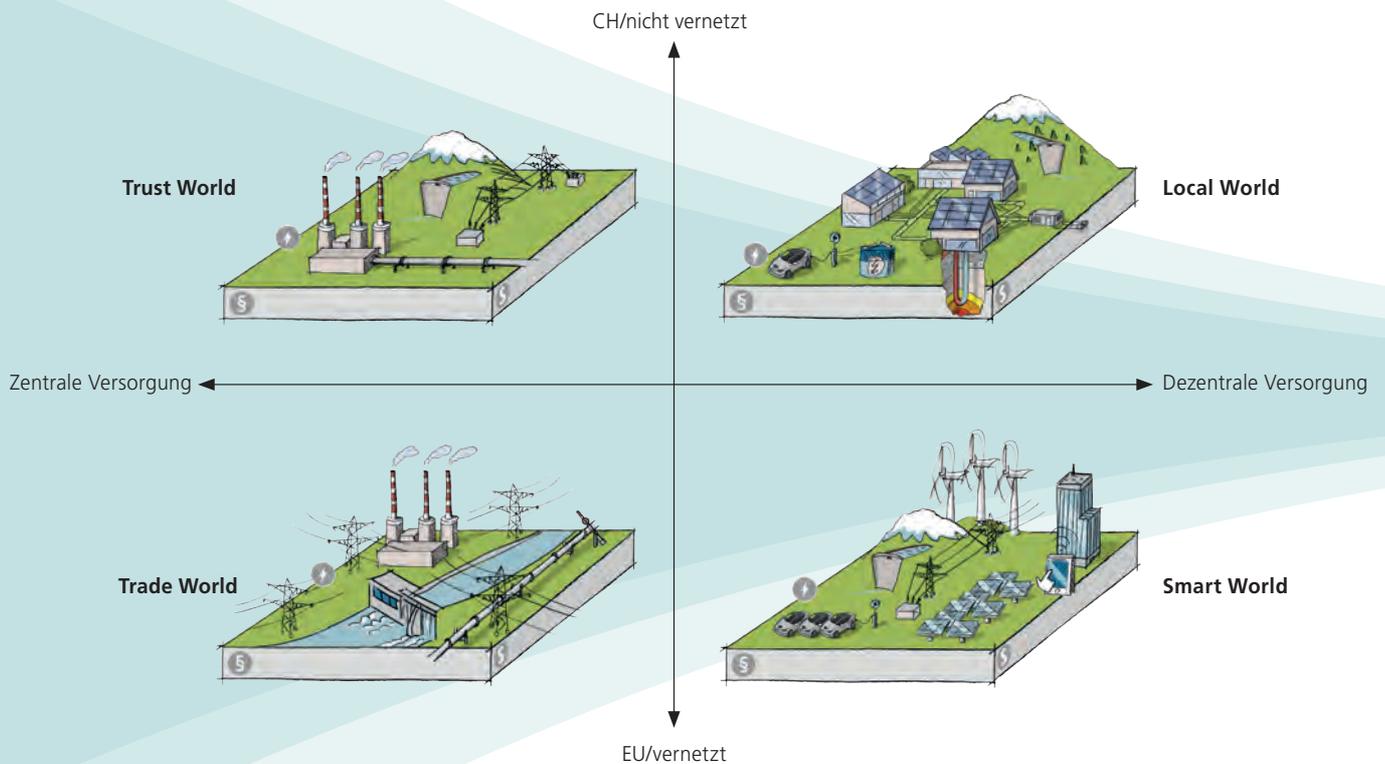
**Tabelle 1**

**Die fünf Dimensionen mit den 14 Themen («Game Changer»)**

① Nachfrage/Flexibilisierung		Mögliche Ausprägungen	
1	Bezug aus Netz (Strom/Gas)	Strom: hoch/tief	Gas: hoch/tief
2	Eigenverbrauch (Nachfrageniveau)	hoch/tief	
3	Flexibilität (Lastverschiebung)	hoch/tief	
② Zentrale/Dezentrale Versorgung			
4	Anteil dezentraler Produktion	hoch/tief	
5	Bedarf Netz (Strom/Gas)		
	VN Inland	Strom: hoch/tief	Gas: hoch/tief
	ÜN Inland	Strom: hoch/tief	Gas: hoch/tief
	ÜN grenzüberschreitend	Strom: hoch/tief	Gas: hoch/tief
6	Netzkonvergenz	hoch/tief	
7	Batterien, Gas- und Wärmespeicher	viel/wenig	
③ Märkte/EU–CH			
8	Eigenversorgung CH (Strom/Gas)	Strom: hoch/tief	Gas: hoch/tief
9	Einbindung in internationale Märkte (Strom/Gas)	Strom: hoch	Gas: hoch
④ Digitalisierung			
10	ICT-Durchdringung	hoch/tief	
11	Akzeptanz Datenaustausch	hoch/tief	
⑤ Regulierung/Staatseingriffe			
12	Förderung erneuerbarer Energien	hoch/tief	
13	Vorschriften Energieeffizienz	viel/wenig	
14	Eingriffe in die Preise (Strom/CO <sub>2</sub> ...)	Endpreise Strom: hoch/tief	CO <sub>2</sub> -Preis: hoch/tief

## Abbildung 2

### Die Energiewelten in der Übersicht



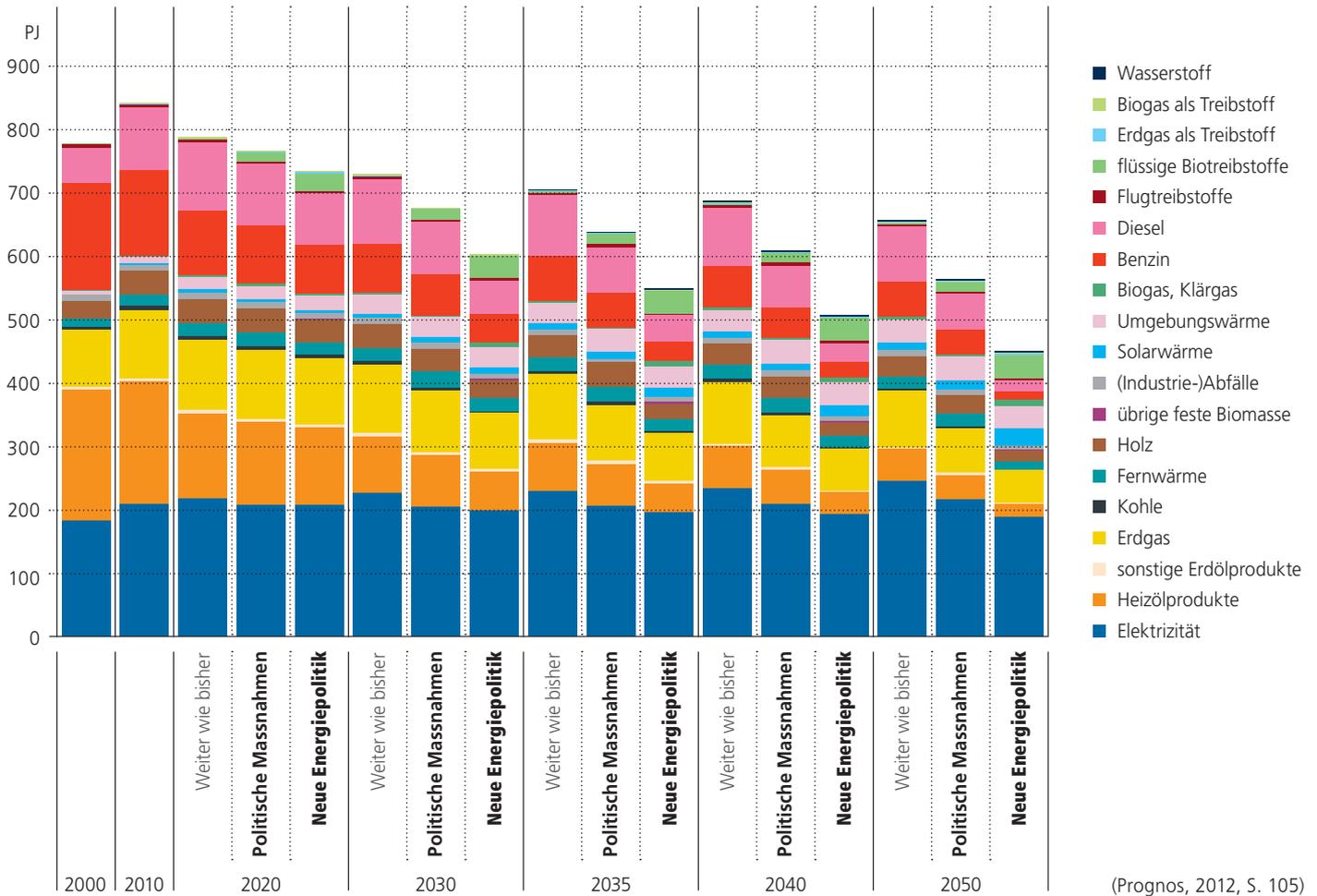
### 3.2 Gas in den Energiewelten

Das Gas und das Gasnetz werden in allen Energiewelten eine mehr oder weniger wichtige Rolle spielen. Ein Austausch mit den relevanten Produzenten- und Transitländern ist entsprechend von höherer oder geringerer Wichtigkeit, da angenommen wird, dass die Schweiz nicht im grösseren Umfang Erdgas selber produziert (bspw. durch Fracking). Hingegen spielt in einigen Energiewelten die Produktion von synthetischem, erneuerbarem Gas durch Power-to-Gas-Anlagen eine zunehmend wichtige Rolle. Zu einer längerfristigen Speicherung – insbesondere zur Speicherung von aus erneuerbaren Energien erzeugtem Gas – fehlen der Schweiz die Gasspeicher, die grössere Mengen aufnehmen können. Gasspeicher im Ausland sind aus heutiger Sicht wirtschaftlicher.

Für die Verwendung von Gas muss zunächst der Netzanschluss vonseiten der Netzbetreiber ermöglicht und von den Anschlussnehmern finanziert werden. Das Netznutzungsmodell sowie die Behandlung der Ausgleichsenergie müssen einfach und transparent gestaltet werden. Beim Netznutzungsmodell bietet sich das in Europa gängige Entry-Exit-Modell an. Bei einem Entry-Exit-Modell speist der Gaslieferant an einem beliebigen Punkt Gas ein, wofür eine Einspeisegebühr zu entrichten ist. Das Gas kann an einem beliebigen Ort wieder ausgespeist werden, wofür eine Entnahmegebühr zu entrichten ist. Die Gasbranche legt die technischen Bedingungen für die Nutzung des Netzes, bspw. betreffend Gasqualität, fest.

Abbildung 3

Szenarienvergleich Endenergienachfrage nach Energieträgern, in PJ



### 3.3 Erdöl in den Energiewelten

Bei den Energiewelten richtet sich der Fokus auf leitungsgelungene Energieträger, auf eine ausführliche Darstellung von Erdöl als Brenn- und Treibstoff wird daher verzichtet (vgl. Kapitel 2). Erdöl und Erdölprodukte sind nicht leitungsgelungene – und mit geringen Einschränkungen beliebig lagerfähig. Entsprechend ist das Marktmodell hierfür wesentlich einfacher.

Zudem wird sowohl in der *Trust World* als auch in der *Local World* und der *Smart World* davon ausgegangen, dass Erdöl nach und nach durch Energieträger substituiert wird, die weniger oder gar keine CO<sub>2</sub>-Emissionen verursachen. Erdöl wird vor allem im Gebäudesektor – aber auch in der Mobilität – abgelöst von anderen Energieträgern. Auch das BFE geht in den «Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050» davon aus, dass der Verbrauch von fossilen Energieträgern bis 2050 reduziert wird. Die Nachfrage nach Heizölprodukten reduziert sich im moderaten Szenario «Weiter wie

bisher» bereits um 75% zwischen 2010 und 2050. Werden energiepolitisch forcierte Massnahmen ergriffen, wie dies im BFE-Szenario «Neue Energiepolitik» der Fall ist, sinkt die Nachfrage nach Heizölprodukten um 90% (vgl. Abbildung 3).

Begründet wird diese Entwicklung durch den gesunkenen Heizwärmebedarf sowie die Substitution durch andere Energieträger. Der Verbrauch von Benzin und Diesel wird um 39% reduziert im moderaten und um 87% im forcierten Szenario. Gründe dafür sind die strengeren Grenzwerte bei Schadstoffemissionen für Neufahrzeuge, eine Verlagerung von der Strasse auf die Schiene sowie von privatem zu öffentlichem Verkehr – und die Einführung der Elektromobilität. Daneben gibt es einen industriellen Strukturwandel: weg von energie- und prozesswärmeintensiven Branchen hin zu einer Dienstleistungs- und Wissensgesellschaft (Prognos, 2012, S. 105, 143, 153, 163).

«Sichere, zuverlässige und bewährte Energieproduktion – grösstenteils in der Schweiz»



In der **Trust World** hat die Eigenversorgung höchste Priorität. Die Schweiz, wie alle anderen europäischen Länder, deckt ihre Stromnachfrage neu weitgehend autonom. Sie will die Souveränität über ihre Stromversorgung haben, nachdem der europaweit stark forcierte Umbau der Energieversorgung zu europaweiten Netzzusammenbrüchen und Blackouts geführt hat. In der Schweiz dominiert im Jahr 2035 eine Stromversorgung aus steuerbaren Wasser- und Gaskraftwerken. Erneuerbare Energien werden nicht mehr gezielt gefördert, jedoch werden die Abgaben auf den CO<sub>2</sub>-Ausstoss fossiler Energieträger deutlich erhöht. Die Bevölkerung ist bereit, hohe Preise für eine sichere Versorgung zu zahlen.

Die Nachfrage ist aufgrund des Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstums sowie wegen der Substitution fossiler Brennstoffe höher. Die Durchdringung von Flexibilisierungs- und Digitalisierungsangeboten bleibt gering – infolge mangelnder Akzeptanz von Datenaustausch. Smarte Anwendungen sind vor allem Annehmlichkeiten und kommen auch im Bereich der Haushalte und in der Elektromobilität zum Einsatz.

### 3.4.1 Vorgeschichte

---

In den 2010er- und 2020er-Jahren wurden europaweit die Grundlastkraftwerke (Kern-, Braunkohle- und Steinkohlekraftwerke) altersbedingt stillgelegt. Spitzenlastkraftwerke wurden aufgrund von Überkapazitäten und fehlender Wirtschaftlichkeit vermehrt vom Netz genommen. Gleichzeitig wurden die erneuerbaren Energien europaweit stark ausgebaut. Die vermehrt unregelmässig anfallende Produktion musste mit der Nachfrage in Übereinstimmung gebracht werden. Doch dafür brauchte es steuerbare Lasten und eine Flexibilisierung der Nachfrage. Diese Voraussetzungen entwickelten sich indes nur langsam. Mangelnde Akzeptanz von Datenaustausch und vereinzelte Vorfälle von Cyberkriminalität waren Gründe, weshalb sich die Nachfrage nicht flexibilisierte. Der Umbau der Energieversorgung erfolgte viel zu schnell. Folglich wurde es immer schwieriger, die Netze zu

regeln. Europaweite Netzzusammenbrüche und Blackouts häuften sich. Daher beschlossen die europäischen Länder gemeinsam, die Stromversorgung wieder zunehmend zentral und autark aufzubauen. Die einzelnen Staaten wollten die Kontrolle über ihre nationalen Netze und Kapazitäten wieder erlangen. Dies war zwar mit steigenden Kosten verbunden, Wirtschaft und Bevölkerung zeigten sich jedoch bereit, diese Kosten zu tragen.

### 3.4.2 Ausprägungen

#### 3.4.2.1 Beschreibung der fünf Dimensionen

##### Schweiz versorgt sich im Bereich Strom selbst

Die EU-Länder wie auch die Schweiz beschliessen gemeinsam und koordiniert, ihre jeweilige Autonomie im Strommarkt zu erhöhen. Es handelt sich um einen extremen, mit den Nachbarländern abgestimmten Eingriff ins System, mit dem Ziel, die Hoheit über die nationalen Stromnetze und Kapazitäten wieder zu erlangen und so weitere Netzausfälle zu verhindern. Die Politik plädiert für eine national autarke Stromversorgung und macht entsprechende Vorgaben.

Die Eigenversorgung der Schweiz steigt. Die europäische Vernetzung im Strommarkt sinkt drastisch. Der europäische Strommarkt verliert an Bedeutung und wird klein und illiquide. Im Gasmarkt hingegen soll die grenzüberschreitende Vernetzung beibehalten werden, da die Erdgastransporte keine Unregelmässigkeiten aufweisen und weiterhin effizient sind.

##### International abgestimmte CO<sub>2</sub>-Abgabe

Die Förderung von erneuerbaren Energien wird eingestellt. Die Förderpolitik wird jedoch von verschärften CO<sub>2</sub>-Abgaben abgelöst.

Aufgrund des weltweiten Anstiegs der Klimabelastung sprechen sich die nationalen und europäischen Politiker gemeinsam für eine konsequente Umsetzung der Klimapolitik aus. Folglich steigen die CO<sub>2</sub>-Preise stark an. Fossile Energieträger werden dadurch erheblich verteuert und zunehmend aus dem Markt gedrängt. Das führt im Wärme- und Mobilitätssektor zu einem Wandel hin zu elektrischer Energie. Als Folge davon steigt der Strombedarf. Die Politik macht den Endverbrauchern betreffend Energieeffizienz und Verbraucherverhaltensanpassung keine Vorschriften. Das Verhalten soll über den CO<sub>2</sub>- bzw. den Strompreis gesteuert werden.

##### Nachfrage nach Strom und Erdgas steigt

Die Versorgungssicherheit hat höchste Priorität. Die Bevölkerung ist bereit, für diese Massnahme einen höheren Preis zu zahlen. Die Flexibilität der Nachfrage bleibt gering, da die Verbraucher weiterhin nicht bereit sind, ihre Daten nutzbar zu machen – und die Flexibilität mit der zunehmend zentralen Versorgung eine untergeordnete Bedeutung erhält.

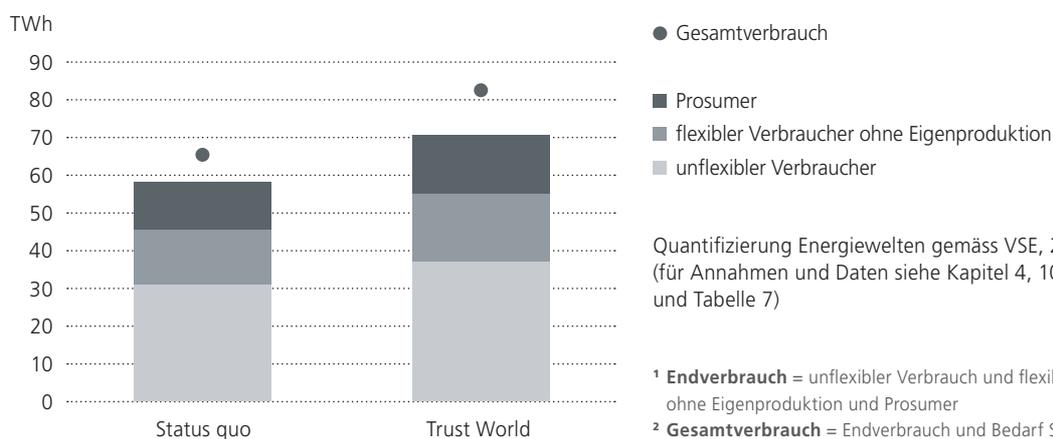
Die Nachfrage nach Strom steigt. Einerseits stagniert der Eigenverbrauch wegen des Stopps, erneuerbare Energien zu fördern, insbesondere PV-Anlagen. Andererseits nimmt die Substitution von fossilen Energieträgern wegen der hohen CO<sub>2</sub>-Preise zu. Die Substitution der fossilen Energieträger findet vor allem im Bereich Wärme und Mobilität statt: Mit Treibstoff betriebene Fahrzeuge werden durch Elektrofahrzeuge ersetzt, noch vorhandene Ölheizungen werden gegen Wärmepumpen ausgetauscht. Die Nachfrage nach Erdgas steigt ebenfalls an. Grund dafür ist der Bau von Gaskraftwerken, die dank ihrem vergleichsweise geringen Ausstoss an CO<sub>2</sub> rentabel betrieben werden können.

##### Wasser und Gaskraftwerke dominieren

In der Schweiz werden zentrale Grosskraftwerke wie beispielsweise Wasser- und Gaskraftwerke mit geringen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus- oder zugebaut. Es stehen aktuell sechs bis acht geeignete Standorte für Gaskraftwerke zur Verfügung. In der **Trust World** werden ca. acht Blöcke à 400 MW benötigt, sie erfordern eine zusätzliche Gasleistung von ca. 8000 MW. Die Gaskraftwerke sind preisbestimmend. Aufgrund der hohen CO<sub>2</sub>-Preise steigen auch die Strompreise. Dadurch ist auch die Wasserkraft wieder konkurrenzfähig. Im Inland steht mit der Wasserkraft, den neuen Gaskraftwerken und dem im Jahr 2035 noch verbleibenden Kernkraftwerk genügend Produktions- und Regelkapazität zur Verfügung. Die Endverbraucher sind bereit, hohe Preise für die Versorgungssicherheit zu bezahlen.

Abbildung 4

Endverbrauch<sup>1</sup> und Gesamtverbrauch<sup>2</sup>. *Trust World* vs. *Status quo*



Quantifizierung Energiewelten gemäss VSE, 2012; BFE, 2016 (für Annahmen und Daten siehe Kapitel 4, 10 sowie Tabelle 6 und Tabelle 7)

<sup>1</sup> **Endverbrauch** = unflexibler Verbrauch und flexibler Verbrauch ohne Eigenproduktion und Prosumer

<sup>2</sup> **Gesamtverbrauch** = Endverbrauch und Bedarf Speicherpumpen und Verluste Netz

Die Förderung der erneuerbaren Energien ist eingestellt. Betreiber von nicht steuerbaren Energien sind zudem verpflichtet, sich an den hohen Kosten für Regelernergie zu beteiligen. Dadurch stagniert der Ausbau erneuerbarer Energien (ohne Wasserkraft), bzw. es zeichnet sich sogar ein leichter Rückgang ab. Die Batterietechnologie erfährt zwar aufgrund der sich verbreitenden Elektromobilität einen Aufschwung, kommt aber vor allem dort und bei den verbleibenden Prosumern zur Anwendung. Der vorhandene, geringe Eigenverbrauchsanteil wird so gut wie möglich maximiert, da sich die Einspeisung ins Netz nicht rechnet.

### Digitalisierung mit untergeordneter Bedeutung

Die Akzeptanz des Datenaustauschs bleibt tief. Smarte Dienstleistungen für Lastregelungen und Anpassungen im Kundenverhalten werden auch kaum mehr benötigt, da mit dem Aus- und Zubau von Wasser- und Gaskraftwerken im Inland genügend steuerbare Kapazität und Regelreserve vorhanden sind. Smarte Anwendungen kommen vor allem im Bereich Elektromobilität und Smart Home vor.

#### 3.4.2.2 Auswirkungen auf ausgewählte Akteure

##### Produzenten

Die Anzahl der Produzenten sinkt deutlich. Die zentrale Produktion erlebt zulasten der dezentralen Produktion einen Aufschwung. Trotz hohen Preisen für CO<sub>2</sub>-Emissionen sind effiziente Gaskraftwerke interessant, weil zusätzlich zu den Wasserkraftwerken weitere Erzeugungskapazitäten zur Deckung der Nachfrage notwendig sind.

##### Übertragungsnetzbetreiber

Für die zentral organisierte Versorgung ist das Übertragungsnetz im Inland sehr wichtig. Die internationale Vernetzung verliert jedoch an Bedeutung. Der grenzüberschreitende wie auch der inländische Transport von Erdgas, wie derjenige zu

den Produktionsstandorten von Gaskraftwerken, finden weiterhin statt. Die Aufgabe des Übertragungsnetzbetreibers ist anspruchsvoller als heute. Er muss die Stabilität des Netzes mit weniger Mitteln aufrechterhalten. Es müssen mehr Reserven im System vorgesehen werden, insbesondere für den Fall, dass ein grosser Kraftwerksblock unerwartet vom Netz genommen werden muss. Gegenüber heute steigen die Kosten für die Netzfürung damit insgesamt an.

##### Endverbraucher

Die national autarke Energiewirtschaft sowie die hohen CO<sub>2</sub>-Preise haben einen starken Anstieg der Gesamtkosten für Energie zur Folge. Die im Vorfeld der **Trust World** erlebten Stromausfälle sowie die Klimaprobleme rücken den Preis aber in den Hintergrund. Nachdem alle Länder aufgrund der Stromausfälle hohe wirtschaftliche Einbussen in Kauf nehmen mussten, sind die Verbraucher bereit, die höheren Preise zu bezahlen. Dank ihrem hohen Anteil an Laufwasserkraftwerken kommt die Schweiz aber im Vergleich zu Ländern mit hohem Anteil fossiler Stromerzeugung zumindest in den Sommermonaten günstiger weg.

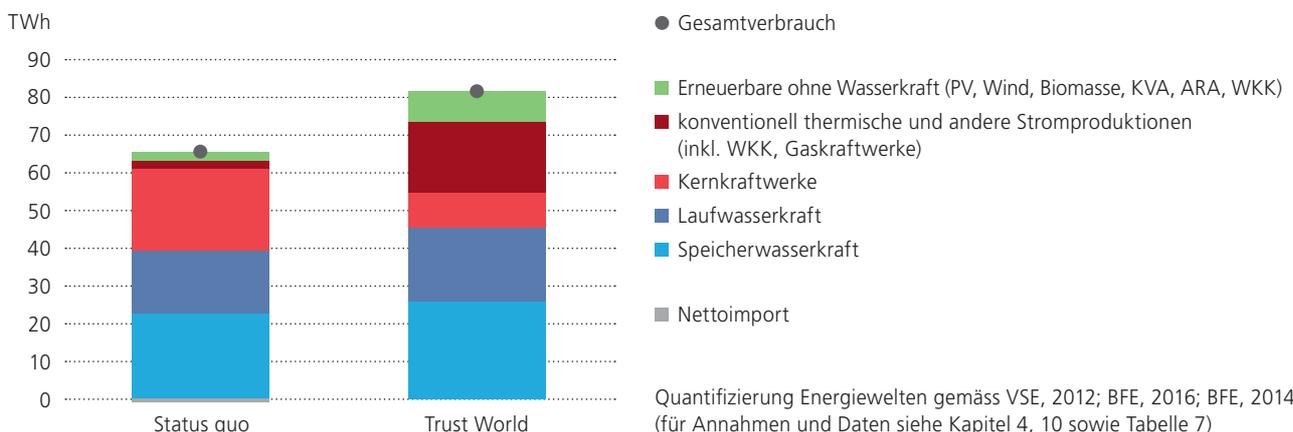
Die Verbraucher werden klimapolitisch über den CO<sub>2</sub>-Preis in die Pflicht genommen. Ansonsten gibt es keine politischen Vorschriften bezüglich Energieeffizienz oder Anpassungen des Verbraucherverhaltens.

##### Weitere energiewirtschaftliche Bereiche

In der **Trust World** wird aufgrund der strikten Klimapolitik die Substitution fossiler Energieträger wirtschaftlich. Die Autoindustrie stellt vermehrt auf elektrische Fahrzeuge um. Dadurch verbessert und vergünstigt sich die Speichertechnologie. Auch die Lieferanten und Betreiber von Ladeinfrastruktur erleben einen Aufschwung. Der öffentliche Verkehr wird ausgebaut und komplett elektrifiziert. Der Wärmesektor wird ebenfalls auf effiziente und CO<sub>2</sub>-neutrale oder CO<sub>2</sub>-arme Heizmethoden umgestellt.

Abbildung 5

Produktionsmix **Trust World** vs. **Status quo**



### 3.4.2.3 Tabelle 2

#### Trust World – fünf Dimensionen und ihre Ausprägung

Thema	Ausprägung	Grund
<b>① Nachfrage/Flexibilisierung</b>		
Bezug aus Netz (Strom/Gas)	hoch	Der Strombezug aus dem Netz ist hoch. Die Stromnachfrage steigt durch die Substitution von fossilen Energien. Die Elektromobilität setzt sich vermehrt durch – und beim Heizen wird auf CO <sub>2</sub> -neutrale oder CO <sub>2</sub> -arme Methoden umgestellt. Es wird mehr Gas aus dem Netz bezogen, vor allem von den effizienten Gaskraftwerken.
Eigenverbrauch (Nachfrageniveau)	tief	Der Eigenverbrauch ist infolge der rückläufigen Produktion mit erneuerbaren Energien wie PV gering.
Flexibilität (Lastverschiebung)	tief	Der Bedarf an Flexibilität der Nachfrage ist gering, die Flexibilität wird produktionsseitig erbracht.
<b>② Zentrale/Dezentrale Versorgung</b>		
Anteil dezentraler Produktion	tief	Abkehr von dezentraler Produktion. Für erneuerbare Energien gibt es keine Fördergelder mehr.
Bedarf Netz (Strom/Gas) VN Inland ÜN Inland ÜN grenzüberschreitend	Netzbedarf Strom Inland hoch, grenzüberschreitend gering. Netzbedarf Gas grenzüberschreitend und Inland gross, Feinverteilung gering	Es gibt keinen grenzüberschreitenden Stromaustausch mehr. Jedoch sind Übertragungsnetze im Inland wie auch die Feinverteilung wichtig. Für Gaskraftwerke muss ausreichend Gas aus dem Ausland importiert und zu den Kraftwerken transportiert werden.
Netzkonvergenz	tief	Bedarf gering.
Batterien, Gas- und Wärmespeicher	wenig	Die Speichertechnologien verbessern sich, gelangen aber vorwiegend in der Elektromobilität zur Anwendung. Der Bedarf an dezentralen Speichern ist gering.
<b>③ Märkte/EU-CH</b>		
Eigenversorgung CH (Strom/Gas)	Strom: hoch Gas: tief	Es ist genügend Kapazität im Inland vorhanden, auch im Winter. Gasimporte werden benötigt für die inländischen Gaskraftwerke.
Einbindung in internationale Märkte (Strom/Gas)	Strom: keine, Gas: hoch	Die Autonomie bei der Elektrizitätsversorgung der Länder nimmt zu und ist gewollt. Der europäische Strommarkt ist daher klein und illiquide. Die Einbindung in den internationalen Gasmarkt ist wegen der Gaskraftwerke weiterhin gewünscht.
<b>④ Digitalisierung</b>		
ICT-Durchdringung	tief	Die ICT-Durchdringung im Bereich Lastregelung und Verbrauchssteuerung ist gering, da nicht benötigt und auch nicht gewünscht. ICT-Anwendungen finden sich im Bereich Elektromobilität oder in vereinzelt Smart Homes.
Akzeptanz Datenaustausch	tief	Weiterhin tief, nicht mehr relevant.
<b>⑤ Regulierung/Staatseingriffe</b>		
Förderung erneuerbarer Energien	keine	Erneuerbare Energien werden nicht mehr gefördert. Der Staat setzt auf zentrale Produktionstechnologien mit geringem CO <sub>2</sub> -Ausstoss.
Vorschriften Energieeffizienz	keine	Hohe CO <sub>2</sub> -Abgaben bewirken Effizienzsteigerungen. Solange genügend Strom produziert werden kann, werden diesbezüglich keine Effizienzvorgaben gemacht.
Eingriffe in die Preise (Strom/CO <sub>2</sub> )	Keine Eingriffe in die Strompreise, CO <sub>2</sub> -Preise mittels Eingriffen hoch	Die CO <sub>2</sub> -Problematik wird global ernsthaft angegangen, da sich zunehmend abzeichnet, dass die Erderwärmung zu grossen Katastrophen und einer weltweiten Klimakrise führt.

### 3.4.3 Marktmodell

---

#### Produzenten

In der **Trust World** gibt es beim Strom nur wenige, zentrale Produzenten, und wegen des fehlenden Austauschs mit der EU ist der Strommarkt klein und illiquid. Der Versuch, bei wenigen Akteuren einen funktionierenden Markt zu gestalten, der insbesondere Anreize für Neu- und Ersatzinvestitionen schafft, erwies sich als sehr aufwendig und letztlich als nicht erfolgreich: Ging ein grosses Kraftwerk vom Netz, führte das zu grossen Preissprüngen, und es mussten Notmassnahmen ergriffen werden, damit die Nachfrage gedeckt werden konnte. Umgekehrt erhöhte in diesem kleinen Markt jedes neu dazukommende Kraftwerk das Angebot spürbar; es drückte den Strompreis und senkte damit die Rentabilität aller Kraftwerke.

Da kein funktionierender Markt geschaffen werden konnte, wurden die Rückkehr zu Gebietsmonopolen und die Schaffung staatlich garantierter Abnahmepreise, verbunden mit Ausschreibungen für neue Kraftwerkskapazitäten, als Ausweg gewählt. Der Staat beobachtet in der **Trust World** die Energieversorgung durch leitungsgebundene Energieträger genau und organisiert die Stromversorgung planwirtschaftlich und vorausschauend. Die Verfahren zum Bau von Kraftwerken sind beschleunigt worden, damit schnell auf Engpässe reagiert und Notmassnahmen vermieden werden konnten.

Erdgas spielt für die Energieversorgung in der **Trust World** eine grosse Rolle. Zur Deckung des Gasbedarfs von Gaskraftwerken ist ein diskriminierungsfreier Zugang zum Gasnetz gewährleistet. Sofern der Investor eines Gaskraftwerks einen Ausbau des Gasnetzes verursacht, trägt er diese Kosten. Für die Fälle, in denen die Anschlussleistung oder die Fahrweise des Gaskraftwerks die Leistungsfähigkeit des Gasnetzes übersteigt, sind Massnahmen vorgesehen wie die Errichtung eigener lokaler Gasspeicher oder Zweistofffähigkeit und Öllager. Weiter wurden zur Erhöhung der Flexibilität des gesamten Energieversorgungssystems Anreize zum Ausbau des Zweistoffbetriebes bei anderen Erdgasnutzern geschaffen.

Die Schweiz verfügt über keine grossen Gasspeicher. Bereits heute sind für Knappheiten bei der Erdgasversorgung vertraglich vereinbarte Abschaltungen von Zweistoffkunden vorgesehen. Zweistoffkunden verfügen über die Möglichkeit, bei Bedarf statt Erdgas andere Brennstoffe einzusetzen, und erhalten für die Bereitstellung dieser Flexibilität einen finanziellen Anreiz. Insgesamt tragen Zweistoffkunden damit erheblich zur Versorgungssicherheit bei Strom und Erdgas bei, was in der **Trust World** die höchste Bedeutung hat.

#### Endverbraucher

Da in der **Trust World** kein funktionierender Strommarkt geschaffen werden konnte, befinden sich alle Endverbraucher in der Grundversorgung. Auch der Gasmarkt wurde für die kleinen Endverbraucher nicht geöffnet. Die Tarife für Netznutzung und Energie sind vollständig reguliert und werden von einem Regulator überwacht. Die Tarife sind so angesetzt, dass sie kostendeckend sind und Engpässe bei Netz und Energie vermieden werden können. Der Gasnetzbetreiber steuert dabei auch zentral die Möglichkeiten der Flexibilität, die ihm die Zweistoffkunden gegen Entgelt zur Verfügung stellen.

#### Übertragungsnetzbetreiber

Damit Standorte für neue Gaskraftwerke möglichst nah bei den Verbrauchern und bestehenden Erdgas- und Stromleitungen gewählt werden, wurde die Finanzierung von allfälligen Erdgas- und Stromnetzverstärkungen aufeinander abgestimmt geregelt.

#### Verteilnetzbetreiber/Versorger

In der **Trust World** findet beim Strom und beim Erdgas keine Entflechtung von Netz und Vertrieb statt. Das bedeutet, dass der Verteilnetzbetreiber und der Versorger in dieser Welt identisch sind.

### 3.4.4 Geschäftsmodell

---

In einer fast vollständig planwirtschaftlich organisierten Energieversorgung wie in der **Trust World** ergeben sich naturgemäss markant weniger Geschäftsmodelle als in einem liberalisierten Umfeld. Strategischen Gestaltungsraum haben vor allem Produzenten bei den Ausschreibungen und Verteilnetzbetreiber/Versorger beim Anbieten von Dienstleistungen.

#### Produzenten

Um Kraftwerke betreiben zu können, müssen erst die entsprechenden Ausschreibungen gewonnen werden. Damit sich ein Produzent erfolgreich an einer Ausschreibung beteiligen kann, braucht er umfassende Kenntnisse der Grosstechnologien, im Falle von Gaskraftwerken zudem Expertise in der Gasbeschaffung sowie die Fähigkeit, möglichst exakte Prognosen zu erstellen. Er kann sich die dazu notwendigen Fähigkeiten und Kenntnisse durch die Rekrutierung des geeigneten Personals aneignen oder Kooperationen und Partnerschaften eingehen. Produzenten, die bezüglich Bau und Betrieb von Gaskraftwerken bereits in Europa aktiv waren, sowie Gas Händler können von ihren Kenntnissen profitieren. Betreiber von Wasserkraftwerken nutzen ihre spezifischen Kenntnisse beim Betrieb und Unterhalt, um in Europa entsprechende Dienstleistungen wie Beratung oder Service und Unterhalt anzubieten.

Faktisch erhält der Produzent durch die Ausschreibung einen Versorgungsauftrag, die Endverbraucher via Verteilnetzbetreiber/Versorger jederzeit zu beliefern. Der Versorgungsauftrag wird im Rahmen der Gebietsmonopolisierung und der staatlich garantierten Abnahmepreise finanziert. Daneben beliefern die Produzenten den Übertragungsnetzbetreiber mit Systemdienstleistungen.

### **Verteilnetzbetreiber/Versorger**

Die Verteilnetzbetreiber/Versorger erbringen eine sichere und zuverlässige Strom- und Gasversorgung für alle Endverbraucher in ihrem Verteilnetzgebiet. Jeder Verteilnetzbetreiber/Versorger beschafft die Energie für sein Netzgebiet im Rahmen des Gebietsmonopols zu festgelegten Preisen vom zuständigen Produzenten. Mit gezielter Kommunikation wird das verlorene Vertrauen bei den Endverbrauchern wieder zurückgewonnen (vgl. Kapitel 3.4.1). Da kein Wettbewerb um Endverbraucher herrscht, werden diesbezüglich keine Marketinganstrengungen unternommen.

Im Dienstleistungsbereich werden sich vor allem die grösseren Verteilnetzbetreiber/Versorger engagieren. Das Dienstleistungsgeschäft fokussiert sich dabei aus Klimaschutzgründen auf die Themen Elektromobilität und CO<sub>2</sub>-Einsparung. Dabei werden verschiedene strategische Partnerschaften eingegangen. Verteilnetzbetreiber/Versorger schliessen sich beispielsweise mit Installateuren von Heizsystemen zusammen, um im Gebäudebereich intelligente, CO<sub>2</sub>-arme Systeme mit entsprechender Steuerung anzubieten. Weiter gehen Verteilnetzbetreiber/Versorger mit Fahrzeugherstellern strategische Kooperationen ein, um gemeinsam die Elektromobilität voranzutreiben. Die Verteilnetzbetreiber/Versorger nutzen dabei ihre Kundennähe bei Marketinganstrengungen und weiten das Netzwerk an benutzerfreundlichen Ladestationen aus.

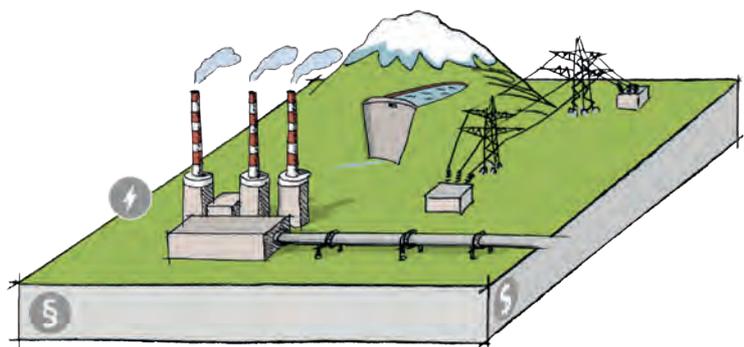
**ABSCHOTTUNG** Europäische Länder schotten sich im Bereich Strom ab – auch die Schweiz.

**GASHANDEL** International wird Gas weiterhin gehandelt.

**CO<sub>2</sub>-ABGABE** Es gibt eine international abgestimmte CO<sub>2</sub>-Abgabe.

**GROSSKRAFTWERKE** In der Schweiz dominieren Wasser- sowie neu auch Gaskraftwerke.

**ZENTRALE PRODUKTION** Europaweit überwiegt die zentrale Energieproduktion; die dezentrale Energieproduktion wird kaum weiter ausgebaut.





«Preiswerte und verlässliche Energieversorgung»

In der **Trade World** basiert die Stromversorgung mehrheitlich auf zentralen Produktionseinheiten, die sich europaweit dort befinden, wo sie am kostengünstigsten gebaut und betrieben werden können. Entsprechend umfangreich ist der europäische Stromhandel. Die dezentralen Produktionstechnologien werden nur noch punktuell ausgebaut. Sämtliche Unterstützungsmassnahmen wurden eingestellt. Auch zusätzliche Eingriffe in den CO<sub>2</sub>-Markt wurden gestoppt, die CO<sub>2</sub>-Preise sind tief. Die Substitution fossiler Brennstoffe durch Strom geht daher nur langsam voran. Die Strompreise sind niedrig.

Der Strombezug aus dem Netz ist hoch: Grund dafür ist einerseits das Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum. Andererseits stagniert der Anteil des Eigenverbrauchs am Gesamtverbrauch. Dezentrale Speicher kommen dort zum Einsatz, wo bereits Eigenproduktion vorhanden ist. Der Ausbau an weiteren dezentralen Speichern ist gering. Die Flexibilisierung der Nachfrage wird nicht vorangetrieben, da die Flexibilität produktionsseitig (Gas- und Wasserkraftwerke) ausreichend vorhanden ist. Die Digitalisierung findet verbreitet Anwendung, sie spielt in der **Trade World** jedoch keine zentrale Rolle.

### 3.5.1 Vorgeschichte

---

Die Solaranlagen und Windkraftwerke verzeichneten in den 2020er-Jahren kaum noch technologische Fortschritte, die Preise stagnierten. Die Anlagen wurden weiterhin subventioniert. Die anhaltend tiefen Grosshandelspreise führten dazu, dass europaweit vorhandene konventionelle, systemrelevante Erzeugungsanlagen ebenfalls vermehrt unterstützt werden mussten. Ihre Wirtschaftlichkeit war nicht mehr gegeben – und ohne Unterstützung hätte man sie stilllegen müssen. So entstanden verschiedenste Unterstützungssysteme: für den weiteren Ausbau beispielsweise von Solaranlagen und Windkraftwerken sowie für den Betrieb von bestehenden systemrelevanten Kraftwerken wie insbesondere Wasserkraft und thermischen Kraftwerken. Gleichzeitig erhöhten sich die Redispatch- und Netzverstärkungskosten. Die Kosten für die Energieversorgung stiegen in der Summe stark an. Zudem

mussten diese – wegen der Zunahme des Eigenverbrauchs – auf eine rückläufige Anzahl von Endverbrauchern ohne Eigenproduktion verteilt werden. Entsprechend opponierten die Endverbraucher, die ihren Strom aus dem Netz bezogen. Sie waren nicht mehr bereit, weitere Kosten zu tragen. Die Unterstützungsmassnahmen wurden europaweit gestoppt, Staatseingriffe wurden auf ein Minimum beschränkt – und die Märkte wieder sich selber überlassen.

### 3.5.2 Ausprägungen

#### 3.5.2.1 Beschreibung der fünf Dimensionen

##### Verzicht auf staatliche Eingriffe und Fördermassnahmen

Die Trade World vertraut alleine auf die Marktkräfte. Das Ziel lautet: eine preiswerte und marktbasierende Energieversorgung. Europaweit wird auf staatliche Eingriffe und Fördermassnahmen im Energiemarkt verzichtet. Alle technologiespezifischen Subventionen und nationalen Kapazitätsmärkte werden abgeschafft, sämtliche Energieträger müssen in der Trade World unter gleichen Rahmenbedingungen am Markt agieren. Dies schafft einen Wettbewerb zwischen den verschiedensten Erzeugungstechnologien und Produktionsstandorten. Die Politik vertraut neu auf die marktwirtschaftliche Effizienz. So soll eine kostengünstige Elektrizitätsversorgung erreicht werden. Die Endverbraucher können ihren Anbieter frei wählen.

Die Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen spielt eine untergeordnete Rolle. Die Klimapolitik wird nicht verschärft bzw. konsequent umgesetzt – und der Ausstoss von CO<sub>2</sub> wird nicht mit zusätzlichen Abgaben verteuert. Auch Vorschriften zu Effizienzmassnahmen gibt es nicht mehr.

##### Der Energiekonsum ist hoch und unflexibel

Strom ist für die Bevölkerung wie auch für die Industrie günstig verfügbar. In der Trade World steigt die Stromnachfrage aufgrund von Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum deutlich an. Auch der Pro-Kopf-Verbrauch an Strom nimmt zu.

Aufgrund der tiefen Energie- und CO<sub>2</sub>-Preise rechnet sich die Substitution von fossiler Energie zum Beispiel für Wärme in Gebäuden oder bei der Mobilität kaum. Auch Energieeffizienzmassnahmen werden wegen der tiefen Preise nur punktuell umgesetzt. Der Anteil des Eigenverbrauchs steigt ebenfalls kaum an, da der Strombezug günstig übers Netz erfolgen kann. Die bereits vorhandenen Prosumer optimieren ihren

Eigenverbrauch – wo wirtschaftlich – über Speicher, da sich die Einspeisung ins Netz finanziell nicht auszahlt. Der Anreiz, von flexiblen Stromtarifen Gebrauch zu machen, ist wegen der tiefen Preise ebenfalls gering. Erst wenn hohe Preise oder Preisschwankungen auftreten, könnte sich die Ansteuerbarkeit von Schlüsselerverbrauchern und von Speichern lohnen.

##### Zentrale, kostengünstige Grosskraftwerke setzen sich europaweit durch

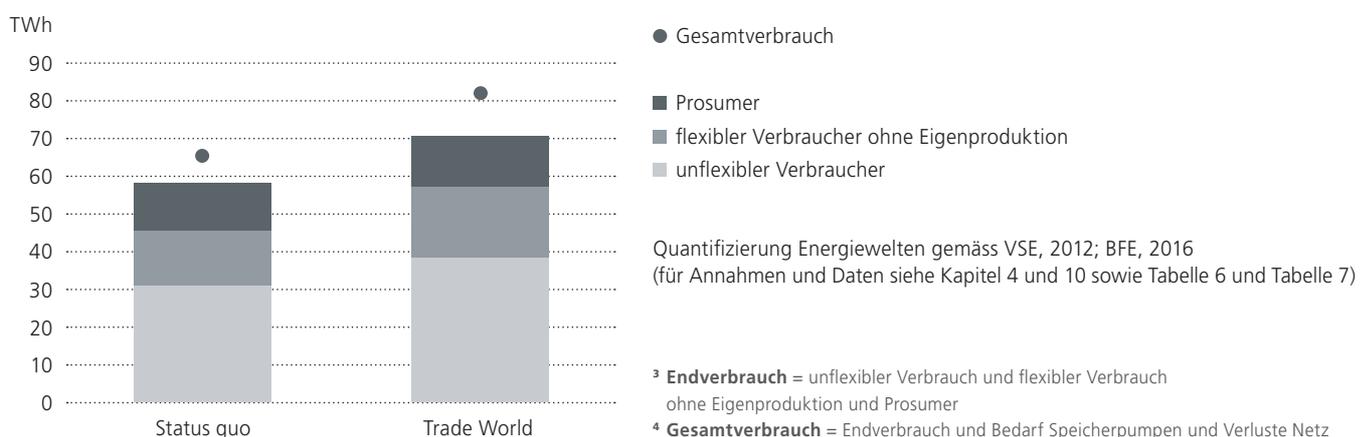
Die effizientesten Produktionstechnologien und günstigsten Standorte setzen sich durch. Dies sind mehrheitlich zentrale Produktionseinheiten, die oft nicht in der Schweiz stehen. Über ganz Europa verteilt wird in zentrale Kraftwerke mit kurzer Rückzahlungsdauer und tiefen variablen Kosten (wie Gaskraftwerke) investiert. Kraftwerke mit langer Rückzahlungsdauer (wie Kohle- und Kernkraftwerke) werden kaum zugebaut. Die Wasserkraft kommt aufgrund der tiefen Strom- und CO<sub>2</sub>-Preise und der fehlenden Unterstützung ebenfalls verstärkt unter Druck.

PV-Anlagen setzen sich mangels deutlicher Kostendegression nur punktuell durch. Vereinzelt können auch Batteriespeicher kombiniert mit PV-Anlagen wirtschaftlich betrieben werden.

Aufgrund der zentral und stark international organisierten Energieversorgung ist der Bedarf an Netzen auf allen Ebenen hoch. Die Übertragungsnetzstrukturen werden für den internationalen Energieausgleich wichtiger. Daher wird gezielt in Gleichstromhochspannungsnetze und Gaspipelines investiert. Netzausbauten finden dort statt, wo Nachfrage oder Produktionsstandorte diese erforderlich machen. Sie sichern die effiziente und zuverlässige europaweite Verteilung der Energie.

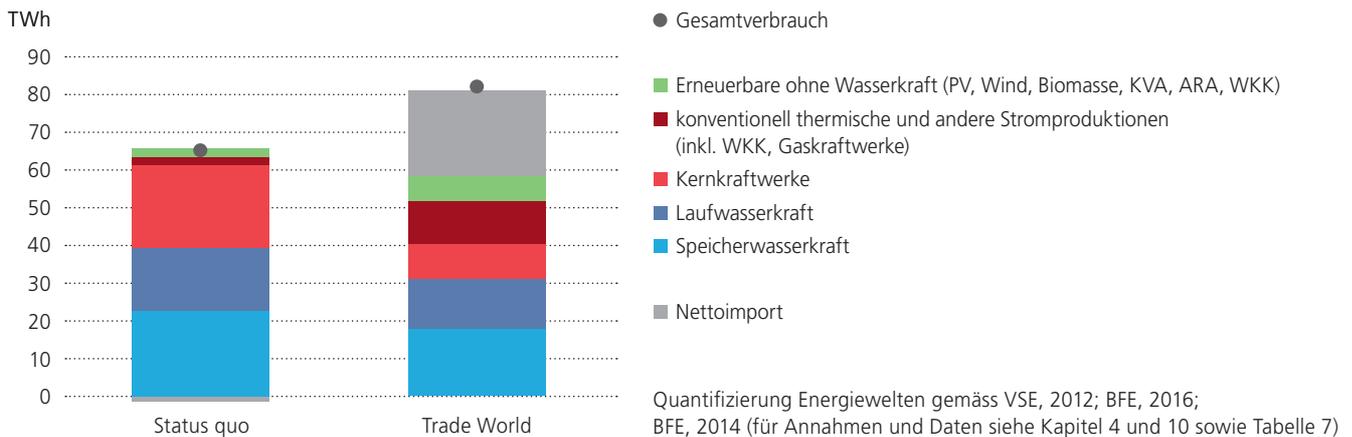
Abbildung 6

Endverbrauch<sup>3</sup> und Gesamtverbrauch<sup>4</sup>. Trade World vs. Status quo



## Abbildung 7

### Produktionsmix Trade World vs. Status quo



### Die Schweiz ist stark mit Europa vernetzt

Die Schweiz ist im europäischen Energiebinnenmarkt vollständig und gleichberechtigt integriert. Ihre Energiepolitik erfolgt in Abstimmung mit den europäischen Partnern. Die staatlichen Organe definieren gemeinsam entsprechende Rahmenbedingungen.

Es herrscht Einigkeit darüber, dass ein leistungsfähiger, kosteneffizienter Energiemarkt und das physikalisch dafür notwendige Energiesystem die entscheidenden Voraussetzungen für eine europaweite Maximierung der Wohlfahrt sind.

Die Integration der Schweiz in den EU-Binnenmarkt wie auch die überregional organisierte Energieversorgung machen den europäischen Handel von Strom und Erdgas umso wichtiger. Die Handelsvolumen und die Vielfalt an Handelsprodukten sind entsprechend hoch.

### Digitalisierung von Netz und Zählern ist nicht prioritär

Eine Digitalisierung des Stromnetzes ist in der Trade World nicht prioritär. Sie setzt sich jedoch vermehrt in Anlagen (auch Kraftwerksanlagen) und Gebäuden, im Bereich der Mobilität und in der Wärmenutzung durch. Eine erhöhte Nachfrage an Automatisierung in den Bereichen Lüftung und Klima, Beleuchtung und Beschattung sowie steigende Bedürfnisse nach Steuerbarkeit von Anlagen, Geräten und Einbruchschutz treiben die Einbindung der Digitalisierung im Energiebereich voran.

Es gibt weder einen flächendeckenden Ausbau eines Smart Grids noch eine gesamtschweizerische Installation von intelligenten Zählern, da die Kosten dafür den effektiven Gesamtnutzen übersteigen würden. Mit begrenztem finanziellem Zusatzaufwand kann jedoch das grosse vorhandene Datenvolumen verschlüsselt und für die Netzoptimierung und Netzstabilität nutzbar gemacht werden.

### 3.5.2.2 Auswirkungen auf ausgewählte Akteure

#### Produzenten

Die Produzenten stehen unter hohem Preisdruck und liefern sich einen regen Konkurrenzkampf um geeignete Standorte. Diese Standorte liegen oft nicht in der Schweiz, da die Standorte neuer Anlagen aufgrund wirtschaftlicher Überlegungen in ganz Europa ausgewählt und realisiert werden. Die Auswahl von Produktionsart und -ort wird durch die technologische Entwicklung, die Verfügbarkeit geeigneter, kostengünstiger Standorte und durch die Netze bestimmt.

#### Übertragungsnetzbetreiber

Für die Übertragungsnetzbetreiber gewinnt die europäische Zusammenarbeit an Bedeutung. Die Transportkapazitäten in den verschiedenen Ländern müssen ausgebaut und Engpässe behoben werden. Netznutzung, -optimierung und -ausbau finden koordiniert über ganz Europa statt.

## Abbildung 8

### Verteilnetzausbau Trade World



Quantifizierung Energiewelten gemäss Consentec, 2012 (für Annahmen und Daten siehe Kapitel 4 und 10)

### 3.5.2.3 Tabelle 3

#### Trade World – fünf Dimensionen und ihre Ausprägung

Thema	Ausprägung	Grund
<b>① Nachfrage/Flexibilisierung</b>		
Bezug aus Netz (Strom/Gas)	Strom: hoch Gas: offen	Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum. Zudem zunehmender Verbrauch pro Kopf.
Eigenverbrauch (Nachfrageniveau)	tief	Wenig Eigenverbrauch, da sich die dezentrale Produktion nicht ausweitet.
Flexibilität (Lastverschiebung)	tief	Flexibilisierung ist gering, da kaum benötigt respektive finanziell nicht lohnend.
<b>② Zentrale/Dezentrale Versorgung</b>		
Anteil dezentraler Produktion	tief	Hoher Anteil zentraler Produktion. Geringe Kostendegression bei dezentralen Produktionstechnologien, die nicht mehr gefördert werden.
Bedarf Netz (Strom/Gas)	Netzbedarf Strom auf allen Ebenen hoch	Hoher Bedarf an Netzen auf allen Ebenen, da zentrale und stark überregionale Energieversorgung.
VN Inland		
ÜN Inland	Netzbedarf Gas offen	
ÜN grenzüberschreitend		
Netzkonvergenz	tief	Von geringer Bedeutung.
Batterien, Gas- und Wärmespeicher	wenig	Reduziertes Kostenniveau, aber nicht subventioniert. Batterien setzen sich nur dort durch, wo wirtschaftlich.
<b>③ Märkte/EU-CH</b>		
Eigenversorgung CH (Strom/Gas)	Strom: tief (Winter) Gas: offen	Die Schweiz ist im europäischen System stark integriert, sie ist Nettoimporteur. Die Eigenversorgung ist beim Strom wie beim Gas gering.
Einbindung in internationale Märkte (Strom/Gas)	Strommarkt: hoch Gasmarkt: offen	Zunehmend konvergente Rahmenbedingungen im ganzen europäischen Binnenmarkt, grosse Handelsvolumen und Aktivitäten.
<b>④ Digitalisierung</b>		
ICT-Durchdringung	mittel	ICT-Durchdringung wird nicht gezielt angestrebt. Sie wird jedoch genutzt, wo vorhanden oder rentabel. Smarte Anwendungen setzen sich in Anlagen, im Gebäude-, Mobilitäts- und Wärmebereich durch, sofern wirtschaftlich.
Akzeptanz Datenaustausch	hoch	Die Akzeptanz ist hoch.
<b>⑤ Regulierung/Staatseingriffe</b>		
Förderung erneuerbarer Energien	keine	Technologieneutralität wird gelebt, die Politik überlässt es dem Markt, den Produktionspark zu gestalten. Zubau erfolgt europaweit an Standorten mit günstigsten Kosten.
Vorschriften Energieeffizienz	keine	Keine Vorschriften. Effizienzmassnahmen, die wirtschaftlich sind, setzen sich durch.
Eingriffe in die Preise (Strom/CO <sub>2</sub> )	tief	Verfolgung der CO <sub>2</sub> -Ziele wird nicht verschärft, Preise bleiben tief. Wasserkraft ist daher unter Druck.

### 3.5.3 Marktmodell

#### Endverbraucher

Alle Endverbraucher haben bei Strom und Erdgas freien Netzzugang, und der Markt ist vollständig geöffnet. Sie beziehen Strom und Erdgas von den günstigsten Lieferanten und Produzenten in Europa. Es gibt keine Grundversorgung (nur noch eine Netzanschlusspflicht), denn der Markt spielt und gewährleistet jederzeit eine sichere und preiswerte Energieversorgung. Den Endverbrauchern werden keine Vorschriften auferlegt – also weder bezüglich ihrer Energiebezugsquellen noch ihres Verbrauchsverhaltens.

#### Produzenten

Die **Trade World** entspricht am ehesten derjenigen Vorstellung von marktbasierter, international vernetzter Versorgungsstruktur, die dem heutigen Marktmodell zugrunde liegt. Der Grosshandel bei Erdgas und Strom sowie zentrale Kraftwerke bestimmen das Bild. Die Netze werden vor allem in eine Richtung genutzt: vom Kraftwerk über die Übertragungs- und Verteilnetze bis hin zum Endverbraucher. Wegen des intensiven Austauschs mit Ländern aus der EU beim Strom und wegen des Imports von Erdgas ist die Marktordnung mit der EU abgestimmt. Damit kann die Schweiz am EU-Binnenmarkt teilnehmen und diesen aktiv mitgestalten. In dieser Welt genügt der Energiemarkt («Energy Only Market»), um Investitionen auszulösen. Zusätzliche Massnahmen müssen keine ergriffen werden, um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten.

In der **Trade World** kommen jedoch etliche Wasserkraftwerke unter Druck, da die CO<sub>2</sub>-Emissionen europaweit nicht bepreist werden. Dies ist jedoch in dieser Welt so akzeptiert, und politisch wird dem mit Unterstützungsmassnahmen nicht entgegengewirkt.

#### Übertragungsnetzbetreiber

Der Übertragungsnetzbetreiber organisiert einen europäisch abgestimmten Austausch zur effizienten Bewirtschaftung der verbleibenden Engpässe. Zur Ausregelung seines Netzes kauft er bei den günstigsten Anbietern von Systemdienstleistungen (SDL) im In- und Ausland ein, was die Schweizer Wasserkraft zusätzlich unter Druck setzt. Die Kosten für Bau, Unterhalt und Betrieb des Übertragungsnetzes werden auf die unterliegenden Netze und von diesen auf die Endverbraucher gewälzt.

#### Verteilnetzbetreiber

Der Netzbetrieb ist von den übrigen Tätigkeiten entflochten, und der Verteilnetzbetreiber sorgt für einen sicheren und effizienten Netzbetrieb. Die Netzkosten werden nach dem Ausspeiseprinzip von den Endverbrauchern getragen.

### 3.5.4 Geschäftsmodell

In der **Trade World** spielen Grössenvorteile durch Skaleneffekte eine entscheidende Rolle, sei es bei der Produktion, sei es beim Vertrieb. Durch Konzentration entstehen europaweit tätige Grosskonzerne, die eine breite Dienstleistungspalette im Strom- und Gasbereich anbieten. Kooperationen mit geeigneten Partnern und Beteiligungen im In- und Ausland schaffen für die Akteure Wettbewerbsvorteile. Schlanke Strukturen sind für alle Akteure entscheidend, um im intensiven Wettbewerb zu bestehen.

#### Produzenten

Um Endverbraucher beliefern zu können, müssen die Produzenten Energie preislich konkurrenzfähig anbieten. Dasselbe gilt für Lieferungen von Systemdienstleistungen an die Übertragungsnetzbetreiber.

Für Produzenten ist daher ein effizienter und rationalisierter Betrieb der Kraftwerkseinheiten von herausragender Bedeutung, damit sie im europäischen Wettbewerb mit einem leistungsfähigen Produktionsmix bestehen können. Automatisierung, Standardisierung und qualifiziertes Personal sind dazu die Schlüsselgrössen.

#### Verteilnetzbetreiber

Mit einem rigorosen Assetmanagement wird ein kosteneffizientes Strom- und Gasnetz über alle Ebenen bereitgestellt. Harte Effizienzvergleiche des Regulators zwingen Netzbetreiber dazu, alle Kosten des Netzbetriebs tief zu halten. Prozesse wie Kundenwechsel, Messung und Fakturierung sind standardisiert und werden speziell von kleineren Verteilnetzbetreibern ausgelagert.

Bei der Energielieferung konkurrieren Verteilnetzbetreiber mit anderen Lieferanten. Besonders grössere Verteilnetzbetreiber werden im Energieliefergeschäft weiterhin aktiv sein und ihre Kundennähe ausspielen. Weiter werden sie sich mit Mehrwerten wie Multiutility-Dienstleistungen positionieren. Kleinere Verteilnetzbetreiber werden sich zusammenschliessen, ihre Beschaffung bündeln (poolen) oder sich aus der Energielieferung zurückziehen und diese Dritten überlassen.

#### Energielieferanten

Die günstige Strombeschaffung auf dem freien Markt in ganz Europa zum richtigen Zeitpunkt ist die Kernkompetenz jedes Energielieferanten. Überdurchschnittlich gute Marktanalysen und exakte Prognosen sind Schlüsselgrössen dazu. Um die entsprechenden Fähigkeiten zu erlangen, bieten sich für kleinere, unabhängige Akteure vor allem folgende Optionen an: Kooperationen, Gründung eines Beschaffungspoolings oder die Auslagerung an spezialisierte Dienstleister.

In gezielte Kundenakquise und -bindung muss ein Energie-lieferant laufend investieren. Innovative Vertriebskonzepte und Preismodelle sowie die Besetzung von Nischen schaffen einen Wettbewerbsvorteil. Unterschiedliche Kundensegmente (z.B. zu definieren via Verbrauch, Finanzkraft usw.) werden permanent über verschiedene Kanäle angesprochen und individuell bearbeitet. Dazu bedürfen alle Mitarbeiter mit Aussenkontakt einer hohen Vertriebs- und Marketingkompetenz.

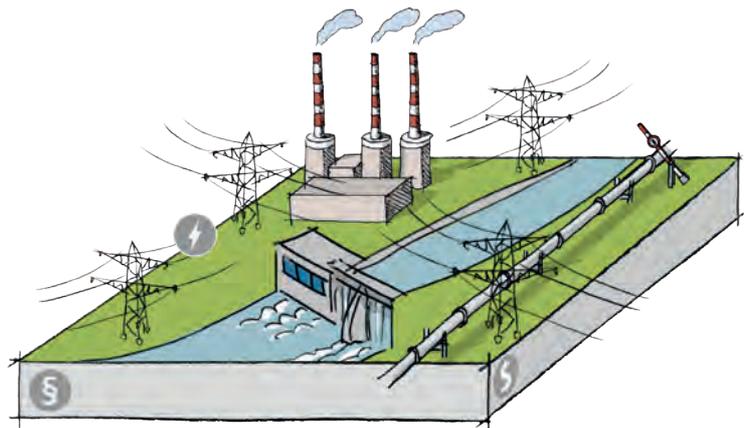
**GÜNSTIG** Energie wird dort produziert, wo sie am günstigsten ist.

**EUROPA** Der Energiekonsum ist hoch und die Schweiz stark mit Europa vernetzt.

**MARKT** Es gibt weder Subventionen für erneuerbare Energien noch eine CO<sub>2</sub>-Abgabe.

**SUBVENTIONSSTOPP** Der Ausbau erneuerbarer Energien stagniert.

**WIRTSCHAFTLICHKEIT** Zentrale Grosskraftwerke setzen sich europaweit durch.



«Energie aus dem Quartier für das Quartier»



In der **Local World** fördert der Bund die dezentrale Versorgung stark. Gleichzeitig gelten massive Vorschriften zur Energieeffizienz und zum Energieverbrauch. Es gibt eine Verschiebung von einer weitgehend von zentralen Kraftwerken geprägten Energiewirtschaft hin zur lokalen Versorgung. Die zentralen Wasserkraftwerke beliefern noch die Verbraucher, die sich nicht oder nur teilweise eigenständig versorgen. Auch dienen sie (insbesondere im Winter) als zentrale Speicher und als Back-up-Kraftwerke.

Die Flexibilisierung der Nachfrage steigt deutlich, vor allem dank der verstärkten Anwendung der ICT in der Energieversorgung und dank der Einbindung der Speicher und der Elektromobilität ins Gesamtsystem. Die Elektromobilität setzt sich aufgrund der Substitution fossiler Brennstoffe durch.

### 3.6.1 Vorgeschichte

---

Die Bevölkerung bekundete in den späten 2010er-Jahren den Willen zu einer dezentralen, klimafreundlichen und möglichst inländischen Energieversorgung. Sie nahm damit auch massive Staatseingriffe und rigorose Vorschriften in Kauf. Der Import von Graustrom wurde schrittweise unterbunden. Die Kernkraftwerke wurden vom Netz genommen. Einerseits wurde die wegfallende Produktion durch einen starken Zubau an dezentraler Versorgung ersetzt, andererseits wurden drastische Massnahmen zur Reduktion der Energienachfrage in Angriff genommen.

### 3.6.2 Ausprägungen

---

#### 3.6.2.1 Beschreibung der fünf Dimensionen

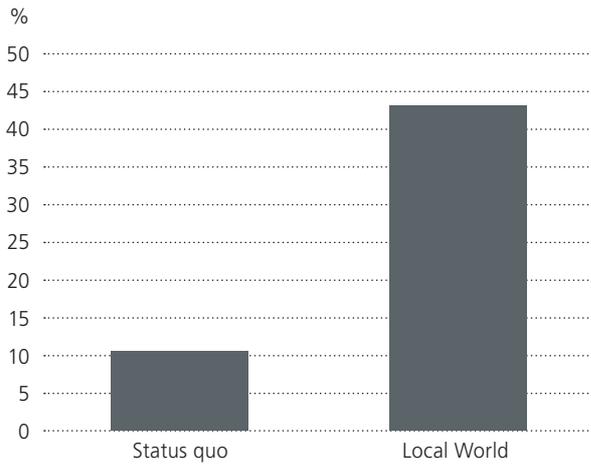
---

##### **Staat fördert erneuerbare Energien und Eigenverbrauch**

Mittels Förderbeiträgen und gesetzlicher Vorgaben wird das Energieversorgungssystem gezielt auf eine dezentrale, vom Import unabhängige Landesversorgung beim Strom umgestellt. Der Ausbau der erneuerbaren Energien sowie lokaler Kurzzeitspeicherlösungen (Batterien) wird mit Subventionen staatlich stark gefördert. Gleichzeitig werden der Eigenverbrauch und die Energieeffizienz mit massiven Vorschriften vorangetrieben. Die Fördermassnahmen werden durch Abgaben auf den Strom und auf den CO<sub>2</sub>-Ausstoss finanziert. Mit Steuererlassen werden energetische Sanierungen begünstigt.

Abbildung 9

Prozentualer Eigenverbrauch<sup>5</sup> Local World vs. Status quo



Quantifizierung Energiewelten gemäss VSE, 2012  
(für Annahmen und Daten siehe Kapitel 4 und 10 sowie Tabelle 6)

<sup>5</sup> Berechnet wurde hier der Anteil Eigenproduktion der Prosumer am totalen Verbrauch.

Lokale Versorgung setzt sich durch

Selbstproduktion und Eigenverbrauch nehmen rasch zu. Kleine und mittlere Verbraucher versorgen sich selber; die lokale Versorgung setzt sich vermehrt durch und weitet sich aus. Dörfer und Städte versorgen sich weitgehend lokal. Um den Anteil des Eigenverbrauchs zu optimieren, richtet sich der Fokus zudem auf Speicher und Massnahmen zur Flexibilisierung der Nachfrage.

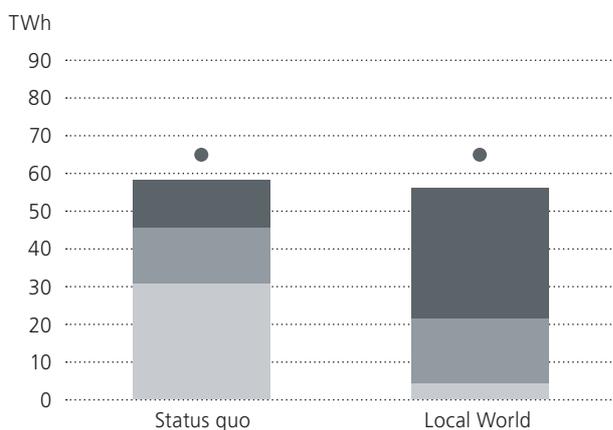
In der Folge sinkt der Strombezug aus dem regionalen und überregionalen Netz. Die Netznutzungskosten steigen pro Kilowattstunde bezogenen Stroms, weil einerseits die Anzahl im Netz verbleibender Verbraucher sinkt und andererseits die Förderung mit hohen Kosten verbunden ist. Verbraucher ohne komplette Eigenversorgung zahlen vorerst diese Kosten

über die Netznutzungsentgelte. Dies wiederum beschleunigt den Prozess der Selbstversorgung. Die lokale Versorgung wird wirtschaftlich interessanter. Mittelfristig muss sich jedoch eine Balance zwischen den Kosten der Eigenproduktion und den Kosten des Strombezugs aus dem Netz ergeben. Dazu sind neue Netznutzungskonzepte erforderlich.

Die Substitution der fossilen Anwendungen wird stark vorangetrieben. Dadurch sinkt die Nachfrage nach Energie. Der zusätzliche Strombedarf durch Elektrifizierung von Wärme und Verkehr beträgt ca. 8 TWh (Andersson, Boulouchos & Bretschger, 2011). Trotzdem nimmt auch die Gesamtnachfrage nach Strom ab – Treiber für diese Entwicklung sind die massiven staatlichen Vorschriften.

Abbildung 10

Endverbrauch<sup>6</sup> und Gesamtverbrauch<sup>7</sup> Local World vs. Status quo



- Gesamtverbrauch
- Prosumer
- flexibler Verbraucher ohne Eigenproduktion
- unflexibler Verbraucher

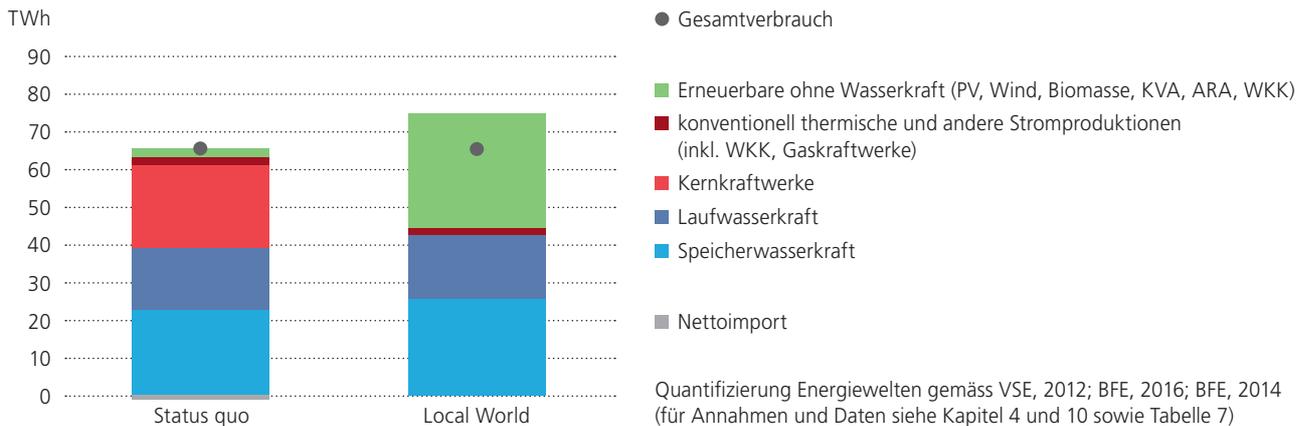
Quantifizierung Energiewelten gemäss VSE, 2012; BFE, 2016  
(für Annahmen und Daten siehe Kapitel 4 und 10 sowie Tabelle 6)

<sup>6</sup> Endverbrauch = unflexibler Verbrauch und flexibler Verbrauch ohne Eigenproduktion und Prosumer

<sup>7</sup> Gesamtverbrauch = Endverbrauch und Bedarf Speicherpumpen und Verluste Netz

Abbildung 11

Produktionsmix Local World vs. Status quo



**Lokale Speicher und Netzkonzergenz ermöglichen die Local World**

In der Local World findet ein Wandel statt vom vorwiegend zentralen Versorgungssystem zu einem System mit Verbrauchern, die nach und nach die Energie selber produzieren und speichern – und damit immer weniger auf das ursprüngliche System angewiesen sind. Tages- und Wochenspeicher helfen, die lokale Versorgung kurzfristig zu optimieren. Der Anteil an Solaranlagen, WKK-Anlagen, Windkraft- und Biomassekraftwerken sowie Batteriespeichern nimmt deutlich zu. Die WKK-Anlagen werden zu einem grossen Teil mit Biomasse und erneuerbarem Gas (Power-to-Gas) betrieben. Aber auch fossile Brennstoffe werden punktuell noch genutzt. WKK-Anlagen haben ein Produktionspotenzial von bis zu 6 TWh (VSE, 2012), da das Nah- und Fernwärmenetz auch ausgebaut wurde. Das Verteilnetz muss wegen der räumlichen Verteilung der dezentralen Produktion ausgebaut respektive verstärkt werden (vgl. Abbildung 12).

Der Sommerüberschuss, der ca. 9 TWh beträgt, wird mittels Power-to-Gas-Anlagen in Methan oder Wasserstoff umgewandelt und in dieser Form in die Wintermonate verschoben. Bei der Umwandlung von Power-to-Gas-to-Power ist mit einem Verlust von ca. 70–75% zu rechnen. Somit könnten knapp 2–3 TWh vom Sommerüberschuss in Form von Strom in den Winter transferiert werden. Durch die wechselseitige Umwandlung der Energieträger Gas, Strom und Wärme kann adäquat auf die fluktuierende Produktion der erneuerbaren Energien reagiert werden. Erst dieses Zusammenspiel ermöglicht eine mehrheitlich autarke, dezentrale Versorgung. Die Netzkonzergenz wird daher zur Stabilisierung und Effizienzsteigerung des Systems stark vorangetrieben. Dies geschieht auch mithilfe von Verbundbetrieben, die auf Strom-, Gas- und Wärmedienstleistungen spezialisiert sind. So bilden sich Energy Hubs, welche die nötige Flexibilität und Diversifizierung der Versorgung gewährleisten.

Die grossen zentralen Wasserkraftwerke haben weiterhin einen wichtigen Platz im System, sei es für die Versorgung der nicht komplett selbstversorgten Verbraucher, als Speicher oder als Back-up. Zur ganzjährigen Deckung der Nachfrage muss die Speicherwasserkraft sogar noch ausgebaut werden.

**Intelligente Netze und Anwendungen werden vorangetrieben**

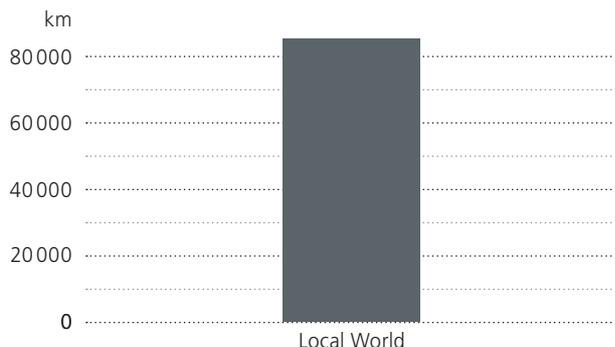
Die Digitalisierung des Energiesystems (inklusive Anwendergeräte) wird stark vorangetrieben. Sie trägt massgeblich zur Regelung und Optimierung der Energieflüsse zwischen den lokalen und regionalen Produzenten, Speichern und Verbrauchern bei. Die Akzeptanz des Datenaustauschs ist eine wichtige Voraussetzung für die Nutzung smarter Anwendungen. Datensicherheit und die Anonymisierung von Daten stehen im Vordergrund und geniessen hohe Priorität. Smarte Anwendungen wie lokale Handels-, Angebots- und Nachfrage-Pooling-Plattformen werden wichtiger.

**Die Vernetzung mit dem Ausland nimmt ab**

Durch die politisch gewünschte zunehmende Eigenversorgung der Schweiz nehmen die Abhängigkeit vom Ausland und der grenzüberschreitende Stromhandel ab. Der internationale Stromhandel wird auf Versorgungseingpässe beschränkt, wodurch die handelbare Menge rasch abnimmt. Hingegen behält der internationale Handel von Gas seine Wichtigkeit. Gerade für die vermehrte Nutzung von Netzkonzergenz, insbesondere für die Power-to-Gas-Technologie, ist die internationale Vernetzung im Gasmarkt respektive bei der Speicherung von Gas von Bedeutung.

Abbildung 12

### Verteilnetzausbau *Local World*



Quantifizierung Energiewelten gemäss VSE, 2012  
(für Annahmen und Daten siehe Kapitel 4 und 10)

#### 3.6.2.2 Auswirkungen auf ausgewählte Akteure

##### Produzenten

Die lokalen Produzenten etablieren sich. Die Bedeutung der zentralen Produktion und ihrer Betreiber sinkt mit zunehmendem Eigenverbrauch. Zentrale Technologien wie die Kernenergie werden stillgelegt, während die inländische Wasserkraft ihren Platz im Gesamtsystem behält.

##### Übertragungsnetzbetreiber

Die Nutzung des Übertragungsnetzes nimmt insgesamt ab, jedoch bleiben die Leistungsspitzen bestehen. Dies gilt insbesondere bei Bezug von Strom aus Wasserkraftwerken im Winter, wenn die Eigenversorgung nicht mehr ausreicht. Die bestehende Infrastruktur wird daher weiterhin unterhalten, ein Rückbau ist nicht vorgesehen. Auch der Bedarf an Stromtransiten nimmt ab, da in den Nachbarländern ähnliche Verschiebungen hin zu lokaler Versorgung stattfinden. Der Bedarf an Gastransiten hingegen bleibt bestehen.

##### Verteilnetzbetreiber

Die bestehenden Verteilnetze werden durch den Verteilnetzbetreiber unter Einsatz von ICT und der lokalen Speicher- und WKK-Einheiten sowie der flexiblen Nachfrage geregelt.

##### Endverbraucher

Während einzelne Wohneinheiten respektive Gemeinschaften durch eigene Produktion bereits weitgehend autark sind (Prosumer), beziehen andere Endverbraucher – ohne die Möglichkeit der Eigenproduktion – weiterhin ihren gesamten Strom aus dem Netz.

##### Gesellschaft und Volkswirtschaft

Die Gesellschaft muss ihren Verbrauch deutlich reduzieren und bewusst mit den Ressourcen umgehen. Smarte Technologien und Dienstleistungen helfen dabei, die Einschränkungen

bezüglich Komfort zu dämpfen. Die hohen Kosten für die Umstellung der Energieversorgung müssen ebenfalls von der Gesellschaft getragen werden. Die Klimaziele können so erreicht werden.

#### 3.6.3 Marktmodell

##### Endverbraucher

In der *Local World* wird ein tiefer Energieverbrauch angestrebt, der darüber hinaus möglichst aus einheimischen Quellen gedeckt werden soll. Deshalb regeln viele Detailvorschriften das Verbrauchsverhalten der Endverbraucher, und nur die effizientesten Geräte und Anlagen dürfen eingesetzt werden.

Der Verteilnetzbetreiber übernimmt in der *Local World* neben dem Netzbetrieb die Rolle des Vollversorgers. Die Tarife sind reguliert und werden von einem Regulator geprüft. Der Verteilnetzbetreiber setzt dabei die Tarife für Netz- und Energieprodukte sowohl für die Entnahme wie auch für die Einspeisung von Energie so, dass Energie und Netze effizient genutzt werden. Darüber hinaus verfügt der Netzbetreiber über weitreichende Eingriffsmöglichkeiten bei Verbrauch, Speicherung und Produktion. Dies ist möglich, weil massive Eingriffe in Energieproduktion und Verbrauch gesellschaftlich akzeptiert sind. Der Versorger kann dadurch in seinem Netz die vorhandenen Ressourcen an Netzinfrastruktur, Flexibilität, Speichermöglichkeiten bei Strom und Gas sowie den Einsatz von erneuerbaren Energien zur Strom- und Gasgewinnung aufeinander abstimmen und optimieren.

### 3.6.2.3 Tabelle 4

#### Local World – fünf Dimensionen und ihre Ausprägung

Thema	Ausprägung	Grund
<b>① Nachfrage/Flexibilisierung</b>		
Bezug aus Netz (Strom/Gas)	Strom tief Gas offen	Der Strombezug aus dem regionalen und überregionalen Netz ist gering und unregelmässig. Gas wird weiterhin aus dem Netz bezogen, und synthetisches Gas, Methan oder Biogas wird ins Netz zurückgespeist.
Eigenverbrauch (Nachfrageniveau)	hoch	Der Eigenverbrauch wird stark gefördert. Dadurch sind Verbraucher, insbesondere Haushalte, mehrheitlich autark. Lokale Versorgung setzt sich durch.
Flexibilität (Lastverschiebung)	hoch	Der Bedarf an Flexibilität ist wegen des hohen Anteils an dezentraler Versorgung und fluktuierender Einspeisung hoch.
<b>② Zentrale/Dezentrale Versorgung</b>		
Anteil dezentraler Produktion	hoch	Mit Fördermassnahmen wird die dezentrale Produktion vorangetrieben. Wasserkraftwerke dienen den verbleibenden Netzkunden weiterhin als Back-up- und Speicher-Kapazitäten. Die Kernkraftwerke wurden stillgelegt.
Bedarf Netz (Strom/Gas) VN Inland ÜN Inland ÜN grenzüberschreitend	Strom tief auf allen Ebenen und Gas hoch oder offen	Der Bedarf an Verteilnetzen nimmt mit dem Anstieg an lokaler Produktion zu. Übertragungsnetze werden zwar deutlich weniger genutzt, aber weiterhin benötigt für verbleibende, nicht selbstversorgte Verbraucher, wie auch im Winter und als Back-up. Die grenzüberschreitenden Übertragungsnetze verlieren für die Schweiz an Bedeutung.
Netzkonvergenz	hoch	Energy Hubs und Power-to-Gas setzen sich durch.
Batterien, Gas- und Wärmespeicher	viel	Dezentrale Speicherlösungen werden stark gefördert. Verbraucher sind sowohl mit kurz- und mittelfristigen Batteriespeichern als auch mit Gasspeichern für die saisonale Umlagerung via Power-to-Gas und WKK ausgerüstet.
<b>③ Märkte/EU-CH</b>		
Eigenversorgung CH (Strom/Gas)	Strom: hoch Gas: offen	Endverbraucher versorgen sich in lokalen Energy Hubs mehrheitlich selber. Stromimporte werden kaum mehr benötigt. Gas hingegen wird weiterhin importiert.
Einbindung in internationale Märkte (Strom/Gas)	Strom: keine Gas: offen	Der internationale Stromhandel kommt zum Erliegen. Die Einbindung in den internationalen Gasmarkt bleibt wichtig. Insbesondere die grenzüberschreitende Nutzung der Gasspeicher ist wichtig für die Sommer-Winter-Umlagerung mittels Power-to-Gas.
<b>④ Digitalisierung</b>		
ICT-Durchdringung	hoch	Die ICT ist stark ins Energiesystem eingebunden. Internet der Dinge (IoT), smarte Technologien und Anwendungen werden zur Optimierung von Angebot und Nachfrage benötigt.
Akzeptanz Datenaustausch	hoch	Es wird ein sehr hohes Datenschutzniveau erreicht. Die Akzeptanz des Datenaustauschs ist entsprechend hoch.
<b>⑤ Regulierung/Staatseingriffe</b>		
Förderung erneuerbarer Energien	viel	Erneuerbare Energien werden stark gefördert.
Vorschriften Energieeffizienz	ja	Die Energieeffizienz wird vorangetrieben. Es existieren drastische Vorschriften zur Reduktion der Energienachfrage, insbesondere für die Haushalte.
Eingriffe in die Preise (Strom/CO <sub>2</sub> )	Elektrizitätstarif und CO <sub>2</sub> -Preise: hoch	Der Elektrizitätstarif und die Abgaben auf CO <sub>2</sub> sind hoch. Sie dienen der Finanzierung der Fördermassnahmen und Effizienzziele. Zusätzlich gibt es fiskalpolitische Anreizsysteme.

### **Verteilnetzbetreiber/Versorger**

Auf dem Weg zur **Local World** erwies sich die Entflechtung, also die Trennung zwischen Netz und Energie sowie die Schaffung von kleinteiligen Märkten, als unverhältnismässig aufwendig und letztlich nachteilig. Synergiepotenziale, insbesondere zur Bewirtschaftung von Flexibilitäten, konnten nicht vollständig ausgeschöpft werden. Die Entflechtung wurde auf Verteilnetzebene deshalb wieder aufgehoben, und der Verteilnetzbetreiber wurde zum Vollversorger bei Strom, Gas und Wärme.

Lokale Flexibilitäten bei Industrie, Gewerbe und Haushalten werden bei Strom, Gas und Wärme durch die Netzbetreiber organisiert. Sie bieten den Endverbrauchern Netz- und Energieprodukte an, die Anreize setzen, dann Energie zu beziehen, wenn die Preise dafür tief und die Netze wenig belastet sind. Umgekehrt erhalten die dezentralen Produzenten und Prosumer durch entsprechende Preissignale Anreize, dann Strom, Gas oder Wärme einzuspeisen, wenn der Bedarf dafür hoch ist. Insbesondere tragen diese Anreize zur Vermeidung zeitgleicher Leistungsspitzen bei.

Darüber hinaus erhielt der Verteilnetzbetreiber/Versorger weitreichende Kompetenzen und Eingriffsmöglichkeiten, um Strom-, Gas- und Wärmenetze zusammen zu optimieren und die Flexibilitäten vollständig auszunutzen. Dadurch können in der **Local World** die Möglichkeiten der Netzkonvergenz zur Deckung der Energienachfrage zentral gesteuert und genutzt werden. Zu einer längerfristigen Speicherung von Strom aus erneuerbaren Energien fehlen der Schweiz für grössere Mengen zurzeit die Gasspeicher. Gasspeicher im Ausland sind aus heutiger Sicht wirtschaftlicher. Wegen der nachrangigen Bedeutung der vergleichsweise kleinen Gasspeicher in der Schweiz, werden diese in der **Local World** in den regulierten Netzbereich einbezogen, wodurch eine effiziente Bewirtschaftung gewährleistet ist.

### **Produzenten**

In der **Local World** greift der Staat massiv in die Produktionsstruktur und den Verbrauch ein. Bei der Produktion wird insbesondere das Investitionsverhalten mit Anreizen und Vorschriften gesteuert. Wenn jedoch die Produktionsstruktur überwiegend durch staatliche Förderung festgelegt wird, können Markt- und Preissignale bestenfalls noch den Einsatz der Kraftwerke und Speicher sowie die Flexibilität bestimmen, aber nicht länger das Investitionsverhalten.

Da sich der Fokus in dieser Welt nicht auf die Schaffung eines funktionierenden Marktes richtet, optimiert der Verteilnetzbetreiber/Versorger die vorhandenen Ressourcen in seinem Netz und kauft fehlende Energie zur Deckung des Bedarfs im Verteilnetz über das Übertragungsnetz von Wasserkraftwerken oder anderen Verteilnetzbetreibern/Versorgern zu. Überschüssige Mengen an Strom werden je nach Versorgungs- und Marktsituation entweder am Markt verkauft, in Wärme umgewandelt und ins Fernwärmenetz oder mit Power-to-Gas-Anlagen in Gas umgewandelt und ins Gasnetz eingespeist. Der Verteilnetzbetreiber/Versorger optimiert

also seine Netze zentral und verfügt beim Strom und beim Gas über Netz- und Marktzugang. Letzteres ist den dezentralen Produzenten auf Verteilnetzebene verwehrt. Beim Gas entspricht dies dem sogenannten City-Gate-Ansatz.

Die Produzenten von Strom aus Wasserkraft verfügen ebenfalls über Netz- und Marktzugang. Kapazitätsmechanismen bei der Stromversorgung stellen sicher, dass genügend Anreize in Neu- und Ersatzinvestitionen bestehen, damit insbesondere das kritische Winterhalbjahr überbrückt werden kann.

### **Übertragungsnetzbetreiber**

Die Nutzung des Stromübertragungsnetzes nimmt insgesamt ab, jedoch bleiben die Leistungsspitzen bestehen. Dies gilt insbesondere für den Bezug von Strom aus Wasserkraftwerken im Winter, wenn die Eigenversorgung nicht mehr ausreicht, oder für die Einspeisung von Überschüssen im Sommer aus PV-Anlagen. Die bestehende Infrastruktur wird daher weiter unterhalten, und ein Rückbau ist nicht vorgesehen.

## **3.6.4 Geschäftsmodell**

---

In der **Local World** herrscht Markt zwischen den Betreibern der grossen Wasserkraftwerke und den Verteilnetzbetreibern/Versorgern. Innerhalb ihres Verteilnetzes verfügen die Verteilnetzbetreiber/Versorger über ein Monopol, das allerdings vom Regulator überwacht wird. Ebenfalls Markt herrscht im Dienstleistungsgeschäft auf der Ebene der Endverbraucher und Prosumer. Dieser ist sehr lebendig und hart umkämpft.

### **Produzenten**

Wasserkraftwerkbetreiber stehen im Energie- und im Kapazitätsmarkt in Konkurrenz zu den Verteilnetzbetreibern/Versorgern, welche die Möglichkeiten zur dezentralen Produktion und Speicherung in ihrem Verteilnetz vollständig ausnutzen. In der **Local World** sind die Preisschwankungen für Strom extrem. Im Sommerhalbjahr sind die Strompreise wegen des tieferen Verbrauchs und der hohen Einspeisung durch Laufwasserkraftwerke und Photovoltaikanlagen tief. Im Winterhalbjahr, wenn die Laufwasserkraftwerke und die Photovoltaikanlagen erheblich weniger Strom produzieren und die Stromnachfrage am höchsten ist, sind die Preise markant höher. Entsprechend produzieren die Betreiber von Speicherkraftwerken vor allem im kritischen Winterhalbjahr und erwirtschaften dann hohe Deckungsbeiträge. Weitere Deckungsbeiträge erhalten sie durch die Teilnahme am Kapazitätsmarkt.

### **Verteilnetzbetreiber/Versorger**

Die Verteilnetzbetreiber/Versorger sind für das lokal-dezentrale System verantwortlich und stellen somit auch dessen Betrieb sicher. Bei der Netzführung gehören die Fähigkeit zur Verarbeitung grosser Datenmengen, die Erstellung exakter Prognosen sowie das geschickte Setzen von Anreizen durch Tarife zu den Kernkompetenzen. Voraussetzungen dafür sind eine umfassende Digitalisierung und die Fähigkeit, grosse Datenmengen in kürzester Zeit zu verarbeiten.

Verteilnetzbetreiber/Versorger übernehmen neben dem Netzbetrieb auch die Koordination der Produktion, der Speicherung und der verfügbaren Flexibilität bei den Endverbrauchern. Um diese Aufgaben zeitnah bewältigen zu können, braucht es den Einsatz effizienter und sehr schneller Optimierungsalgorithmen.

Für Endverbraucher, die sich nicht selbst versorgen können, stellen die Verteilnetzbetreiber/Versorger die Grundversorgung bei Strom, Gas und Wärme sicher. Dazu entwickeln sie eine Tarifstruktur, die Anreize schafft, die bestehenden Ressourcen im Netz optimal zu nutzen. Weiter betreiben sie Anlagen, die für einen effizienten Betrieb eine gewisse kritische Grösse benötigen, wie dies beispielsweise bei Power-to-Gas-Anlagen der Fall ist.

Daneben bieten Verteilnetzbetreiber/Versorger in Konkurrenz zu anderen Akteuren umfangreiche Dienstleistungen an. Das Angebot reicht von Installation und Wartung der dezentralen Produktionsanlagen über Speicher- und Wärmelösungen bis hin zu Planungs- und Beratungsaufgaben. Zur Steigerung der Energieeffizienz werden neben Energieberatung auch Verbrauchsanalysen angeboten. Für die effiziente Erbringung von Energiedienstleistungen eignen sich insbesondere die Bereiche Gebäudeheizung, Warmwasserbereitung, Kühlung, Produktherstellung, Beleuchtung und Antriebstechnik. Diese können über das sogenannte Contracting zur Verfügung gestellt werden. In seiner Hauptanwendungsform bezieht sich das Contracting auf die Bereitstellung bzw. Lieferung von Wärme, Kälte, Strom, Dampf, Druckluft usw. sowie den Betrieb der dazugehörigen Anlagen.

Aufgrund der unterschiedlichen Bedürfnisse und der Komplexität der Aufgaben steigen die Anforderungen an die Kundenbetreuung im Dienstleistungsbereich. Massgeschneiderte Angebote und individuelle Beratung sind Schlüsselgrößen, um in diesem Konkurrenzkampf bestehen zu können. Erfolgreiche Geschäftsmodelle zeichnen sich durch hohe Integration und Vernetzung teilweise sehr vieler Einzelkomponenten und -leistungen aus. Entsprechend wird dem Endkunden eine bequeme und nach seinen Wünschen optimierte Komplettlösung angeboten. Ein Beispiel dafür ist der Ersatz eines veralteten, ineffizienten Heizsystems durch ein effizientes neues. Sämtliche vertrieblichen und kaufmännischen Prozessschritte von der Akquise über die Planung und Angebotserstellung bis zum Vertragsabschluss erfolgen digital über automatisch im Hintergrund ablaufende Prozesse.

Zur Bewältigung der komplexen Aufgaben können nicht alle Ressourcen von jedem Verteilnetzbetreiber/Versorger selbst vorgehalten werden. Die Auswahl der geeigneten Partner und wirkungsvolle Kooperationen tragen dazu bei, die anspruchsvolle Aufgabe des Verteilnetzbetreibers/Versorgers zu meistern.

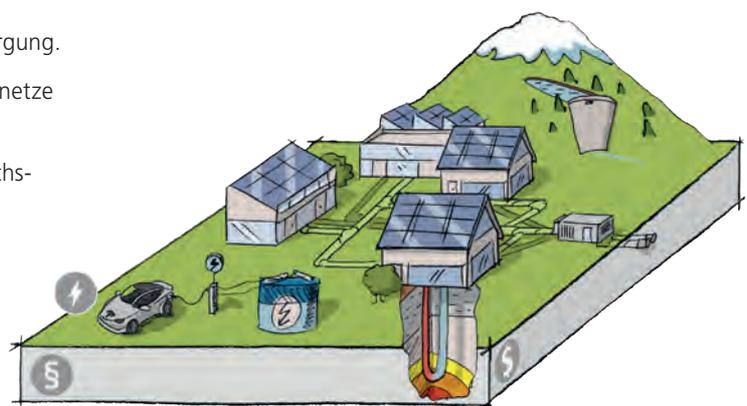
**FÖRDERUNG** Der Staat fördert dezentrale Versorgung und Eigenverbrauch.

**VORSCHRIFTEN** Strenge Effizienzvorschriften werden akzeptiert.

**FLEXIBILITÄT** Lokale Speicher, intelligente Netze und Wasserkraft ermöglichen die dezentrale Versorgung.

**NETZKONVERGENZ** Strom-, Gas- und Fernwärmenetze konvergieren.

**VERNETZUNG** Quartiere werden zu Eigenverbrauchsgemeinschaften.



«Apps und Tools erleichtern das Leben»



In der **Smart World** ist die Preisreduktion von dezentralen Produktions- und Speichertechnologien so stark, dass sich diese am Markt durchsetzen. Nationale Grenzen spielen bei Investitionsentscheidungen keine Rolle. Der Anteil der Photovoltaik- und Windkraftanlagen – gekoppelt mit lokalen Tages speichern und Netzkonvergenz – ist hoch. Die kosteneffiziente Umlagerung von Strom vom Sommer in den Winter kann nur bis zu einem bestimmten Grad mittels Speichern bewerkstelligt werden, daher kommen Wasserkraftwerke als Anbieter von Flexibilität und als Back-up-Kapazitäten weiterhin zum Einsatz. Auch grenzüberschreitender Strom- und Gashandel hilft, Nachfrage und Angebot in Einklang zu bringen – denn aufgrund einheitlicher Binnenmarktregeln gelten überall dieselben Bedingungen.

Die Nachfrage ist hoch – wegen des Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstums einerseits, infolge der Substitution fossiler Brennstoffe andererseits. Die Nachfrage ist zudem auch flexibel und trägt wesentlich zum Ausgleich von Produktionsschwankungen bei. Dies ist vor allem dank smarten Applikationen und der hohen Akzeptanz von Datenaustausch möglich. Intelligente Informations- und Kommunikationssysteme sind stark verbreitet und spielen eine entscheidende Rolle.

### 3.7.1 Vorgeschichte

---

Deutliche Technologiefortschritte (Batterien, Netzkonvergenz und erneuerbare Energien wie PV und Wind) veränderten die Möglichkeiten der Energieversorgung. Ein damit einhergehender Preiszerfall bei diesen Technologien beschleunigte die weltweite Verbreitung in den 2020er-Jahren. Gleichzeitig nahm die ICT-Durchdringung der Energieversorgung stark zu. Die verstärkte automatisierte Kommunikation zwischen Geräten, Anlagen und Netzen führte zu einer deutlichen Flexibilisierung von Nachfrage und Angebot.

### 3.7.2 Ausprägungen

---

#### 3.7.2.1 Beschreibung der fünf Dimensionen

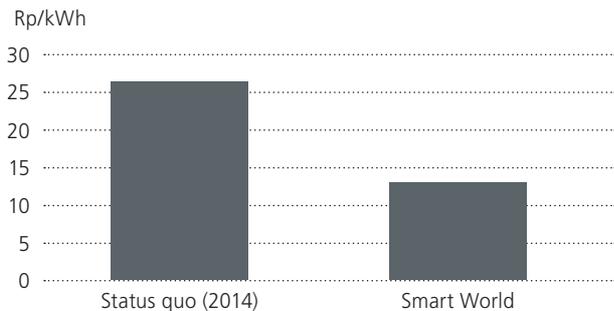
---

##### **Technologischer Fortschritt macht erneuerbare Energien und Speicher wirtschaftlich**

Das wesentliche Merkmal der **Smart World** ist die starke Marktdurchdringung intelligenter und kostengünstiger Technologien und Anwendungen. Der Preiszerfall bei PV-Modulen, Windkraftanlagen und Batterien sowie eine effektive und zielgerichtete Bepreisung von CO<sub>2</sub>-Emissionen führen dazu, dass sich erneuerbare Energien wie PV und Windkraft auch ohne staatliche Subventionen gegenüber zentralen, thermischen Grosskraftwerken durchsetzen. Der Schweizer Kraftwerkspark der **Smart World** verzeichnet einen hohen Anteil an PV-Anlagen. Die kostengünstigsten Wasserkraftwerke tragen ebenfalls ihren Teil zum Strommix bei. Der Zubau von

**Abbildung 13**

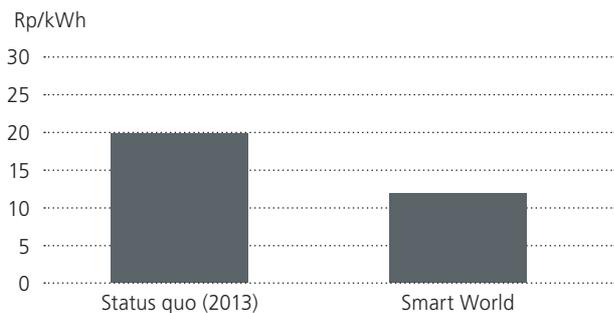
**PV-Gestehungskosten CH Smart World**



Quantifizierung Energiewelten gemäss VSE, Photovoltaik und solarthermische Stromerzeugung, 2015

**Abbildung 14**

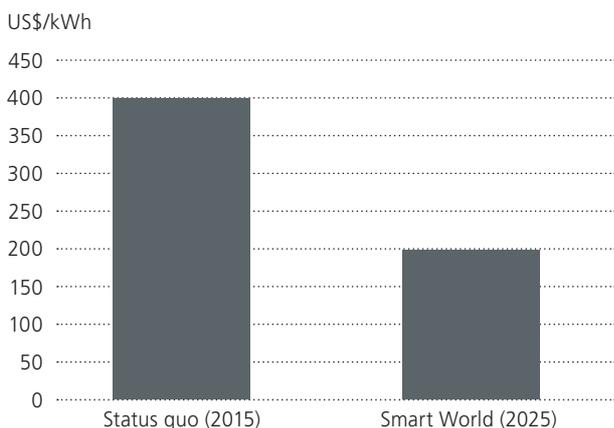
**Wind Gestehungskosten CH Smart World**



Quantifizierung Energiewelten gemäss VSE, Windenergie, 2015

**Abbildung 15**

**Batteriekosten Smart World**



Quantifizierung Energiewelten gemäss IEA, 2015

Gaskraftwerken erfolgt, wenn der Bedarf und die Wirtschaftlichkeit gegeben sind. Auch Importe tragen zur Versorgung bei. Insbesondere im Winter, wenn die PV-Anlagen in der Schweiz nur wenig produzieren und die Produktion der Laufwasserkraft limitiert ist, werden grössere Mengen Strom zur Deckung des Schweizer Strombedarfs aus dem europäischen Ausland importiert.

Im Sommer hingegen wird ein grosser Teil des Stromverbrauchs durch PV-Anlagen gedeckt. Durch die gleichzeitig starke technologische Entwicklung und Verbreitung von lokalen Tages Speichern (Batterien, Gas- und Wärmespeicher) und dank einer flexibleren Nachfrage können Tagesschwankungen ausgeglichen werden. Auch saisonale Speicher wie Speicherseen und Power-to-Gas haben in der **Smart World** eine hohe Relevanz. Des Weiteren helfen die Nachbarländer, saisonale Produktionsschwankungen auszugleichen. Im europäischen Kraftwerkspark dominieren Anlagen für erneuerbare Energien wie PV und Windkraft, auch Gaskraftwerke setzen sich durch. Viele der Grundlastkraftwerke, insbesondere Braun- und Steinkohlekraftwerke, sind aufgrund der hohen CO<sub>2</sub>-Preise sehr teuer und daher grösstenteils stillgelegt.

Vereinzelt kommt es zu Knappheitspreisen für Strom. Dies gilt vor allem für Stunden, in denen die Nachfrage trotz Lastmanagement hoch und die Einspeisung von Windkraft- und PV-Anlagen tief ist. Diese Knappheitspreise sowie die hohen CO<sub>2</sub>-Preise erlauben es flexiblen Grosskraftwerken, Rendite zu erwirtschaften und so ihre Investitionen schrittweise zu amortisieren. Die Kombination von Knappheitspreisen und tiefen Preisen – bei gutem Wind oder hoher Sonneneinstrahlung – führt zu schwankenden Grosshandelspreisen und Preisdifferenzen. Dadurch wird auch die Wirtschaftlichkeit von Pumpspeichern gestärkt.

**Hohe Nachfrage und Flexibilität**

Die zunehmende Digitalisierung sowie flexible Strompreistarife tragen zu einer Flexibilisierung und Optimierung der Nachfrage bei (Lastverschiebung). Da die Flexibilisierung der Nachfrage und die Eigenverbrauchsrate hoch sind, besteht kaum Anlass zur Umsetzung von politisch getriebenen Effizienzmassnahmen. Es werden nur jene Massnahmen umgesetzt, die wirtschaftlich sind. Verbraucher, deren Nachfrage nicht flexibel anpassbar ist, müssen mit Knappheitspreisen rechnen. Ein europaweit starkes Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum führt zu einer stetig wachsenden Nachfrage. Vor allem steigern jedoch die hohen CO<sub>2</sub>-Preise die Nachfrage nach neuen Stromanwendungen, da fossile Brennstoffe mittels Elektromobilität oder Wärmepumpen substituiert werden. Der Bedarf an inländischen und grenzüberschreitenden Netzen für Strom und Gas ist gross. Die Schweiz bleibt mit Europa stark vernetzt.

**Wenig Regulierung und Staatseingriffe**

In der **Smart World** gibt es weder zu Energieeffizienz oder Nachfragesteuerung noch zur technologischen Zusammensetzung des Kraftwerksparks politische Vorgaben. Auch im Bereich des Strommarktes gibt es keine regulatorischen Eingriffe,

beispielsweise Preisobergrenzen. So erfolgt der Ausbau des Kraftwerksparks nach rein wirtschaftlichen Kriterien. Das einzige politische Instrument, das in der Schweiz sowie international eingesetzt wird, ist die Anbindung an einen strikten und konsequent umgesetzten europäischen CO<sub>2</sub>-Markt (EU-ETS). Er erlaubt die Internalisierung der externen Kosten, die durch den CO<sub>2</sub>-Ausstoss verursacht werden.

### Sämtliche Bereiche von ICT durchdrungen

Der schnelle technologische Fortschritt führt zu einer starken Integration der ICT und des Internets der Dinge (IoT) ins Energiesystem. Dies ermöglicht die Steuerbarkeit des Versorgungssystems, das sich aus vielseitiger und zum Teil stark schwankender Produktion, Speichermöglichkeiten und flexiblem Konsum zusammensetzt. Dank einem sehr hohen Niveau im Datenschutz sind Bevölkerung und Wirtschaft bereit, Informations- und Kommunikationssysteme breit anzuwenden

und einen intensiven Datenaustausch zuzulassen. Auch die Bildung von Local Energy Hubs, welche die Umwandlung und Verteilung von diversen Energieträgern möglich machen, wird durch smarte Lösungen massgeblich vereinfacht.

### 3.7.2.2 Auswirkungen auf ausgewählte Akteure

#### Produzenten

Weil die Kosten deutlich sinken, erleben lokale Erzeugungs- und Speichertechnologien einen Durchbruch. Die Bedeutung der Stromproduktion aus Grossanlagen nimmt hingegen ab. Grosskraftwerke kommen vor allem während der Wintermonate zum Einsatz. Zudem dienen sie als Back-up für Situationen, in denen Windkraft- und PV-Anlagen die Nachfrage nicht decken können (lange Schlechtwetterperioden, Trockenheit, starke Kälte oder Hitze).

Abbildung 16

#### Produktionsmix Smart World

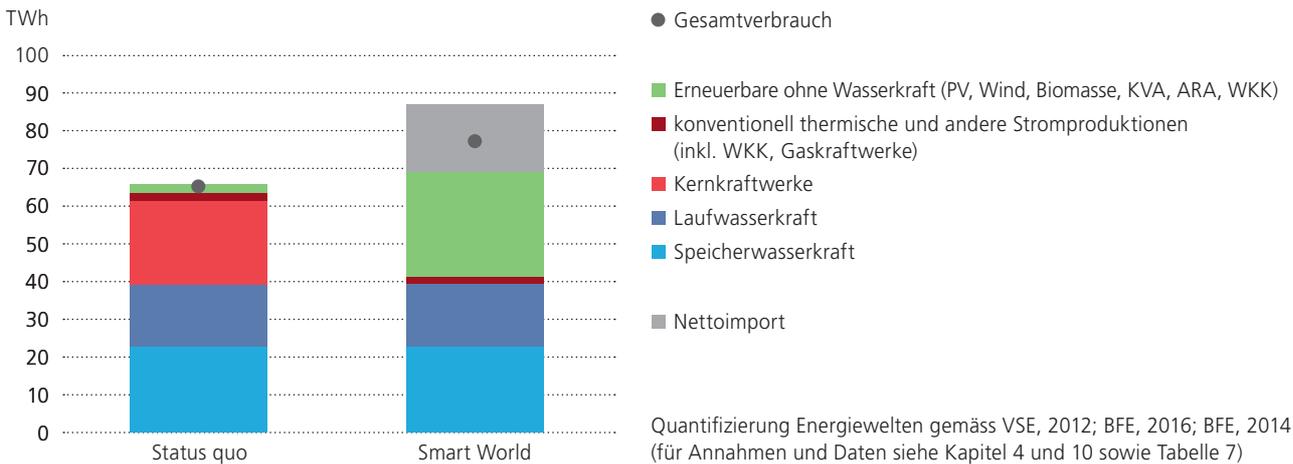


Abbildung 17

#### Endverbrauch<sup>8</sup> und Gesamtverbrauch<sup>9</sup> Smart World vs. Status quo

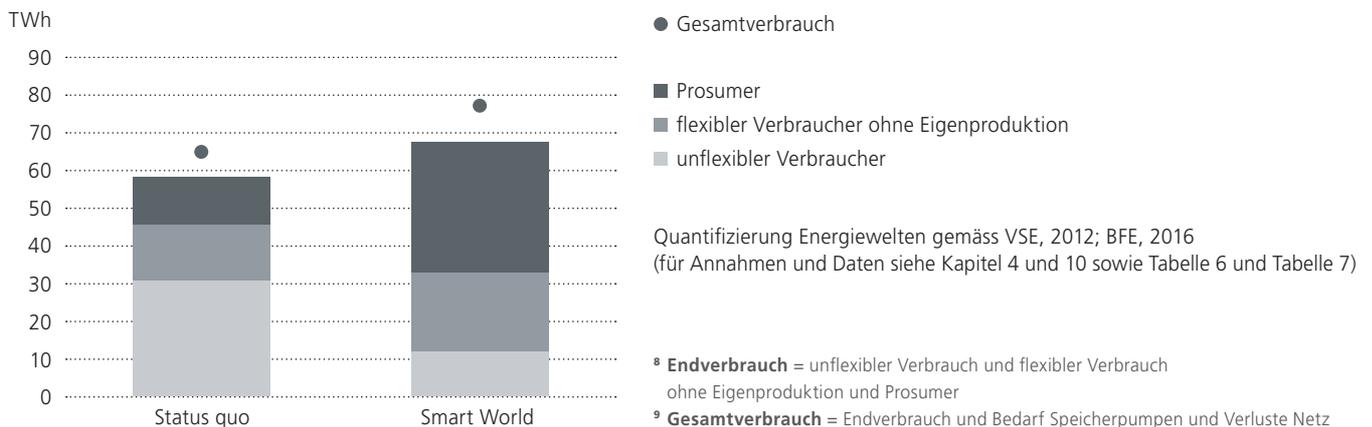
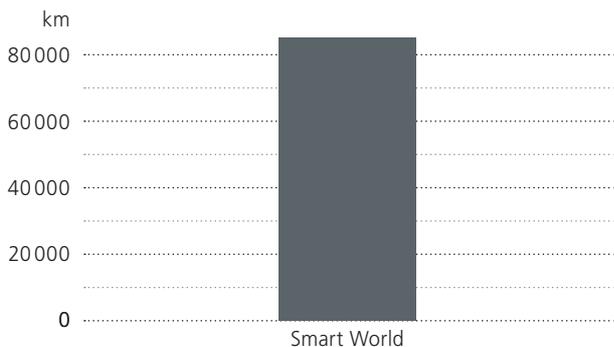


Abbildung 18

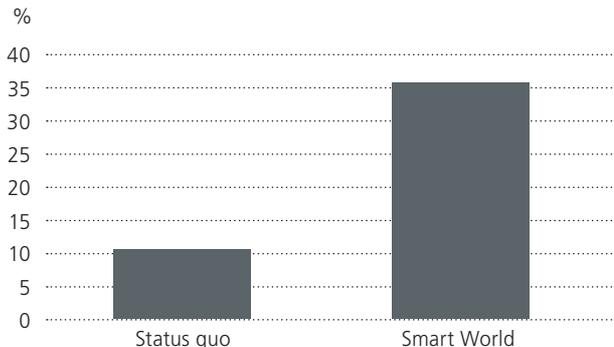
Verteilnetzausbau Smart World



Quantifizierung Energiewelten gemäss Consentec, 2012 (für Annahmen und Daten siehe Kapitel 4 und 10)

Abbildung 19

Prozentualer Eigenverbrauch<sup>10</sup> Smart World vs. Status quo



Quantifizierung Energiewelten gemäss VSE, 2012 (für Annahmen und Daten siehe Kapitel 4 und 10 sowie Tabelle 6 und Tabelle 7)

<sup>10</sup> Berechnet wurde hier der Anteil Eigenproduktion der Prosumer am totalen Verbrauch.

Verteilnetzbetreiber

Die Smart World stellt die Netzbetreiber vor hohe Anforderungen: enormer Anteil an lokal erzeugtem Strom, exponentiell gestiegener Einsatz von lokalen Speichern, un stetige Rückspeisungen ins Netz, Vernetzung von Anlagen, Geräten und Marktteilnehmern sowie Bildung von Energy Hubs. Dies führt dazu, dass die Verteilnetze für Strom und Gas eine Schlüsselrolle im Energiesystem einnehmen. Die Herausforderung besteht darin, die Informationsflüsse aus dem Verteilnetz fortlaufend aufzunehmen und zu verarbeiten, damit das Versorgungsnetz jederzeit stabil bleibt. Dafür werden Investitionen in intelligente Kommunikations-, Steuerungs- und Überwachungssysteme getätigt (u.a. Smart Grids, Smart Meter). Diese Technologien ermöglichen eine Optimierung der Netze. Die Verteilnetze müssen trotzdem wegen räumlicher Verteilung der dezentralen Kraftwerke ausgebaut bzw. verstärkt werden.

Durch die Bildung von Energy Hubs, welche die Energieversorgung eines Gebäudes oder Areals optimieren, werden Kooperationen zwischen unterschiedlichen Energieversorgern (z.B. zwischen Wärme- und Kälteanbietern, Strom- und Gaslieferanten, Speicherbetreibern usw.) erforderlich.

Endverbraucher

Haushalte und Gewerbe haben zwar eine hohe Eigenproduktion, aber auch einen hohen Eigenverbrauch. Die weite Verbreitung von Speicherlösungen, verbunden mit dynamischen, schwankenden Endverbraucherpreisen, gibt den Endverbrauchern Spielraum für einen kostenoptimierten Verbrauch und eine Steuerung der Nachfrage je nach Knappheitssituation.

Neue Akteure

In der Smart World findet eine Verschiebung von zentraler hin zu dezentraler Produktion statt. Zudem ist ein Zusammenwachsen von Strom, Gas und Wärme (Netzkonvergenz) zu beobachten. Die Anzahl der Akteure ist in der Smart World im

Vergleich zu heute um ein Vielfaches höher. Verschiedenste Systemdienstleister (Energiemanagement, Pooling und Energieeffizienz) oder Dienstleister für dezentrale Produktions- und Netzanlagen sind im Markt aktiv. Angesichts der vielen Neuinvestitionen haben Planer, Lieferanten und Unterhaltungsfirmen von Anlagen und Netzwerken ein grosses Geschäftsvolumen.

In der Smart World stehen die Betreiber von dezentralen Anlagen, smarten Technologien und Anwendungen in Konkurrenz zu den herkömmlichen Stromproduzenten und -verteilern. Der Zubau von integrierten Energiesystemen (PV-Anlagen, Speichern, steuerbaren Elektrogeräten, usw.), die Verbreitung der Elektromobilität und der erforderlichen Ladestationen, die Digitalisierung sowie der Umgang mit enormen Datenmengen usw. erhöhen deutlich die Vielfalt der Marktakteure.

Gesellschaft und Volkswirtschaft

Die intelligenten Informationssysteme halten das fragmentierte und stark interagierende Stromsystem zusammen. Die Anfälligkeit des Stromsystems, beispielsweise durch Cyberkriminalität, nimmt tendenziell zu, da die starke Vernetzung die Eindämmung eines Ausfalls oder Angriffs erschwert. Andererseits erlaubt die technologisch diversifizierte, eher lokal organisierte Struktur eine breitere Abstützung der Produktion. Daraus resultieren geringere Auswirkungen bei Ausfällen von Produktionsanlagen.

Die Gesellschaft wird von den Förderbeiträgen für erneuerbare Energien aufgrund der Kostendegression entlastet, gleichzeitig kommt sie für die CO<sub>2</sub>-Emissionen und die damit verursachten Kosten auf. Die konsequente Verfolgung der Klimaziele in der Schweiz wie auch auf internationaler Ebene mit der Bepreisung von CO<sub>2</sub> verbessert die Kostenwahrheit im Energiesystem. Dadurch können volkswirtschaftlich effizientere Energielösungen erreicht und die Wohlfahrtseffekte für die Gesellschaft erhöht werden.

### 3.7.2.3 Tabelle 5

#### Smart World – fünf Dimensionen und ihre Ausprägung

Thema	Ausprägung	Grund
<b>① Nachfrage/Flexibilisierung</b>		
Bezug aus Netz (Strom/Gas)	Strom hoch, Gas offen	Die Nachfrage (v.a. Strom im Winter) ist hoch wegen neuer Stromanwendungen (Substitution fossiler Energien durch Elektromobilität und Wärmepumpen) und hohen Wirtschafts- und auch Bevölkerungswachstums.
Eigenverbrauch (Nachfrageniveau)	hoch	Hoher Eigenverbrauch dank starker Verbreitung dezentraler PV-Anlagen und Speicher.
Flexibilität (Lastverschiebung)	hoch	Der Bedarf an Flexibilität ist wegen fluktuierender Einspeisung hoch. Smarte Anwendungen helfen dabei.
<b>② Zentrale/Dezentrale Versorgung</b>		
Anteil dezentraler Produktion	hoch	Dezentrale Produktion ist wirtschaftlich und nimmt stark zu.
Bedarf Netz (Strom/Gas)	Strom und Gas hoch	Die Netze werden auf allen Ebenen benötigt, um die Vernetzung der dezentralen und zentralen Produktion sowie die starke Einbindung in internationale Märkte zu ermöglichen.
VN Inland	auf allen Ebenen	
ÜN Inland		
ÜN grenzüberschreitend		
Netzkonvergenz	hoch	Die Netzkonvergenz wird dank schnellen technologischen Fortschritten erst möglich; Power-to-Gas hilft, die hohe Einspeisung im Sommer saisonal zu verschieben.
Batterien, Gas- und Wärmespeicher	viel	Sinkende Kosten für Speicher helfen, den Eigenverbrauch zu erhöhen.
<b>③ Märkte/EU-CH</b>		
Eigenversorgung CH (Strom/Gas)	gering	Im Winter ist die Eigenversorgung gering, da es im CH-Produktionspark viele PV-Anlagen gibt, die im Winter wenig Strom liefern. Auch die Importmenge an Gas ist hoch.
Einbindung in internationale Märkte (Strom/Gas)	hoch	Die Strom- und Gas-Infrastruktur wird an den geeignetsten Standorten ausgebaut. Zentrale Kraftwerke im In- und Ausland dienen als Back-up-Kapazitäten. Gasimporte und -exporte (in ausländische Speicher) sind wichtig.
<b>④ Digitalisierung</b>		
ICT-Durchdringung	hoch	Starke Einbindung der ICT ins Energiesystem. Die technologische Entwicklung und die Verbreitung des Internets der Dinge (IoT) sind weit fortgeschritten.
Akzeptanz Datenaustausch	hoch	Sehr hohes Datenschutzniveau.
<b>⑤ Regulierung/Staatseingriffe</b>		
Förderung erneuerbarer Energien	keine	PV-Anlagen, Windkraft- und Blockheizkraftwerke sowie Speicher sind ohne Förderung wirtschaftlich.
Vorschriften Energieeffizienz	keine	Es gibt keine Staatseingriffe.
Eingriffe in die Preise (Strom/CO <sub>2</sub> )	keine Eingriffe in Strompreise jedoch Eingriffe in CO <sub>2</sub> -Preise	Eingriffe finden beim CO <sub>2</sub> statt – mit der Einbindung in ein konsequent geführtes EU-ETS. Ansonsten sind keine Eingriffe notwendig. Es gibt zwar viel erneuerbare Produktion mit tiefen Grenzkosten, gleichzeitig findet aber eine Verteuerung der fossilen Produktion statt, wegen der hohen CO <sub>2</sub> -Preise. Die Strompreise werden daher auch volatil. Knappheitspreise sind im Strommarkt möglich.

#### Gesellschaft und Volkswirtschaft

In der **Smart World** ist der massive Einsatz von ICT breit akzeptiert und durchdringt jeden Lebensbereich. Dadurch werden auch die vorhandenen Ressourcen im Energiebereich wie Produktion, Netz, Speicher und Flexibilitäten durch Markt und Preissignale mithilfe von ICT und stetigem Datenaustausch optimiert. Durch die zunehmende Bedeutung von ICT in der **Smart World** werden die Themen Datenschutz und Verhinderung von Cyberkriminalität aktiv angegangen und so geregelt, dass sie keine Behinderung für den Markt oder die Steigerung der Gesamtenergieeffizienz darstellen.

#### Endverbraucher

In der **Smart World** herrscht das Primat des Marktes, und es besteht wenig Bedarf an Regulierung. Diese beschränkt sich im Wesentlichen auf den Netzbereich. Insbesondere entfällt jede Grundversorgungspflicht. Die Endverbraucher wählen ihre Lieferanten und ihre Energiequellen aufgrund der vorhandenen umfassenden Informationen und wechseln mit hoher Kadenz. Dank dem hohen Grad an Digitalisierung liegen für alle Marktteilnehmer zeitnah und transparent Informationen zu den Energiepreisen wie auch zur Situation der Netze vor. Zeitnahe Preissignale für die Energie (Strom, Gas und Wärme) und zeitnahe, dynamische Tarife für die Netznutzung in Kombination steuern sowohl Investitionen wie auch das Verhalten bezüglich Produktion, Speicherung, Eigenverbrauch, Einsatz der Flexibilität und Netznutzung. Als Folge kann der Endverbraucher sein Verhalten laufend den Preissignalen anpassen.

#### Produzenten

Es gibt wenige zentrale, dafür sehr viele lokale Produzenten und Prosumer. Bei einer Energieversorgung mit weitgehend lokalen Strukturen musste eine Marktorganisation geschaffen werden, welche die Akteure auf Verteilnetzebene einbezieht. Dabei entfällt jede Abnahme- und Vergütungspflicht für die Einspeisung von Strom und Gas.

#### Verteilnetzbetreiber

Durch die Schaffung von Märkten für Strom, Gas und Wärme auf Verteilnetzebene mussten die Aufgaben und Kompetenzen der Verteilnetzbetreiber bei der Netzführung neu definiert werden. Für die Zunahme der Eigenproduktion und die Einspeisung auf tiefer Spannungsebene beim Strom bzw. tieferer Druckebene beim Gas mussten darüber hinaus neue Netznutzungsmodelle entwickelt werden. Einer der Gründe dafür war, dass die unflexiblen Verbraucher ohne Möglichkeiten der Eigenproduktion oder Speicherung bei einem Netznutzungsmodell, bei dem die Netznutzungsentgelte über die verbrauchte Energie berechnet werden, gegenüber Prosumern im Nachteil waren. Prosumer beziehen deutlich weniger Energie vom Netz und bezahlen damit

weniger für dieses, obwohl sie es immer als Back-up, d.h. als «Versicherung», benutzen können. Die Kosten für das Netz sind aber nicht abhängig von der durchgeleiteten Energie, sondern von der bereitgestellten Leistung.

Die Verteilnetzbetreiber sind weiterhin verantwortlich für die Sicherheit des Netzes. Entsprechend wurden ihnen die dafür notwendigen Kompetenzen eingeräumt. Beispielsweise können sie bei einem Engpass und der Gefahr eines Netzzusammenbruches auf die vorhandene Flexibilität beim Endverbraucher zurückgreifen, oder sie können eine hohe Einspeisung von Photovoltaik- oder Windanlagen unterbinden.

Die Netznutzungsmodelle befinden sich im Spannungsfeld zwischen verschiedenen Ansprüchen wie Kostengerechtigkeit, effizienter Ressourcenallokation, aber auch politischen Zielsetzungen wie Energieeffizienz oder Förderung dezentraler Produktion. Da es in der **Smart World** weder zur Energieeffizienz oder Nachfragesteuerung noch zur technologischen Zusammensetzung des Kraftwerksparks politische Vorgaben gibt, ist das Netznutzungsmodell auf einen effizienten Netzbetrieb fokussiert.

Die dynamischen Netznutzungstarife belohnen netzdienliches Verhalten, beispielsweise um Verbrauchs- oder Einspeisespitzen und einen Netzausbau zu vermeiden. Diese dynamischen Netznutzungstarife setzen insbesondere Anreize, Belastungsspitzen im Netz bei hoher Einspeisung im Sommer und hoher Entnahme im Winter zu vermeiden. Dadurch übernehmen die aktiven Akteure, die über Möglichkeiten wie steuerbare Produktion, Flexibilität oder Speicherung verfügen, mehr Verantwortung für einen sicheren, stabilen Netzbetrieb, das heisst, sie übernehmen mehr Systemverantwortung.

Die Regeln für Strom, Gas und Wärme sind unter Berücksichtigung der physikalischen Unterschiede und der wettbewerblichen Ausgangslage (Gas ist bei allen Anwendungen substituierbar) aufeinander abgestimmt, insbesondere bezüglich Anschlusspflicht, Netznutzung, Netzfinanzierung und Marktöffnungsgrad. Für Interessenten für den Bau von Wärme-Kraft-Kopplungs- und Power-to-Gas-Anlagen werden beispielsweise ein Netzanschluss und eine diskriminierungsfreie Netznutzung bei Strom und Gas ermöglicht.

#### Übertragungsnetzbetreiber

Der Übertragungsnetzbetreiber ist kraft seiner Rolle dazu verpflichtet, die internationale Vernetzung auf technischer Ebene sicherzustellen und für den sicheren Netzbetrieb zu sorgen. Dabei kann er auf einen grossen Markt mit verschiedenen Anbietern von Systemdienstleistungen im In- und Ausland zurückgreifen.

### 3.7.4 Geschäftsmodell

In der **Smart World** ergeben sich von allen in diesem Bericht vorgestellten Energiewelten die meisten Geschäftsmodelle. Die Liberalisierung aller Bereiche der Energiewirtschaft, mit Ausnahme der Netze, trägt wesentlich dazu bei. Die Wertschöpfungsstufen werden in einzelne Teilmärkte unterteilt. Damit wird neuen Marktteilnehmern der Zugang zur Energiewirtschaft erleichtert. Die Digitalisierung wird den Trend zur Fragmentierung der Energiewirtschaft beschleunigen. Insbesondere Unternehmen aus dem Technologiesektor, der Bauwirtschaft, der Telekommunikation und dem Automobilbereich fassen Fuss in der Energiewirtschaft, um damit ihre Geschäftsmodelle zu erweitern. Die Zahl der Marktakteure nimmt markant zu.

Digitale Technologien prägen die Energiewirtschaft von der Bündelung dezentraler Erzeugungsanlagen zu virtuellen Kraftwerken über die Vermarktung bis zum Lieferantenwechsel per App. Es herrscht ein intensiver Wettbewerb mit vielen neuen Akteuren, in dem Spezialisierung und Grösse oder das Besetzen von Nischen mögliche Strategien darstellen. Neue ICT-basierte Entwicklungen wie Blockchain finden auch in der Energiewirtschaft Einzug und schaffen neue Märkte mit neuen Spielregeln. Blockchain ist eine öffentliche Datenbank, die alle Transaktionen eines dezentralen Netzwerkes fälschungssicher speichert. Diese Transaktionen brauchen keine zentralen Mittler. ICT wird zum Haupttreiber von Kostenreduktion, Geschäftsentwicklung und Wachstum.

#### Produzenten

Die Grenzen zwischen Produzenten und Endverbrauchern lösen sich in der **Smart World** aufgrund der Dezentralisierung und des zunehmenden Eigenverbrauchs auf. Der traditionelle Endverbraucher, d.h. der unflexible Endverbraucher, verschwindet zunehmend, und die meisten Verbraucher treten selber als Akteure am Markt auf, sei es als Produzenten (Prosumer) oder als Anbieter von Flexibilität oder Speicherleistung.

Aufgrund der engen Kopplung mit Europa entstehen neue Absatzmärkte. Schwankungen in der Produktion oder Versorgungsengpässe bieten Pumpspeicherkraftwerken und weiteren Anbietern von Speicherleistungen und Flexibilität Chancen, ansprechende Renditen zu erzielen.

Erfolgreiche Anbieter verfügen über die Möglichkeit, ungeachtet der zunehmend fluktuierenden Einspeisung respektive des schwankenden Verbrauchs exakte Prognosen zu machen. Leistungsstarke Datenanalysemethoden (Big Data) sind wichtige Voraussetzungen. Zusammenschlüsse und Bündelung von dezentralen Kraftwerken oder Prosumern zu virtuellen Kraftwerken stellen eine Möglichkeit dar, in diesem komplexen Markt zu bestehen und erfolgreich zu agieren.

#### Verteilnetzbetreiber

Wegen der zunehmenden dezentralen Einspeisung ist die Stabilisierung der Netze schwieriger geworden. Der grösste Teil des produzierten Stroms muss über die Verteilnetze aufgenommen und verteilt werden. Dafür mussten die Netze erst neu ausgelegt und angepasst werden.

Basierend auf Echtzeitdaten stellen die Verteilnetzbetreiber mit intelligenten Kommunikations-, Steuerungs- und Überwachungssystemen einen zuverlässigen und effizienten Netzbetrieb sicher. Die Verteilnetzbetreiber setzen kostendeckende, dynamische Netznutzungstarife, die netzdienliches Verhalten belohnen, sodass sie nur in Notfällen eingreifen müssen. Damit leisten alle Akteure marktbasierend einen wichtigen Beitrag zu einem stabilen Netz.

Die steigende Anzahl Microgrids, d.h. die Bildung von Arealnetzen, wird zu einer Abkopplung von immer mehr Quartieren und kleineren Netzgebieten führen. Diese können selber, durch den Verteilnetzbetreiber oder durch Dienstleister betrieben werden.

Weiter bieten die Verteilnetzbetreiber den Marktakteuren auf Verteilnetzebene umfangreiche Dienstleistungen an. Der hohe Technisierungsgrad sorgt für eine vielfältige Nachfrage. Ebenso können sie wie alle anderen Akteure z.B. als Energielieferant oder als Speicherdienstleister auftreten. Dienstleistungen umfassen Produktion, Speicherung (Tag und Saison), Steuerung, Vermarktung sowie Planung, Beratung und Finanzierung.

Verteilnetzbetreiber können sich zudem zu Datenmanagern und zu Betreibern von Daten- und Energieplattformen entwickeln, insbesondere um den steigenden Flexibilitäts- und Datenbedarf abwickeln zu können. Auf diesen Plattformen können Marktteilnehmer ihre Flexibilitätsprodukte und -leistungen anbieten und erbringen.

#### Energiedienstleister

Die Beherrschung der vielfältigen Technologien ist für alle Akteure von herausragender Bedeutung. Aufgrund der hohen digitalen Vernetzung erhöht sich die Zahl der Akteure um ein Vielfaches. In der **Smart World** setzen sich diejenigen Anbieter durch, welche die zukunftsfähigen Technologien frühzeitig erkennen und nutzen sowie die neuesten Trends antizipieren und dazu geeignete Mitarbeiter mitbringen. Diese Kompetenzen müssen wegen der grossen Dynamik ständig weiterentwickelt werden. So bedarf es innerhalb der Unternehmen hochwirksamer und konstanter Verbesserungs- und Innovationsprozesse, um mit der Weiterentwicklung der Technologien Schritt zu halten. Daneben werden vermehrt Kooperationen mit Start-up-Unternehmen gesucht, da diese

einen Vorsprung auf die Konkurrenz sichern können (First Mover). Erfolgreich ist, wer den Spagat zwischen rigorosen Kosteneinsparungen und Investitionen in Innovationen beherrscht. Ein bewährtes Mittel, um beiden Herausforderungen effizient begegnen zu können, ist die permanente Überprüfung und Anpassung der ICT-Struktur und der ICT-Prozesse.

Die Anzahl der Energiedienstleister steigt. Auch hier sind die Rollen der Akteure nicht fest zugeordnet, die Grenzen werden weniger scharf gezogen oder sind nur temporärer Natur. Aufgrund der unterschiedlichen Bedürfnisse und der Komplexität der Aufgaben steigen die Anforderungen an die Kundenbetreuung für alle Akteure. Angebote aus einer Hand, die dem Kunden die vielfältigen Aufgaben abnehmen oder die Marktentscheide leichter machen und damit die Komplexität verringern, entsprechen einem Bedürfnis. Die meisten Kunden können nur noch mit Angeboten erreicht werden, die bequem über digitale Medien abgewickelt werden können.

Geeignete Kommunikationskanäle sowie unterschiedliche Vertriebs- und Akquisekonzepte sind die Voraussetzung, um den Anforderungen gerecht zu werden und auf dem Markt zu bestehen. Das Dienstleistungsgeschäft ist hart umkämpft. Technologische Vorteile und Innovationen spielen im kostenintensiven Wettbewerb eine wichtige Rolle. Längerfristige Bewirtschaftungs- oder Unterhaltsverträge oder innovative Contracting-Modelle schaffen planbare Einkünfte (zu Contracting vgl. 3.6.4). Energiedienstleister, die Miteigentümer an Assets wie Photovoltaikanlagen oder Batterien bei den Kunden sind, sichern sich zukünftigen Kundenzugang und haben gute Aussichten auf weitere Aufträge wie Wartungs- und Betriebsarbeiten. Daneben bietet sich für Energiedienstleister die Erschließung benachbarter Geschäftsfelder wie des Managements von Liegenschaften (Smart Home) und/oder der Elektromobilität an.

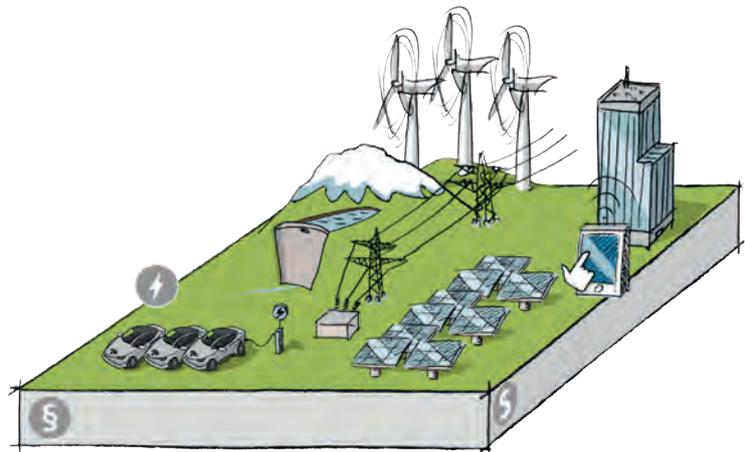
**ICT-DURCHDRINGUNG** Sämtliche Lebensbereiche sind von ICT durchdrungen.

**INNOVATION** Technologischer Fortschritt macht erneuerbare Energien und Speicher wirtschaftlich.

**WIRTSCHAFTLICHKEIT** Energieproduktion dort, wo sie am effektivsten ist.

**FLEXIBILITÄT** ICT ermöglicht flexible, dezentrale Versorgung und Verbrauchssteuerung.

**VERNETZUNG** Schweiz bleibt mit Europa stark vernetzt und erhebt Abgaben auf CO<sub>2</sub>.



### 3.8 Das Wesentliche aus Kapitel 3

---

Die behandelten Energiewelten sind sehr unterschiedlich in den Ausprägungen – und entsprechend unterschiedlich sind die Markt- und Geschäftsmodelle. Das internationale CO<sub>2</sub>-Regime, der Grad des Stromaustausches mit den Ländern der EU und der Grad der dezentralen Produktion bestimmen den Charakter der Energiewelten grundlegend.

In der **Trust World** und in der **Local World** sind die Strommärkte klein und illiquid, da sie auf die Schweiz beschränkt sind. Es braucht Staatseingriffe, damit beim Strom Produktionseinheiten erstellt und betrieben werden. **Trade World** und **Smart World** wiederum zeigen, dass ein grösserer gemeinsamer Markt mit den umliegenden Ländern die Voraussetzungen für ausreichende Liquidität und Anreize für Investitionen schaffen kann. Ob sich in funktionierenden Energiemärkten ohne staatliche Eingriffe die zentrale oder die dezentrale Stromproduktion aus erneuerbaren Quellen durchsetzt, hängt vor allem vom herrschenden CO<sub>2</sub>-Regime und von den technologischen Fortschritten bei der Produktion und Speicherung von Strom und Gas aus erneuerbaren Energiequellen ab. In einer reinen Marktwirtschaft ohne CO<sub>2</sub>-Preise und bei tiefen Preisen für die fossilen Energien kommen die Schweizer Wasserkraftwerke unter Druck, was vor allem die **Trade World** eindrücklich aufzeigt.

Je höher die Stromimporte aus der EU sind, desto grösser wird die Notwendigkeit, die Marktregeln langfristig mit der EU zu harmonisieren (**Smart World**, **Trade World**). Das Thema Eigenversorgung der Schweiz beim Strom gewinnt markant an Bedeutung, falls kein ausreichend grosser und funktionierender gemeinsamer Strommarkt geschaffen werden kann, der vor allem im Winterhalbjahr uneingeschränkte Importe ermöglicht. Je höher der Anspruch der Schweiz an eine Eigenversorgung mit Strom, desto höher die Dringlichkeit, das hierfür geeignete Marktmodell selber zu gestalten (**Local World**, **Trust World**).

Ein markant verringerter oder gar wegfallender Stromaustausch mit den Nachbarländern verkleinert allerdings den Markt und reduziert die Liquidität, was tendenziell die Stromversorgung verteuert. Der Anspruch, eine möglichst hohe Eigenversorgung bei möglichst dezentralen Strukturen zu erzielen, kann zusätzliche Massnahmen erfordern, die schwierig mit einem Markt zu vereinbaren sind (**Local World**). Greift der Staat mit energiepolitischen Vorgaben rigoros in die Energiewirtschaft ein, können zentral gesteuerte und regulierte Strukturen (insbesondere auf Verteilnetzebene) für ein Marktmodell effizienter sein, als der aufwendige Versuch, kleinräumige und letztlich illiquide Märkte zu schaffen.

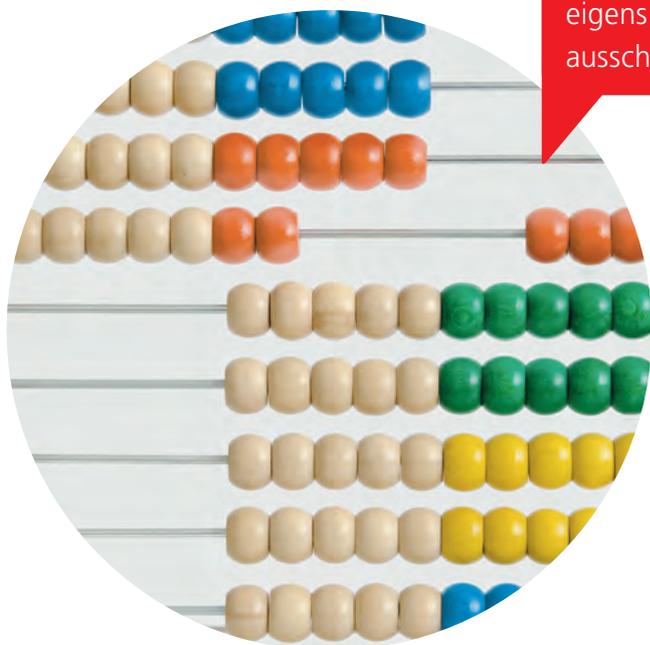
Die Netze (Strom, Gas und Wärme) sind eine wertvolle Infrastruktur in allen Energiewelten. Dank Netzkonvergenz schafft Gas vor allem in jenen Energiewelten weitere Diversifikations- und Flexibilisierungsmöglichkeiten, die eine hohe Eigenversorgung beim Strom anstreben. Abhängig vom Grad der dezentralen Energieversorgung werden entweder Transportnetze oder Netze zur Verteilung zunehmend wichtig. Entsprechend muss der Netzführung und der Netzfinanzierung in jeder Energiewelt hohe Beachtung geschenkt werden. Diese Aspekte müssen jeweils auf die spezifischen Bedürfnisse ausgerichtet werden.

Die vier vorgestellten Energiewelten entsprechen in unterschiedlichem Mass der Vision des VSE für die Energiewirtschaft (vgl. Kapitel 2). Die Vision beinhaltet eine Energiewirtschaft, die mit der EU vernetzt und im Austausch ist, in der mit neuen Technologien die Gesamtenergieeffizienz gesteigert wird und die CO<sub>2</sub>-Emissionen längerfristig gesenkt werden. Dabei wird für die Schweizer Bevölkerung und die Wirtschaft ausreichend Energie zu erschwinglichen Bedingungen zur Verfügung gestellt. In diesen Punkten entspricht von den vier Energiewelten am ehesten die **Smart World** der Vision des VSE der Energiewelt der Zukunft.



# 4. Energiewelten in Grössenordnungen

Ziel dieses Kapitels ist es, die Energiewelten quantitativ zu plausibilisieren. Dabei handelt es sich um eine rechnerische Annäherung – und nicht um eigens modellierte Welten. Die Quantifizierung soll ausschliesslich Grössenordnungen aufzeigen.



## 4.1 Datengrundlagen

Die quantitative Plausibilisierung der Energiewelten basiert auf den Zukunftsszenarien bestehender Studien: «Wege in die neue Stromzukunft» (VSE, 2012), der vom VSE herausgegebenen Consentec-Studie «Auswirkungen dezentraler Einspeisung auf die Verteilnetze in der Schweiz» (Consentec, 2012) und «Strategisches Netz 2025» (Swissgrid, 2015).

Den Energiewelten (sie beschreiben das Jahr 2035) wurden aus diesen Studien die passenden Zukunftsszenarien fürs Jahr 2035 zugeordnet. Ausnahme bilden Themenbereiche innerhalb der Energiewelten, die eine sehr hohe Entwicklungsgeschwindigkeit aufweisen, beispielsweise der starke Preiserfall in der **Smart World** oder die massive Förderung der dezentralen Versorgung und die starke Reduktion der Nachfrage in der **Local World**. Diesen Themenbereichen wurden aus den erwähnten Studien die passenden Zu-

kunftsszenarien fürs Jahr 2050 zugewiesen. Auf weitere spezifische Anpassungen der Zahlen je nach Energiewelt wurde verzichtet. Auch muss darauf hingewiesen werden, dass keine der verfügbaren Studien den Fall einer autarken Schweiz behandelt. Somit sind die quantitativen Annahmen zu den Welten mit einem sehr hohen Autarkiegrad (**Trust World** und **Local World**) – insbesondere hinsichtlich Ausbau der (Verteil-)Netze – nur sehr grob. Im Kapitel 10 wird detailliert beschrieben, welche Szenarien der Studien den verschiedenen Themenbereichen der Energiewelten zugewiesen wurden.

Die Energiewelten werden nachfolgend untereinander sowie mit dem Status quo verglichen. Die Zahlen zum Status quo basieren auf der Schweizerischen Elektrizitätsstatistik 2015 (BFE, 2016 sowie der Statistik erneuerbarer Energie, BFE, 2014).

## 4.2 Vergleich der Welten nach den fünf Dimensionen

### Nachfrage/Flexibilisierung

Die Nachfrage nach Strom steigt in allen Welten an, mit Ausnahme der **Local World** (Abbildung 20, Tabelle 6). In der **Local World** wird der Stromverbrauch mit einschneidenden Vorschriften eingedämmt. Letztere sind nötig, um den gesamten Stromverbrauch trotz Substitution fossiler Energien um gut 2 TWh pro Jahr (3%) zu reduzieren. Ohne massive Vorschriften kann der tiefe Stromverbrauch der **Local World** nicht schon 2035 erreicht werden. In den restlichen Energiewelten hingegen steigt der Verbrauch deutlich auf rund 68–71 TWh (Abbildung 20, Tabelle 6). Dies geschieht infolge der starken Zunahme von elektrischen Anwendungen – unter anderem durch die Substitution fossiler Energien – und deren verstärkter Nutzung. Eine weitere Ursache für den steigenden Verbrauch ist das Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum.

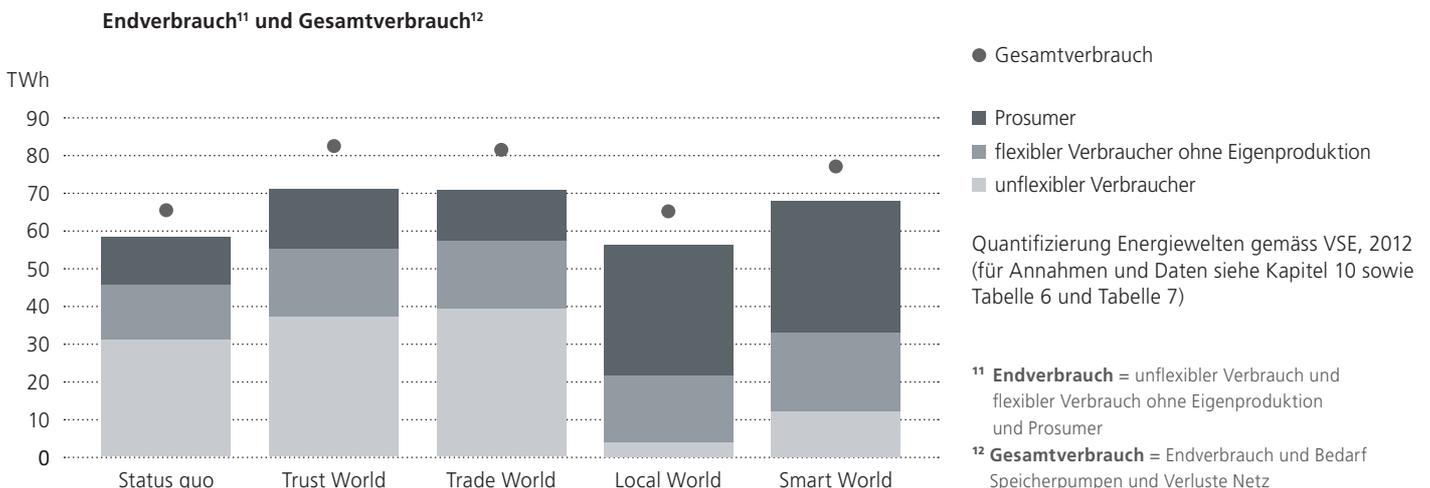
Die Endverbraucher lassen sich in drei Gruppen unterteilen: die unflexiblen Verbraucher (klassische Verbraucher), die flexiblen Verbraucher ohne Eigenproduktion und die Prosumer (flexible Verbraucher mit Eigenproduktion).

Die Prosumer versorgen sich weitgehend selber. Vor allem in den Wintermonaten beziehen sie jedoch teilweise immer noch einen gewissen Anteil des Stroms aus dem Netz. Die Prosumer produzieren bereits im Status quo ca. 6 TWh Strom selber. Dabei handelt es sich vor allem um diverse Industriebetriebe. Im weitesten Sinne sind auch die SBB ein Selbstproduzent (BFE, 2016). Sie versorgen sich zu 75% selbst mit Strom. Sie tun dies mit eigener Frequenz (16,7 Hertz) und verteilen respektive brauchen ihren Strom im schweizweiten Niederspannungsnetz. Der Bahnstrom ist in den 6 TWh mit eingerechnet. Neben dem Strom, den die Selbstproduzenten herstellen, beziehen sie insgesamt noch eine ähnlich hohe Menge aus dem Netz (Schätzung), sodass der totale Verbrauch der Prosumer 2015 ca. 12 TWh betrug (Tabelle 6).

Der Anteil der Prosumer nimmt in der **Local World** und in der **Smart World** stark zu. Zudem findet eine anteilmässige Verschiebung der Selbstproduzenten von Industrie- und Bahnbetrieben hin zu Haushalten und Gewerbe statt. Der totale Verbrauch der Prosumer macht in der **Local World** und in der **Smart World** mehr als 50% des Verbrauchs aus (vgl. Abbildung 20, Tabelle 6). Davon produzieren sie über das ganze Jahr betrachtet ca. 70% selber; ca. 30% ihres Verbrauches beziehen sie aus dem Netz (Schätzung). In der **Trust World** und der **Trade World** hingegen stagniert die Selbstproduktion. Nichtsdestotrotz ist sie höher als im Status quo, da der Anteil der Prosumer im Vorfeld der beiden Welten leicht gestiegen ist (vgl. Vorgeschichte der jeweiligen Welten im Kapitel 3).

Auch der Anteil der flexiblen Verbraucher ohne Eigenproduktion nimmt in der **Local World** und in der **Smart World** zu, da in diesen Welten die Flexibilität der Nachfrage einen wichtigen Beitrag zur Versorgung leistet. In der **Trust World** und in der **Trade World** bleibt der Anteil der flexiblen Verbraucher ohne Eigenproduktion jedoch gleich wie im Status quo. Absolut betrachtet steigt er aufgrund des Nachfrageanstiegs indes leicht. Die flexiblen Verbraucher tragen in der **Trust World** und in der **Trade World** wenig zur Flexibilität bei. In der **Trust World** wird die Flexibilität über die steuerbare Produktion zur Verfügung gestellt – und in der **Trade World** über die Import- und Exportmöglichkeiten.

Abbildung 20



**Tabelle 6**

**Endverbrauch**

	Status quo		Trust World		Trade World		Local World		Smart World	
	in TWh	Anteil Endverbrauch								
unflexibler Verbraucher <sup>13</sup>	31,2	53,6 %	37,3	52,7 %	39,5	55,8 %	4,2	7,4 %	12,2	18,0 %
flexibler Verbraucher ohne Eigenproduktion <sup>14</sup>	14,6	25,1 %	17,9	25,2 %	17,9	25,2 %	17,4	31,0 %	21,0	31,0 %
Prosumer <sup>15</sup>	12,4	21,3 %	15,7	22,1 %	13,5	19,0 %	34,6	61,6 %	34,6	51,1 %
Eigenproduktion	6,2	10,7 %	11,0	15,5 %	9,4	13,3 %	24,2	43,1 %	24,2	35,7 %
Bezug Netz	6,2	10,7 %	4,7	6,6 %	4,0	5,7 %	10,4	18,5 %	10,4	15,3 %
<b>Endverbrauch</b>	<b>58,2</b>		<b>70,9</b>		<b>70,9</b>		<b>56,1</b>		<b>67,7</b>	

(VSE, 2012; BFE, 2016)

**<sup>13</sup> Unflexibler Verbraucher:**

Der unflexible Verbraucher ist berechnet als Differenz zwischen dem Endverbrauch und dem Verbrauch von Prosumer und flexiblem Verbraucher ohne Eigenproduktion.

**<sup>14</sup> Flexibler Verbraucher ohne Eigenproduktion:**

- Status quo: Der flexible Anteil am Verbrauch wurde für die Gruppen Verbraucher (>100 MWh und <100 MWh) aus Klobasa (2007) sowie Ernst Basler und Partner (2012) abgeleitet.
- Energiewelten: In der Trust und der Trade World ändert das Flexibilisierungspotenzial nicht. In der Local und der Smart World nimmt das Flexibilisierungspotenzial der Verbraucher <100 MWh zu. Das Flexibilisierungspotenzial der Verbraucher >100 MWh wurde bereits im Status Quo ausgeschöpft (abgeleitet aus Klobasa (2007) S.105, Szenario «hohe Flexibilität»). Dabei wurde weiter angenommen, dass die Anteile der Verbraucher >100MWh und <100MWh an der Gesamtnachfrage gegenüber dem Status Quo nicht ändern.

**<sup>15</sup> Prosumer:**

- In der Tabelle ist sowohl der Verbrauch der Eigenproduktion als auch der Netzbezug der Prosumer dargestellt.
- Status quo: Annahme, dass Prosumer zwischen 40 und 60 % ihres Bedarfs selber decken und den Rest aus dem Netz beziehen (BFE, 2016).
- Energiewelten: Annahme, dass die Prosumer ihren Bedarf zu 70 % selber decken und 30 % ihres Verbrauchs aus dem Netz beziehen.

**Märkte/EU-CH**

In der **Smart World** und in der **Trade World** ist die Schweiz stark mit den Nachbarländern vernetzt. Die Importkapazitäten werden in diesen Welten um 4–5 GW auf knapp 12 GW ausgebaut, um insbesondere im Winter vermehrt Strom importieren zu können (vgl. Abbildung 21, Kapitel 10). Für **Smart World** und **Trade World** wurde ein ähnlich hoher Ausbau der Importkapazitäten angenommen. Der Ausbau des grenzüber-

schreitenden Übertragungsnetzes kann in diesen Welten aus geografischen und rechtlichen Gründen wirtschaftlicher sein als Investitionen in neue Kapazitäten in der Schweiz. In der **Trust World** und in der **Local World** versorgt sich die Schweiz massgeblich selbst mit Strom. In anderen Märkten, wie im Gasmarkt, ist der Austausch mit den Nachbarländern weiterhin gegeben.

**Abbildung 21**

**Winter-Importkapazität**

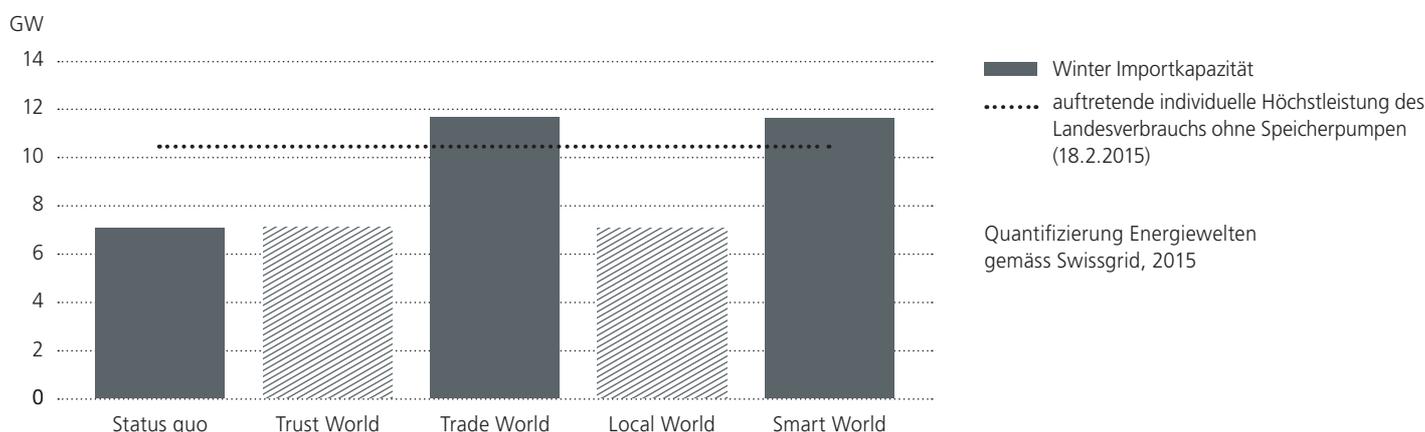
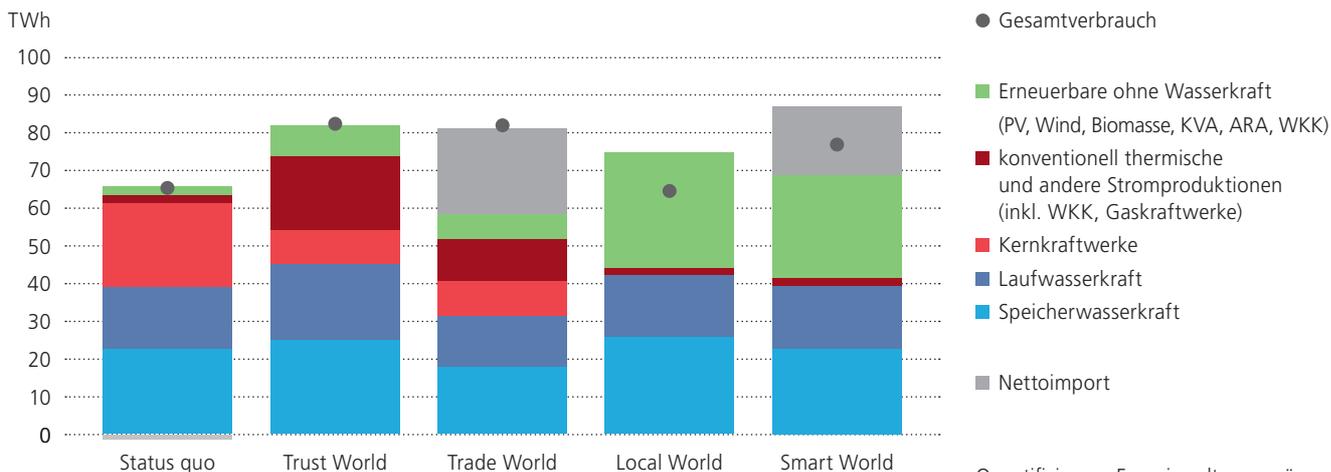


Abbildung 22

Produktionsmix<sup>16</sup>



<sup>16</sup> Die Erzeugung übersteigt den Gesamtverbrauch in der Local World und in der Smart World deutlich. Dieser Überschuss entsteht, weil es bei der Speicherung und Umwandlung von Strom zu Verlusten kommt.

Quantifizierung Energiewelten gemäss VSE, 2012; BFE, 2016; BFE, 2014 (für Annahmen und Daten siehe Kapitel 10, sowie Tabelle 7)

Zentrale/Dezentrale Versorgung

Die Abbildung 22 zeigt die jährliche Landeserzeugung (inkl. Selbstproduktion) und den Import in den verschiedenen Energiewelten sowie während des Status quo. Auch der Gesamtverbrauch (= Endverbrauch + Verbrauch von Speicherpumpen + Netzverluste) ist in der Abbildung dargestellt (für Grundlagen und Zahlen vgl. Kapitel 10 und Tabelle 7). Die Erzeugung übersteigt den Gesamtverbrauch in der Local World und in der Smart World deutlich. Dieser Überschuss entsteht, weil es bei der saisonalen Speicherung und Umwandlung von Strom Verluste von gut 65% gibt. Vor allem der Wirkungsgrad der Power-to-Gas-to-Power-Technologie wird im Jahr 2035 auch bei guten Fortschritten voraussichtlich erst bei knapp 25% liegen.

In allen vier Welten bleibt die Wasserkraft die wichtigste Technologie. In der Trust World wird sie sogar noch weiter ausgebaut, da diese mehrheitlich zentral organisierte Welt allein auf die inländische Produktion setzt. Basierend auf einem starken und schnellen Ausbau wird die Produktion aus Speicher- und Laufwasserkraft in der Trust World bis 2035 um ca. 6 TWh gesteigert (Abbildung 22, Tabelle 7). In dieser Zahl sind Kleinwasserkraftwerke mit 2 TWh mitberücksichtigt. Auch in der Local World muss die Wasserkraft (nur Speicher) trotz Zunahme dezentraler Versorgung ausgebaut werden. Dies ist notwendig, um die Nachfrage auch im Winter ausreichend decken zu können. In der Trade World ist der Anteil Wasserkraft an der Landeserzeugung mit ca. 54% am geringsten, da aufgrund der tiefen Strompreise in dieser Energiewelt einige Wasserkraftwerke zu hohe Gestehungskosten aufweisen und nicht kostendeckend betrieben werden können (Abbildung 22, Tabelle 7).

Weitere erneuerbare Energien wie PV, Wind, Biomasse und WKK aus erneuerbarem Gas erreichen in der Local World (ca. 41%) und der Smart World (ca. 35%) einen sehr hohen Anteil an der Landeserzeugung (Abbildung 22, Tabelle 7), da sie entweder massiv gefördert werden (Local World) oder sich infolge des starken Preiszerfalls durchsetzen (Smart World). In der Trust World und in der Trade World hingegen erreichen sie nur ca. 10–11%.

In der Local World und in der Smart World wird von einer Produktion durch PV-Anlagen von knapp 15 TWh (21% der Landeserzeugung) ausgegangen, was einem Zubau von 14 TWh seit 2015 entspricht (Abbildung 22, Tabelle 7). Um 15 TWh Strom mit Photovoltaikanlagen erzeugen zu können, müssen ca. 80% der dafür geeigneten Fläche genutzt werden. Das Potenzial geeigneter Gebäudeflächen in der Schweiz wird gemäss Internationaler Energieagentur (IEA) auf rund 18 TWh geschätzt, davon 15 TWh auf Dachflächen und 3 TWh auf Fassadenflächen (VSE, Photovoltaik und solarthermische Stromerzeugung, 2015).

In der Local World stammen ca. 4 TWh Strom aus Windkraftanlagen, während in der Smart World die Produktion aus Windkraftanlagen vor allem aus den Nachbarländern mit mehr Potenzial importiert wird (Abbildung 22, Tabelle 7). In der Smart World wird nur ca. 1 TWh aus Wind in der Schweiz selber produziert. Biomasse trägt mit ca. 4 TWh in beiden Welten zur Produktion aus erneuerbaren Energien bei (Abbildung 22, Tabelle 7).

Tabelle 7

## Produktionsmix in Zahlen

	Status quo		Trust World		Trade World		Local World		Smart World	
	in TWh	Anteil inländischer Produktion								
<b>Speicherwasserkraft</b>	<b>22,9</b>	<b>35 %</b>	<b>25,9</b>	<b>32%</b>	<b>18,3</b>	<b>31%</b>	<b>25,9</b>	<b>35 %</b>	<b>22,9</b>	<b>33 %</b>
<b>Laufwasserkraft</b>	<b>16,6</b>	<b>25 %</b>	<b>19,6</b>	<b>24%</b>	<b>13,3</b>	<b>23%</b>	<b>16,6</b>	<b>22 %</b>	<b>16,6</b>	<b>24 %</b>
<b>Kernkraftwerke</b>	<b>22,1</b>	<b>33 %</b>	<b>9,0</b>	<b>11%</b>	<b>9,0</b>	<b>15%</b>	<b>0,0</b>	<b>0 %</b>	<b>0,0</b>	<b>0 %</b>
<b>Konventionell thermische und andere Stromproduktion (inkl. WKK, Gaskraftwerke)</b>	<b>1,9</b>	<b>3 %</b>	<b>19,5</b>	<b>24%</b>	<b>11,5</b>	<b>20%</b>	<b>1,9</b>	<b>3 %</b>	<b>1,9</b>	<b>3 %</b>
<b>Erneuerbare ohne Wasserkraft (PV, Wind, Biomasse, KVA, ARA, WKK)</b>	<b>2,5</b>	<b>4 %</b>	<b>8,0</b>	<b>10%</b>	<b>6,4</b>	<b>11 %</b>	<b>30,5</b>	<b>41 %</b>	<b>27,6</b>	<b>40 %</b>
PV	0,8	1 %	1,6	2 %	1,6	3 %	14,8	20 %	14,8	22 %
Wind	0,1	0 %	0,8	1 %	0,8	1 %	4,1	5 %	1,2	2 %
erneuerbarer Anteil										
KVA	1,1	2 %	1,1	1 %	1,1	2 %	1,1	1 %	1,1	2 %
ARA	0,1	0 %	0,1	0 %	0,1	0 %	0,1	0 %	0,1	0 %
Biomasse	0,3	0 %	4,3	5 %	2,7	5 %	4,3	6 %	4,3	6 %
erneuerbarer Anteil										
WKK	0,0	0 %	0,0	0 %	0,0	0 %	6,0	8 %	6,0	9 %
<b>Landeserzeugung</b>	<b>66,0</b>	<b>100 %</b>	<b>82,0</b>	<b>100 %</b>	<b>58,5</b>	<b>100 %</b>	<b>74,9</b>	<b>100 %</b>	<b>69,0</b>	<b>100 %</b>
Nettoimport	-1,0		0,0		22,7		0,0		18,0	
Erzeugung inkl. Nettoimport	64,9		82,0		81,2		74,9		87,0	
Umwandlungsverlust (Kurz- und Langfrist-speicherung)	0,0		0,0		0,0		~ 10,2		~ 10,0	
<b>Gesamtverbrauch</b>	<b>64,9</b>		<b>82,0</b>		<b>81,2</b>		<b>64,7</b>		<b>77,0</b>	
Netzverlust	4,4		5,3		5,3		4,4		5,1	
Verbrauch der Speicherpumpen	2,3		5,8		5,0		4,2		4,2	

(VSE, 2012; BFE, 2016; BFE, 2014)

In den verschiedenen Energiewelten werden Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen (WKK) mit Biomasse und zu einem geringen Anteil konventionell thermisch betrieben. In der Local World und in der Smart World werden WKK-Anlagen zusätzlich mit erneuerbarem Gas betrieben (erneuerbarer Anteil WKK). Das erneuerbare Gas wird mittels Power-to-Gas-Verfahren aus erneuerbarem Strom gewonnen.

Die konventionell thermische Stromproduktion kommt vor allem in der Trust World zum Einsatz. Dort werden Gaskraftwerke benötigt, um den schrittweisen Wegfall der Kernkraft-

werke zu kompensieren sowie die Importe zu ersetzen. Zudem tragen Gaskraftwerke wesentlich zur notwendigen Flexibilisierung des Angebotes dieser – in sich geschlossenen – Welt bei. In der Trust World kommen ca. acht Gaskraftwerksblöcke mit je einer Leistung von ca. 400 MW zum Einsatz. Sie tragen so mit knapp 18 TWh wesentlich zum Total der konventionell thermischen Stromproduktion von knapp 20 TWh pro Jahr bei (Abbildung 22, Tabelle 7). Die acht Blöcke werden benötigt, um ohne Importmöglichkeiten die Nachfrage zu decken. In der Trade World braucht es voraussichtlich vier Kraftwerksblöcke respektive knapp 10 TWh

pro Jahr, welche die konventionell thermische Produktion auf gut 11 TWh erhöhen. Die Gaskraftwerke können aufgrund tiefer Gas- und CO<sub>2</sub>-Preise in der günstigen **Trade World** wirtschaftlich betrieben werden.

In der **Trust World** und der **Trade World** ist 2035 noch ein Kernkraftwerk (Leibstadt) in Betrieb. In der **Local World** und der **Smart World** sind 2035 keine Kernkraftwerke mehr im Einsatz.

Die Verteilnetze müssen in allen vier Energiewelten verstärkt werden, wenn auch unterschiedlich stark. In der **Trust World** und in der **Trade World** ist die höhere Last für den vergleichsweise geringen Ausbau verantwortlich. In der **Smart World** und in der **Local World** verlangt die weite räumliche Verteilung der dezentralen Kraftwerke ein hohes Ausbauvolumen. Es müssen maximal ca. 85 000 km an Verteilnetzen verstärkt werden (Abbildung 23). Dieser massive Ausbau ist notwendig, wenn gar keine Speicher zugebaut werden. Denn nicht nur die Verteilung der Kraftwerke, sondern auch die Anzahl und die Grösse der eingesetzten Speicher haben einen erheblichen Einfluss auf den Ausbaubedarf. Da in der **Local World** wie auch in der **Smart World** Speicher weit verbreitet sind, ist der in Abbildung 23 quantifizierte Ausbaubedarf als Maximum zu verstehen. Der Hauptteil des Ausbaus entfällt auf das Mittelspannungsnetz (rund 55 000 km), das heute eine Länge von ca. 70 000 km hat (Consentec, 2012).

### Regulierung/Staatseingriffe

In der **Trade World** wird auf staatliche Eingriffe und Fördermassnahmen verzichtet. Es herrschen die Marktkräfte. Entsprechend hart umkämpft sind die unterschiedlichen Märkte. In allen anderen Welten wird eine konsequente, europaweite CO<sub>2</sub>-Politik umgesetzt. In einer reinen Marktwirtschaft ohne CO<sub>2</sub>-Preise und bei tiefen Preisen für die fossilen Energien kommen die Schweizer Wasserkraftwerke unter Druck, wie die **Trade World** eindrücklich zeigt.

Während sich in der **Smart World** die Staatseingriffe auf die CO<sub>2</sub>-Politik beschränken, gehen die Eingriffe in der **Trust World** und in der **Local World** deutlich weiter. In der **Trust World** und in der **Local World** sind die Strommärkte klein und illiquid. Es braucht Staatseingriffe, damit Produktionseinheiten erstellt und betrieben werden. In der **Local World**, die am stärksten von Staatseingriffen geprägt ist, werden neben Vorgaben zu Technologien auch rigorose Vorschriften zu Energieeffizienz und Energieverbrauch gemacht.

### Digitalisierung

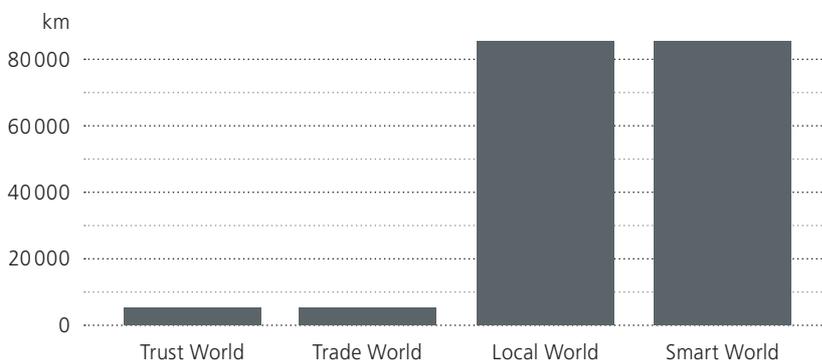
Die Digitalisierung, das Internet der Dinge und smarte, zeitnahe Datenanalysen entwickeln sich losgelöst von der Energiebranche in rasantem Tempo weiter. Sie werden 2035 ein wichtiger und fester Bestandteil in Gesellschaft und Wirtschaft sein.

In der **Smart World** und in der **Local World** ermöglichen Digitalisierung, leistungsstarke, zeitnahe Datenanalysen und modellbasierte Prognosen erst die dezentrale Versorgung. Sie helfen, die Energieflüsse zwischen Produktion, Speicher und Verbraucher zu optimieren, indem sie die Flexibilisierung der Nachfrage und die Netzstabilität deutlich erhöhen sowie die Netzkonvergenz für die Einbindung der Elektromobilität ins Gesamtsystem verbessern. Die ICT-geführten Stromnetze ermöglichen eine zeitnahe Überwachung und Steuerung der Netze sowie eine verstärkte Automatisierung der Prozesse.

Die Digitalisierung hält auch in der **Trade World** Einzug, dort ist sie jedoch nicht Voraussetzung für das Funktionieren der Versorgung. In der **Trust World** hingegen wird die Nutzung von intelligenten Lösungen im Bereich der Energieversorgung, insbesondere bei der Flexibilisierung der Nachfrage, bewusst eingeschränkt. Dies geschieht wegen der besseren Steuerbarkeit der Systeme, der geringen Akzeptanz des Datenaustausches und der Angst vor Cyberkriminalität.

Abbildung 23

### Verteilnetzausbaubedarf (inkl. Verstärkung) ohne Speicher



Quantifizierung Energiewelten gemäss Consentec, 2012 (für Annahmen und Daten siehe Kapitel 10, sowie Tabelle 6 und Tabelle 7)

## 4.3 Das Wesentliche aus Kapitel 4

---

Die vier Energiewelten konnten mit Daten aus bestehenden Studien (wie Zubaupotenzialen, Nachfrageprognosen und Bedarf Netze) plausibilisiert werden. In jenen Energiewelten, die sich durch starke Entwicklungen auszeichneten, wurden die Prognosen (Zukunftsszenarien) für das Jahr 2050 verwendet, um der qualitativen Beschreibung dieser Energiewelten gerecht zu werden.

Die Plausibilisierung zeigt, dass sich keine der Welten ohne einen hohen Anteil an Schweizer Wasserkraft realisieren lässt, trotz teilweise starkem Zubau an neuen Kraftwerkskapazitäten. Die Nachfrage könnte ohne den hohen Anteil an Wasserkraft kaum gedeckt werden, vor allem in den autarken Welten nicht. Die Finanzierung der Wasserkraftwerke ist indes nur unter bestimmten Voraussetzungen gesichert: In der **Trust World**, in der **Local World** und in der **Smart World** werden hohe CO<sub>2</sub>-Preise und damit verbunden hohe Strompreise vorausgesetzt. In der **Trade World** hingegen sind die Wasserkraftwerke unter Preisdruck. Viele können nicht kostendeckend weiterbetrieben werden, ihr Anteil sinkt.

In allen vier Energiewelten stellt die Sommer-Winter-Umlagerung von Strom eine Herausforderung dar. Insbesondere in der **Local World** und in der **Smart World**, die einen sehr hohen Anteil an PV-Anlagen haben, ist die Umlagerung vom Sommer in den Winter Voraussetzung für das Funktionieren dieser Welten. Netzkonvergenz, effiziente saisonale Speicher, ein hoher Anteil an flexibler Produktion oder Nachfrage tragen zur Umlagerung bei. In der **Local World** und in der **Smart World** ermöglicht eine bereits weit entwickelte Netzkonvergenz die Sommer-Winter-Umlagerung. In der **Trust World** sorgt der hohe Anteil flexibel einsetzbarer Kraftwerke (Wasser- und Gaskraftwerke) für den Ausgleich, während in der **Trade World** die Umlagerung über Exporte im Sommer und Importe im Winter erfolgt.

Die dezentrale Verteilung der Produktionsstandorte in der **Smart World** wie auch in der **Local World** verlangt im Vergleich zu den zentral organisierten Welten (**Trust World** und **Trade World**) einen starken Ausbau (inkl. Verstärkung) der Verteilnetze. Mit innovativem Netzausbau und mit dem Einsatz von Speichern kann der Ausbau- und Investitionsbedarf jedoch gesenkt werden.

In der **Trust World** ist ein starker Zubau an Gaskraftwerken notwendig, um die steigende Nachfrage mit inländischer Produktion alleine zu decken. In der **Trade World** und in der **Smart World** ist die Abhängigkeit von den Nachbarländern sehr hoch, da sich ein Zubau an Kapazitäten im Inland nur beschränkt lohnt. Die Importkapazitäten müssen entsprechend ausgebaut werden.

Die Digitalisierung schreitet unabhängig von den anderen Entwicklungen im Energiesektor voran, sie ist jedoch Voraussetzung für das Funktionieren der Welten mit dezentraler Versorgung und einer starken Flexibilisierung der Nachfrage, wie der **Local World** und der **Smart World**.

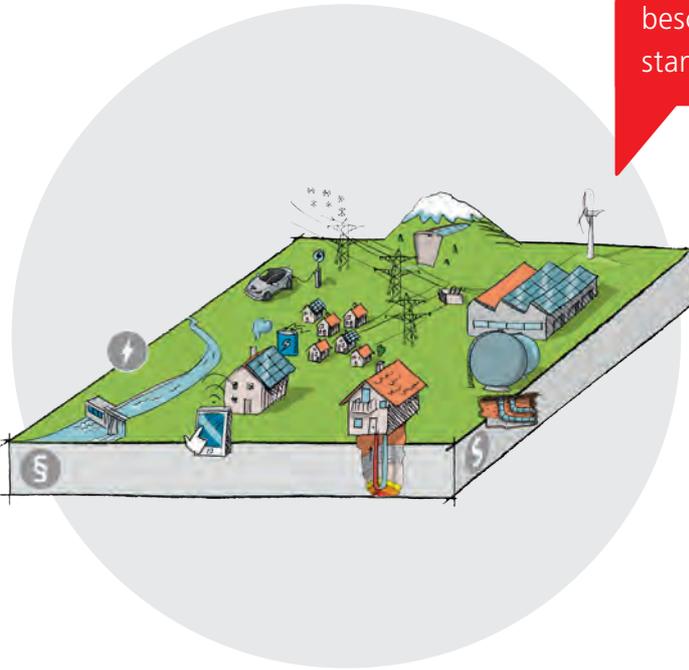
---

Die Plausibilisierung zeigt, dass sich keine der Welten ohne einen hohen Anteil an Schweizer Wasserkraft realisieren lässt, die Sommer-Winter-Umlagerung von Strom in allen Energiewelten eine Herausforderung darstellt und die Digitalisierung unabhängig von den anderen Entwicklungen im Energiesektor voranschreitet.



# 5. VSE Trend 2035

**Trust World, Trade World, Local World** und **Smart World** beschreiben aus heutiger Sicht extreme, aber denkbare Energiewelten. Sie spannen damit einen Entwicklungskorridor auf. **Der VSE rechnet damit, dass die Welt im Jahr 2035 Elemente aus allen vier beschriebenen Welten enthält.** Der «VSE Trend 2035» beschreibt jene Welt, die mit dem heutigen Kenntnisstand am plausibelsten erscheint.



## 5.1 Einleitung

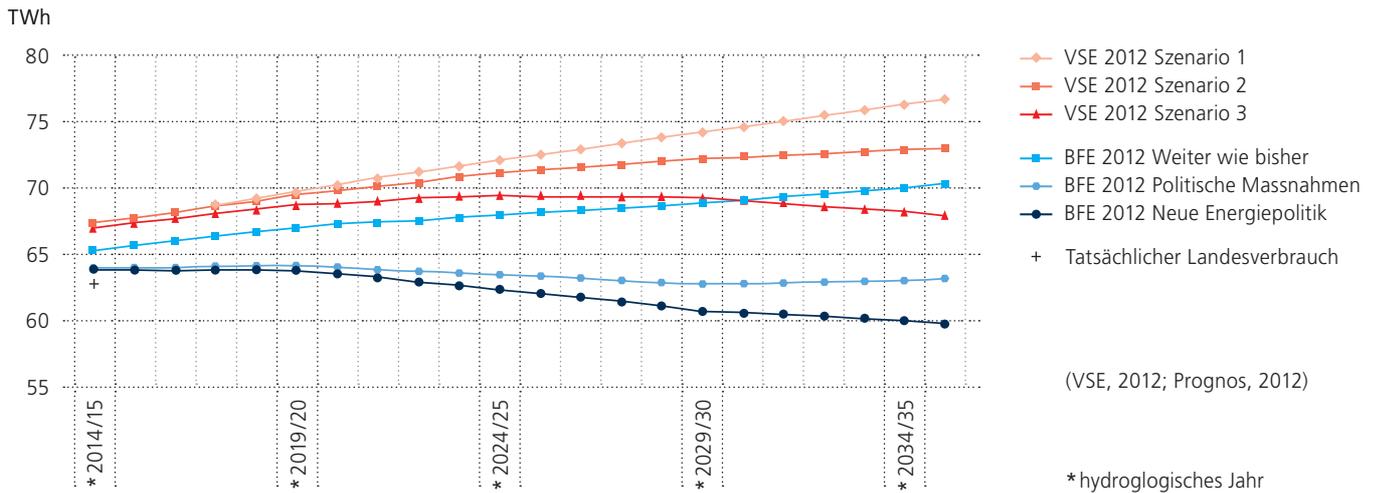
Nicht für alle 14 «Game Changer» (vergl. Kap. 3.1) lassen sich heute ausreichend klare Trends erkennen. Entsprechend wird darauf verzichtet, dieselbe Systematik der Darstellung wie bei der Beschreibung der vorangegangenen Energiewelten anzuwenden, also auf alle 14 Themen einzugehen. Es werden diejenigen Themen beschrieben, für die nach Ansicht der Experten des VSE genug Evidenz für eine ausreichend gute Einschätzung der Tendenz vorliegt. Auf eine

quantitative Einschätzung wird ebenfalls bewusst verzichtet, da diese letztlich einer Prognose gleichkäme, was nicht dem Charakter der Energiewelten entspricht. Auch mögliche Marktmodelle und Geschäftsmodelle zum «VSE Trend 2035» werden in diesem Bericht vorerst nicht vertieft.

Der «VSE Trend 2035» soll jährlich überprüft und den aktuellen Tendenzen angepasst werden.

Abbildung 24

Prognosen Stromverbrauch Schweiz



5.2 Beschreibung des «VSE Trend 2035» (Stand 2016/17)

Die Nachfrage nach Strom steigt

Fürs Jahr 2035 wird im Vergleich zum Jahr 2015 eine höhere Nachfrage nach Strom erwartet. Das Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum sowie die Substitution von fossilen Energieträgern, die Zunahme an elektronischen Geräten und deren vermehrte Nutzung steigern den Stromverbrauch. Die Effekte aus Effizienzgewinnen und zunehmendem Eigenverbrauch werden dadurch mehr als wettgemacht. Vier der sechs Szenarien des VSE und des BFE deuten auf eine höhere Nachfrage hin (Abbildung 24). Die Szenarien des VSE (VSE, 2012) zeigen eine deutlich höhere Nachfrage im Vergleich zu 2015, wäh-

rend die Studie des BFE (Prognos, 2012) in zwei Szenarien eine leicht bis deutlich höhere Nachfrage und in einem Szenario eine tiefere Nachfrage prognostiziert. Die Nachfrageprognose (VSE, Wege in die neue Stromzukunft) für 2015 liegt deutlich über den aktuellen Messwerten (Status quo). Nichtsdestotrotz stützt sich der VSE für den «VSE Trend 2035» (Stand 2016/17) weiterhin auf diese Prognosen, da – vor dem Hintergrund der zunehmenden Substitution fossiler Energien, der Zunahme an elektronischen Anwendungen und des Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstums – ein deutlicher Anstieg der Stromnachfrage nicht auszuschliessen ist.

Abbildung 25

Zusatzstrombedarf durch Zusatzelektrifizierung von Wärme und Verkehr zum Stand 2010

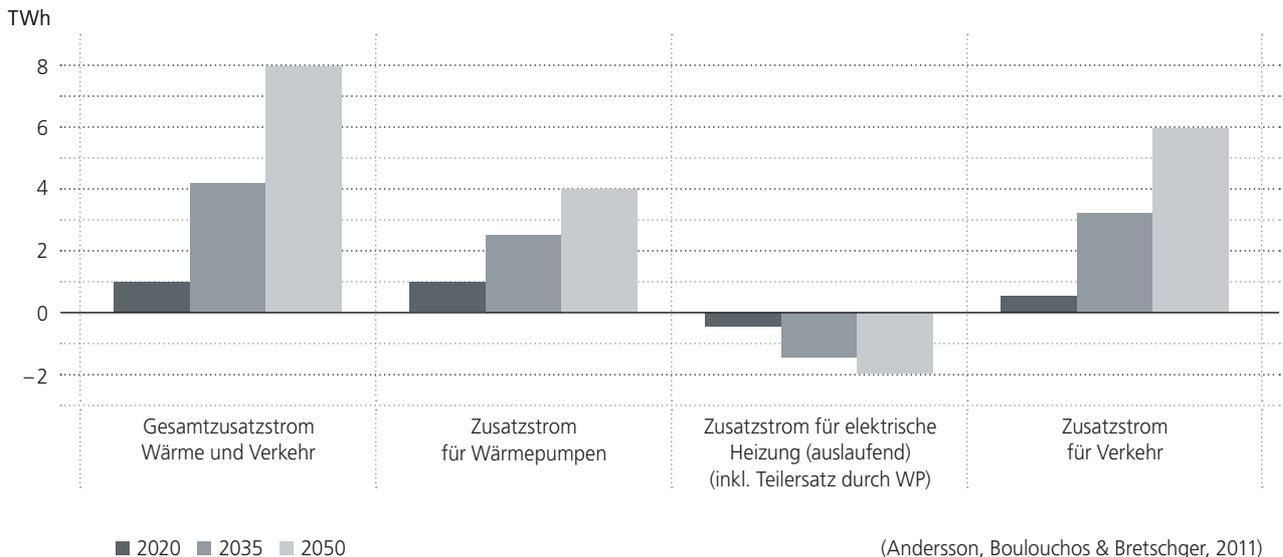
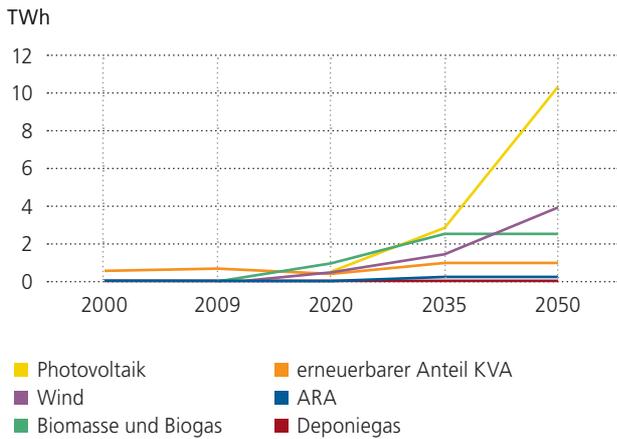


Abbildung 26

Erwartetes Ausbaupotenzial erneuerbarer Energien



(BFE, 2011)

Der zusätzliche Strombedarf durch Substitution von fossilen Brennstoffen (Elektrifizierung) im Bereich Wärme und Verkehr beträgt gemäss ETH (Andersson, Boulouchos & Bretschger, 2011) ca. 4 TWh im Vergleich zu 2010 (Abbildung 25).

Der Eigenverbrauch ist infolge der gestiegenen dezentralen Produktion und der Kostenreduktion von Batterie-, Gas- und Wärmespeicherungen ebenfalls höher. Auch die Flexibilisierung der Nachfrage ist grösser, vor allem aufgrund neuer Dienstleistungen und Geschäftsmodelle.

Produktionsstruktur ist ein Mix aus zentraler und dezentraler Produktion

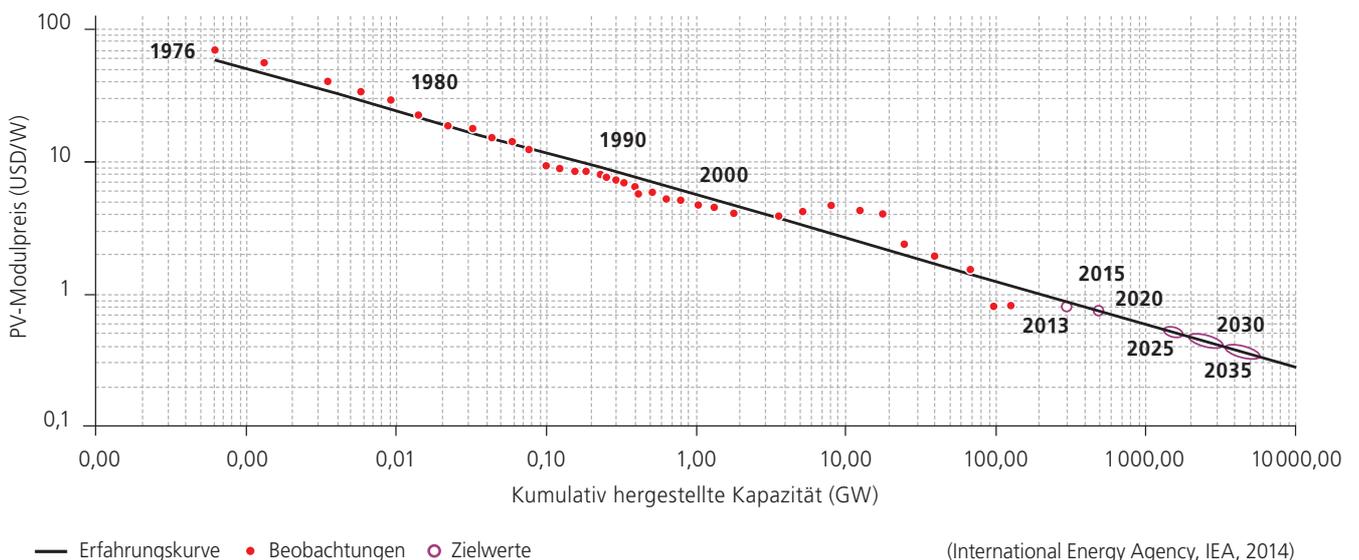
Die Produktionsstruktur 2035 ist ein Mix aus zentraler und dezentraler Produktion, wobei die Wasserkraft ihre tragende Rolle behält. Die Wasserkraft ist aufgrund der Topologie und des vorhandenen Wasserangebotes auch 2035 die prädestinierte Erzeugungstechnologie für die Schweiz. Sie hat hohe Systemrelevanz: Die Speicherkraftwerke sind steuerbar, haben eine grosse Reaktionsfähigkeit und stellen weiterhin grosse Teile der Systemdienstleistungen zur Verfügung. Dank der Speicherbarkeit von Wasser ist die Wasserkraft auch eine Versicherung für den Fall von ungeplanten Ausfällen oder eingeschränkten Importmöglichkeiten. Die Wasserkraft ist zudem die wichtigste Quelle erneuerbarer Energie und trägt wesentlich zur umweltfreundlichen Stromversorgung bei. Zudem ist die Wasserkraft die notwendige Ergänzung zur zunehmenden fluktuierenden Erzeugung aus anderen erneuerbaren Energien. Unklar ist jedoch, wie die Finanzierung der Wasserkraft in Zukunft gesichert werden kann.

Der Anteil an PV-, Windkraft- und Biomasseanlagen liegt 2035 einiges höher als 2015. Das erwartete Ausbaupotenzial der erneuerbaren Energien gemäss BFE (2011) (vgl. Abbildung 26) kann zu einem grossen Teil realisiert werden. Im Gegensatz zur Studie des BFE (2011) sieht der VSE für die Geothermie, mangels Wirtschaftlichkeit und Akzeptanz, im Jahr 2035 kein Potenzial (daher in Abbildung 26 nicht dargestellt).

Im Bereich Photovoltaik wird das prognostizierte Potenzial jedoch aufgrund des Preiszerfalls genutzt. Gemäss International Energy Agency (2014) hat sich der Preis von PV-Modulen zwischen 2015 und 2035 halbiert (vgl. Abbildung 27).

Abbildung 27

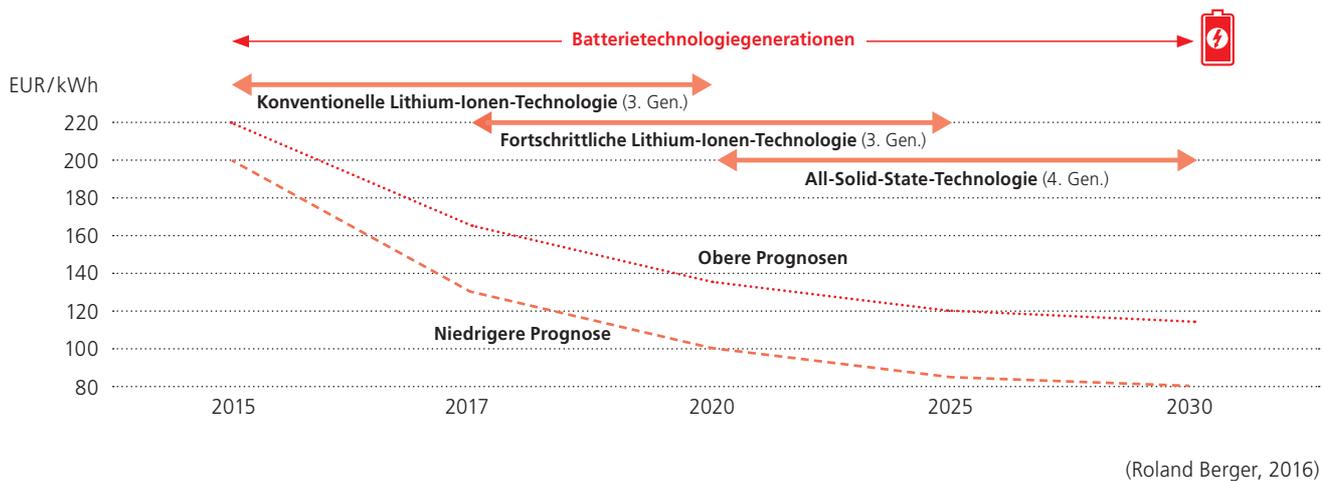
PV-Modulpreise Entwicklungen bis 2035



(International Energy Agency, IEA, 2014)

Abbildung 28

### Kostenentwicklung und Prognosen für Batteriezellen



Aktuell wird nicht davon ausgegangen, dass ein Teil des Wegfalls der Kernenergie bis 2035 mit einem Zubau von Gaskraftwerken ersetzt wird. Ein grosser Teil wird vermutlich mit Importen gedeckt. Trotzdem wird erwartet, dass die Rolle von Gas 2035 grösser ist, vor allem bei der Netzkonzergenz.

Batterie-, Gas- und Wärmespeicher kommen 2035 vermehrt zum Einsatz und tragen zu einer Optimierung der Eigenversorgung bei. Die Durchdringung des Versorgungssystems mit Speichern ist einerseits von der technologischen Entwicklung und andererseits von deren Wirtschaftlichkeit abhängig. Die Kosten für Batteriespeicher sollen sich gemäss Roland Berger (2016) zwischen 2015 und 2030 mehr als halbiert haben (vgl. Abbildung 28).

Auch wenn die Netzkonzergenz zugenommen hat (beispielsweise bei der Umwandlung von überschüssigem Strom in Wasserstoff und dessen Nutzung als Treibstoff), kann sie den Strom nicht im benötigten Mass vom Sommer in den Winter umlagern. Der Importbedarf im Winter ist sehr hoch (vgl. Abbildung 29).

Der Bau von Grosswasserkraftwerken, die Erhöhung der Nachfrage, starke internationale Stromflüsse sowie überschüssige Energie aus dem Verteilnetz erforderten die Optimierung und den punktuellen Ausbau der Verteilnetze für Strom in den Jahren 2015 bis 2035.

#### Die Vernetzung mit der EU ist zentral

Die Vernetzung mit der EU ist 2035 zentral. Die Schweiz ist im Winterhalbjahr noch stärker auf Energieimporte angewiesen, da die Produktion aus Kernkraftwerken in den Jahren 2015 bis 2035 schrittweise gesunken ist und der Anteil von PV-Anlagen am Stromproduktionsmix zugenommen hat. Zudem wird nicht davon ausgegangen, dass Gaskraftwerke als Ersatz für die Kernkraftwerke zugebaut werden.

Folglich sinkt der Eigenversorgungsgrad von ca. 80% im Jahr 2020 auf 50–60% im Jahr 2035 (vgl. Abbildung 29). Im Sommerhalbjahr dagegen exportiert die Schweiz ihre Energieüberschüsse in die Nachbarstaaten.

Die Schweiz hat weiterhin eine wichtige Rolle als Transitland. Zudem trägt sie mit ihrem hohen Anteil an steuerbarer Kraftwerkskapazität entscheidend zur Versorgungssicherheit und Netzstabilisierung im europäischen Strommarkt bei.

#### Die Digitalisierung im Energiesektor nimmt zu

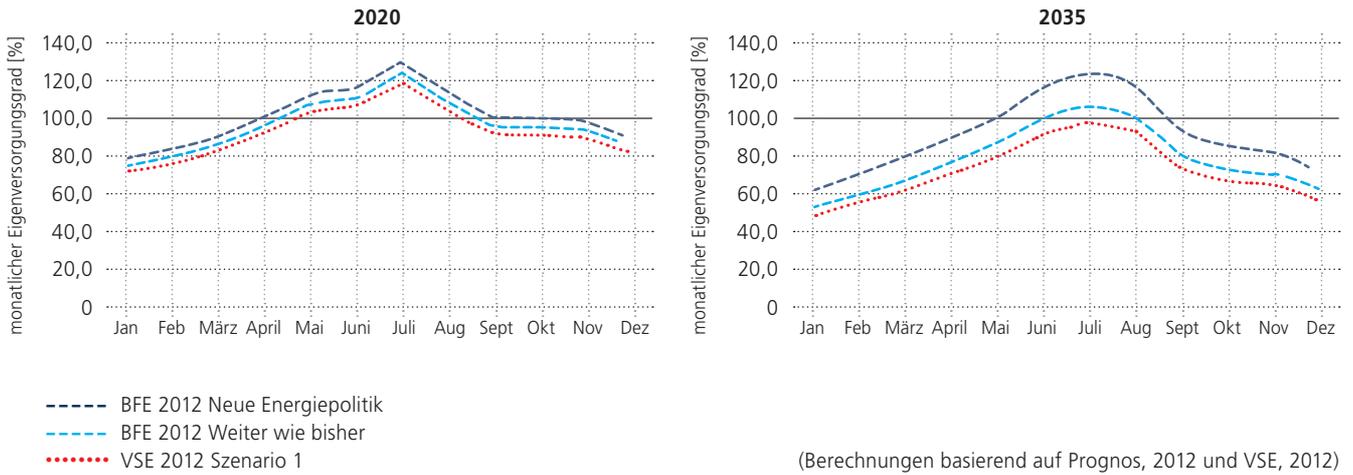
Die Entwicklung im Bereich Digitalisierung erfolgt unabhängig vom Energiesektor. Gemäss digital.swiss (digital.swiss, Energie, 2016) gehen aktuell 85% der Schweizer Unternehmen davon aus, dass die Digitalisierung in der Strombranche bereits 2025 für massive Veränderungen sorgen wird.

Der Energiemarkt ist 2035 stark von der Digitalisierung durchdrungen. Das Internet der Dinge sorgt dafür, dass immer mehr Geräte mit dem Internet verbunden sind und permanent Daten liefern (Abbildung 30). Das Datenwachstum ist enorm. Analyse und Auswertung dieser Daten helfen, Prozesse zu überwachen, zu optimieren und Prognosen zu automatisieren und zu verbessern. Sie helfen unter anderem, die Nachfrage zu flexibilisieren und die Produktion zu optimieren. Die Digitalisierung ermöglicht erst die dezentrale Versorgung.

Die massiven Veränderungen, welche die zunehmende Digitalisierung im Energiesektor mit sich bringt, können zu einer zunehmenden Komplexität führen und beispielsweise die Steuerbarkeit der Stromversorgung erschweren. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass 2035 die Freiheitsgrade der neuen Anwendungen aus Sicherheitsgründen durch den Regulator eingeschränkt sind.

Abbildung 29

Eigenversorgungsgrad 2020 und 2035 für verschiedene Nachfrageszenarien



**Auswirkungen auf Verteilnetzbetreiber**

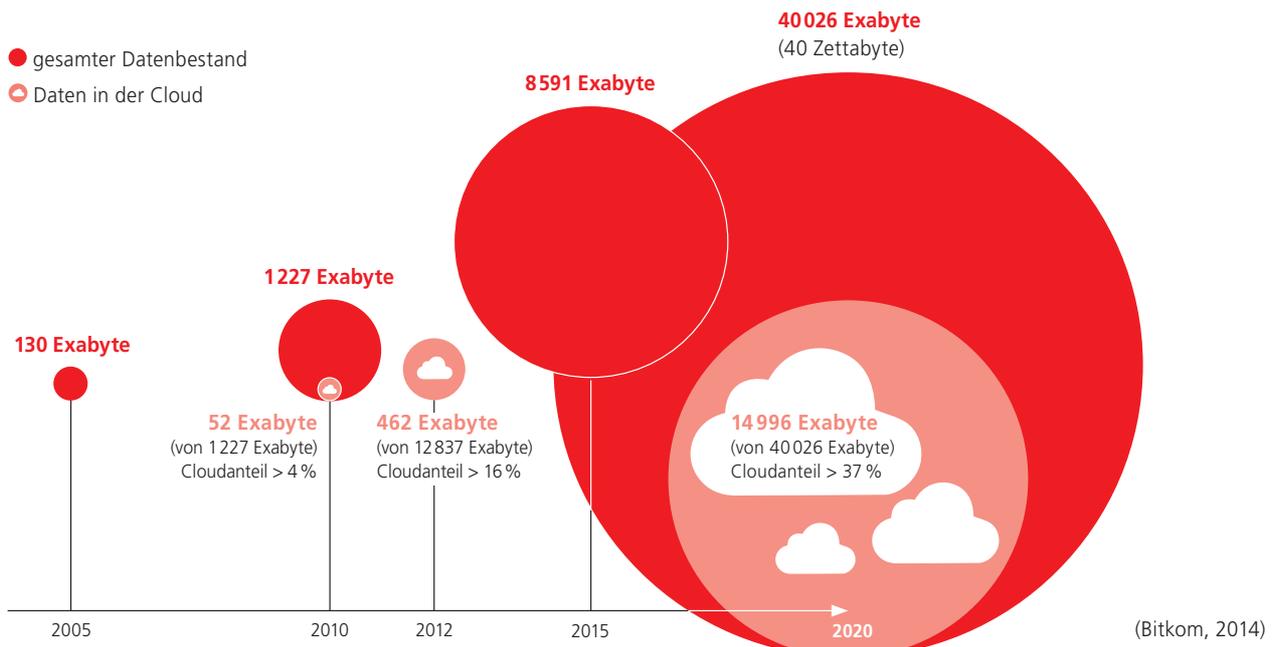
Der Anstieg an lokal erzeugtem Strom und an lokalen Speichern sowie die zunehmend unstete Rückspeisung ins Netz und die Netzkonvergenz führen dazu, dass die Verteilnetze für Strom und Gas eine zunehmende Bedeutung im Energiesystem bekommen. Vermehrt sind Investitionen in intelligente Kommunikations-, Steuerungs- und Überwachungssysteme nötig (wie in Smart Grids, Smart Meter).

**Auswirkungen auf Endverbraucher**

Viele Haushalte und Gewerbe produzieren selbst Strom und verbrauchen diesen auch selbst. Die zunehmende Verbreitung von Speicherlösungen, verbunden mit dynamischen, schwankenden Endverbraucherpreisen, gibt den Endverbrauchern Spielraum für einen kostenoptimierten Bezug von Strom aus dem Netz.

Abbildung 30

Immenses Datenwachstum: In den Jahren 2015 bis 2020 hat sich das Datenvolumen weltweit vervielfacht





## 6. Erkenntnisse und Ausblick



Die Energiewelten werden als Momentaufnahme im Jahr 2035 beschrieben und bezeichnen die Extremwerte eines möglichen Entwicklungskorridors.

# 2035

### 6.1 Erkenntnisse

---

Die Energiewelten sind das Resultat von Entwicklungen, die auch nach 2035 weitergehen werden. Diese Entwicklungen sind in drei von vier Energiewelten nicht linear verlaufen und weisen fundamentale Richtungswechsel auf.

In der **Trust World** führten Netzzusammenbrüche und Blackouts letztlich zu einer planwirtschaftlich organisierten Stromversorgung. In der **Trade World** wurde die massive Unterstützung erneuerbarer Energien wieder rückgängig gemacht und den Märkten freie Hand gelassen. In der **Local World** wurden die Entflechtung zwischen Netz und Energie sowie die Marktöffnung rückgängig gemacht, und der Verteilnetzbetreiber wurde zum Vollversorger. Nur die **Smart**

**World** entwickelte sich ohne Richtungswechsel. Das Primat des Marktes führte hier zusammen mit der Digitalisierung zur mehrheitlich dezentralen Versorgungsstruktur.

In drei von vier Welten musste die Politik ihre ursprünglichen Vorgaben revidieren. Gesellschaft und Politik müssen sich daher im Klaren darüber sein, welche Form der Energieversorgung sie wollen, was realistischere zu erreichen ist und wie diese Energieversorgung erreicht werden kann. Zu ehrgeizige Vorgaben können je nach Rahmenbedingungen nicht eingehalten werden und führen zu scharfen Korrekturen. Diese sind mit hohen volkswirtschaftlichen Kosten verbunden.

Zudem werden die Rahmenbedingungen neben energie-wirtschaftlichen und technologischen Entwicklungen hauptsächlich durch politische Entscheidungen ausserhalb der Schweiz und durch die globalen Energiemärkte bestimmt. Damit sind die Rahmenbedingungen nicht stabil, ihr Verlauf ist schwer abschätzbar. Wegen der grossen Abhängigkeit der Schweiz von Entwicklungen ausserhalb des Gestaltungs-bereichs der Schweizer Politik kann diese lediglich Stossrichtungen für die zukünftige Energieversorgung vorgeben. Der Regulierungsrahmen soll dabei Planungssicherheit bieten und gleichzeitig genügend Raum für Entwicklungen und Richtungswechsel lassen. Allzu rigorose und starre Vorgaben können kontraproduktiv sein.

Die Energiewelten zeigen, dass politisch in erster Linie folgende Fragen beantwortet werden müssen:

- Wie kann das Gleichgewicht zwischen Nachfrage und Angebot im Strombereich aufrechterhalten werden? In der **Trust World** ist es eine staatlich organisierte, zentrale und flexible Produktion, welche die Nachfrage decken soll; in der **Trade World** werden die Importkapazitäten erhöht; in der **Local World** organisiert ein Vollversorger auf Verteilnetzebene die Energieversorgung, und mit einer saisonalen Speicherung wird der Sommerüberschuss mit grossen Umwandlungsverlusten in den Winter verschoben; in der **Smart World** sorgen Digitalisierung und Anreizsystem für ausreichend Flexibilität. Dominierende Technologie ist in allen vier Energiewelten die Wasserkraft.
- Wie lassen sich Stromproduktion und Stromnetz finanzieren? In den Energiewelten mit bestehendem Austausch mit der EU (**Trade World** und **Smart World**), reicht der Energiemarkt, um Investitionen in Produktionskapazitäten in der Schweiz oder vermehrt auch in der EU auszulösen. Allerdings kommen in der **Trade World** die Schweizer Wasserkraftwerke wegen fehlender CO<sub>2</sub>-Abgaben erheblich unter Druck, und die **Smart World** setzt massiv sinkende Kosten von PV, Speichertechnologien und Netzkongruenz sowie hohe CO<sub>2</sub>-Abgaben voraus. In den Welten mit kaum oder wenig Austausch mit der EU (**Trust World** und **Local World**) muss der Staat für finanzielle Anreize für Neu- und Ersatzinvestitionen sorgen.

- Welche Form der Zusammenarbeit – und in welchem Grad – besteht mit der EU? Die Basis für eine künftige Zusammenarbeit wäre ein entsprechendes Energie- oder Stromabkommen. Dieses hängt sowohl von der EU als auch vom Willen der Schweiz ab, ein solches abzuschliessen. Dieser Wille wiederum wird beeinflusst von den Einschätzungen bezüglich der zukünftigen Entwicklungen in der EU. Folglich bestimmt das Vertrauen der Schweiz in die Entwicklungen der EU den möglichen Grad und die Form der Zusammenarbeit. Insbesondere beeinflusst die Form der Zusammenarbeit die Notwendigkeit einer Abstimmung der Marktdesigns.
- Wie gehen wir mit der Digitalisierung um? Unabhängig vom Energiesystem wird die Digitalisierung immer mehr Einzug halten in Gesellschaft und Wirtschaft. Die **Smart World** und die **Local World** machen sich die Digitalisierung zunutze; ohne sie wäre die dezentrale Versorgung gar nicht möglich. Demgegenüber entscheiden sich die Menschen in der **Trust World** gegen eine breite Anwendung der Digitalisierung und die damit verbundenen Möglichkeiten. Politisch müssen die Fragen des Datenschutzes, des Datenaustausches und die Massnahmen gegen Cyberkriminalität geklärt werden.

Der VSE hat mit seiner Vision diese Fragen für sich beantwortet. Für den VSE ist klar, dass die Schweiz über eine hohe Eigenversorgung beim Strom verfügen muss und gleichzeitig zum gegenseitigen Nutzen am europäischen Energiebinnenmarkt teilnimmt. Die Unternehmen der Energiewirtschaft übernehmen auch künftig Verantwortung für die Versorgungssicherheit und dabei insbesondere für Neu- und Ersatzinvestitionen in der Stromproduktion. Die Energiewirtschaft setzt sich dabei für langfristig CO<sub>2</sub>-arme Lösungen ein. Der VSE macht sich für geeignete Rahmenbedingungen und die Sicherstellung der langfristigen Investitionsfähigkeit stark. Neue technologische Entwicklungen, insbesondere im Bereich der Digitalisierung, werden zur Steigerung der Gesamtenergieeffizienz eingesetzt.

## 6.2 Ausblick

---

Der vorliegende Bericht «Energiewelten 2017» bezeichnet nicht etwa den Abschluss der Arbeiten zu den Energiewelten, er hält vielmehr den Start fest. Geplant sind weitere Berichte mit Vertiefungen und Erweiterungen. Insbesondere wird – wie verschiedentlich im Bericht festgehalten – der «VSE Trend 2035» jedes Jahr überprüft und wenn nötig angepasst.

Daneben wird eine Zusammenarbeit mit verschiedenen Fachhochschulen und Hochschulen angestrebt oder eine bereits begonnene Zusammenarbeit vertieft. Beispielsweise liegt schon eine Zusammenarbeit des VSE und der EMPA auf Basis der Energiewelten vor.

Das Projekt «Energiewelten» wurde offen und ausbaufähig in die verschiedensten Richtungen konzipiert. Es wurde so gestaltet, dass verschiedene Partnerschaften möglich sind. «Energiewelten» soll den VSE noch einige Jahre begleiten und dabei stetig ausgebaut werden.

Der vorliegende Bericht bezeichnet den Start – geplant sind weitere Berichte mit Vertiefungen und Erweiterungen. Darin wird auch beobachtet, welche Antworten es auf wesentliche Fragestellungen in den folgenden Bereichen gibt: das Gleichgewicht zwischen Nachfrage und Angebot, die Finanzierung der Stromproduktion und des Stromnetzes, der Grad der Zusammenarbeit mit der EU sowie der Umgang mit der Digitalisierung.



# 7. Abkürzungsverzeichnis

<b>ARA</b>	Abwasserreinigungsanlage
<b>BFE</b>	Bundesamt für Energie
<b>ETH</b>	Eidgenössische Technische Hochschule
<b>EU-ETS</b>	EU Emissions Trading System
<b>EVU</b>	Energieversorgungsunternehmen
<b>GW</b>	Gigawatt
<b>ICT</b>	Information and Communications Technology
<b>IEA</b>	International Energy Agency
<b>IoT</b>	Internet of Things
<b>KVA</b>	Kehrichtverbrennungsanlage
<b>kWh</b>	Kilowattstunde
<b>MW</b>	Megawatt
<b>PJ</b>	Petajoule
<b>PV</b>	Photovoltaik
<b>SDL</b>	Systemdienstleistungen
<b>StromVG</b>	Stromversorgungsgesetz
<b>TWh</b>	Terawattstunde
<b>ÜN</b>	Übertragungsnetz
<b>VN</b>	Verteilnetz
<b>VSE</b>	Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen
<b>W</b>	Watt
<b>WKK</b>	Wärme-Kraft-Kopplung

# 8. Literaturverzeichnis

**Andersson, G., Boulouchos, K., & Bretschger, L. (2011)**

Energiezukunft Schweiz.  
Zürich: *ETH*.

**BFE. (2011)**

Grundlagen für die Energiestrategie des Bundesrates.

**BFE. (2014)**

Statistik erneuerbarer Energie.  
Bern: *Bundesamt für Energie (Hrsg.)*.

**BFE. (2016)**

Schweizerische Elektrizitätsstatistik.  
Bern: *Bundesamt für Energie (Hrsg.)*.

**BFE. (2016)**

Überprüfung der Gestehungskosten und der Vergütungssätze von KEV-Anlagen.  
Bern: *Bundesamt für Energie (Hrsg.)*.

**Bitkom. (2014)**

Vortrag Prof. Dieter Kempf, Datability.

**Consentec. (2012)**

Auswirkungen dezentraler Einspeisung auf die Verteilnetze in der Schweiz.  
Aachen: *VSE (Hrsg.)*.

**digital.swiss, Energie. (10. Dez 2016)**

Von <http://digital.swiss/de/themen/energie> abgerufen

**Ernst Basler + Partner. (2012)**

Flexibilisierung der Stromnachfrage in Haushalten.  
Zollikon: *VSE (Hrsg.)*.

**International Energy Agency (IEA). (2014)**

Technology Roadmap, Solar Photovoltaic Report, 2014 edition.

**International Energy Agency (IEA). (2016)**

Tracking Clean Energy Progress 2016.

**Klobasa, M. (2007)**

Dynamische Simulation eines Lastmanagements und Integration von Windenergie in ein Elektrizitätsnetz auf Landesebene unter regelungstechnischen und Kostengesichtspunkten.  
Zürich: *ETH*.

**Prognos. (2012)**

Die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050, Energienachfrage und Elektrizitätsangebot in der Schweiz 2000–2050, Ergebnisse der Modellrechnungen für das Energiesystem.  
Bern: *BFE (Hrsg.)*.

**Roland Berger. (2016)**

Integrated Fuels and Vehicles Roadmap to 2030+.

**Swissgrid. (2015)**

Strategisches Netz 2025.  
Frick: *Swissgrid*.

**VSE. (1987)**

Siebenter Zehn-Werke-Bericht.  
Aarau: *VSE*.

**VSE. (2006)**

Vorschau auf die Elektrizitätsversorgung der Schweiz.  
Aarau: *VSE*.

**VSE. (2012)**

Wege in die neue Stromzukunft.  
Aarau: *VSE (Hrsg.)*.

**VSE. (2015)**

Photovoltaik und solarthermische Stromerzeugung, Basiswissen-Dokument.  
Aarau: *VSE (Hrsg.)*.

**VSE. (2015)**

Windenergie, Basiswissen-Dokument.  
Aarau: *VSE (Hrsg.)*.

# 9. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

## Abbildungsverzeichnis

---

<b>Abbildung 1</b>	Die fünf Dimensionen der Energiewelten.....	16
<b>Abbildung 2</b>	Die Energiewelten in der Übersicht.....	18
<b>Abbildung 3</b>	Szenarienvergleich Endenergienachfrage nach Energieträgern, in PJ.....	19
<b>Abbildung 4</b>	Endverbrauch und Gesamtverbrauch Trust World vs. Status quo.....	21
<b>Abbildung 5</b>	Produktionsmix Trust World vs. Status quo.....	22
<b>Abbildung 6</b>	Endverbrauch und Gesamtverbrauch Trade World vs. Status quo.....	27
<b>Abbildung 7</b>	Produktionsmix Trade World vs. Status quo.....	28
<b>Abbildung 8</b>	Verteilnetzausbau Trade World.....	28
<b>Abbildung 9</b>	Prozentualer Eigenverbrauch Local World vs. Status quo.....	33
<b>Abbildung 10</b>	Endverbrauch und Gesamtverbrauch Local World vs. Status quo.....	33
<b>Abbildung 11</b>	Produktionsmix Local World vs. Status quo.....	34
<b>Abbildung 12</b>	Verteilnetzausbau Local World.....	35
<b>Abbildung 13</b>	PV-Gestehungskosten CH Smart World.....	40
<b>Abbildung 14</b>	Wind-Gestehungskosten CH Smart World.....	40
<b>Abbildung 15</b>	Batteriekosten Smart World.....	40
<b>Abbildung 16</b>	Produktionsmix Smart World.....	41
<b>Abbildung 17</b>	Endverbrauch und Gesamtverbrauch Smart World vs. Status quo.....	41
<b>Abbildung 18</b>	Verteilnetzausbau Smart World.....	42
<b>Abbildung 19</b>	Prozentualer Eigenverbrauch Smart World vs. Status quo.....	42
<b>Abbildung 20</b>	Endverbrauch und Gesamtverbrauch.....	50
<b>Abbildung 21</b>	Winter-Importkapazität.....	51
<b>Abbildung 22</b>	Produktionsmix.....	52
<b>Abbildung 23</b>	Verteilnetzausbaubedarf (inkl. Verstärkung) ohne Speicher.....	54
<b>Abbildung 24</b>	Prognosen Stromverbrauch Schweiz.....	58
<b>Abbildung 25</b>	Zusatzstrombedarf durch Zusatzelektrifizierung von Wärme und Verkehr zum Stand 2010.....	58
<b>Abbildung 26</b>	Erwartetes Ausbaupotenzial erneuerbarer Energien.....	59
<b>Abbildung 27</b>	PV-Modulpreise Entwicklungen bis 2035.....	59
<b>Abbildung 28</b>	Batteriekostenentwicklung bis 2030.....	60
<b>Abbildung 29</b>	Eigenversorgungsgrad 2020 und 2035 für verschiedene Nachfrageszenarien.....	61
<b>Abbildung 30</b>	In den Jahren 2015 bis 2020 hat sich das Datenvolumen weltweit verfünffacht.....	61

## Tabellenverzeichnis

---

<b>Tabelle 1</b>	Die fünf Dimensionen mit den 14 Themen.....	17
<b>Tabelle 2</b>	Trust World – fünf Dimensionen und ihre Ausprägung.....	23
<b>Tabelle 3</b>	Trade World – fünf Dimensionen und ihre Ausprägung.....	29
<b>Tabelle 4</b>	Local World – fünf Dimensionen und ihre Ausprägung.....	36
<b>Tabelle 5</b>	Smart World – fünf Dimensionen und ihre Ausprägung.....	43
<b>Tabelle 6</b>	Endverbrauch.....	51
<b>Tabelle 7</b>	Produktionsmix in Zahlen.....	53

# 10. Anhang

## Annahmen betreffend Produktionsmix und Nachfrage

### Generell: Die Daten von Status quo und Energiewelten 2035 basieren auf folgenden Studien:

**Status quo:** BFE, Schweizerische Elektrizitätsstatistik, 2016; BFE, erneuerbare Statistik, 2014

**Nachfrage 2035:** VSE, Wege in die neue Stromzukunft, 2012 (VSE Szenarien 1–3, 2035 oder 2050)

**Produktion 2035:** VSE, Wege in die neue Stromzukunft, 2012 (VSE Szenarien 1–3, 2035 oder 2050)

**Kernkraftwerke 2035:** Annahme, Leibstadt 2035 am Netz (Ja, Nein)

**Gaskraftwerke 2035:** VSE, Wege in die neue Stromzukunft, 2012, Berechnung Betriebsstunden aufgrund Nachfrage minus restliche Produktion

**Importe 2035:** Berechnung aufgrund Nachfrage minus Produktion

**Importkapazitäten 2035:** Swissgrid, Strategische Netz 2025, 2015 (S. 62; Anhang 2 Tabelle A9)

**Verteilnetze 2035:** Consentec, Auswirkungen dezentraler Einspeisung auf die Verteilnetze in der Schweiz, 2012, Hrsg. VSE (VSE Szenarien 1–3, 2035 oder 2050)

- **VSE 2012, Szenario 1:** Moderat verstärkte energiepolitische Ziele führen zu einem um 25 % steigenden Stromverbrauch (2011–2050) und einer Stromproduktion aus erneuerbaren Energien von rund 13 TWh im Jahr 2050. Importe und Gaskombikraftwerke ersetzen die wegfallende Kernkraft. Im Jahresdurchschnitt stammen rund 23 % der Versorgung aus dem Ausland.
- **VSE 2012, Szenario 2:** Eine forcierte Energiepolitik mit verstärkten Effizienzmassnahmen führt zu einem geringeren Anstieg des Stromverbrauchs von 15 % zwischen 2011 und 2050. Die erneuerbaren Energien werden um rund 23 TWh bis 2050 ausgebaut, wobei der grösste Ausbauteil erst nach 2035 anfällt. Kernkraft wird ersetzt durch Importe, Gaskombikraftwerke und ab 2035 auch durch erneuerbare Energien. 2050 werden ca. 70 % der Nachfrage mit erneuerbaren Energien gedeckt. Ausbau- und Verstärkungsmassnahmen fallen im Verteilnetz v.a. nach 2035 an.
- **VSE 2012, Szenario 3:** Die Stromversorgung soll 2050 auf Basis der Jahresbilanz zu 100 % mit Erneuerbaren gedeckt werden. Der Stromverbrauch wird um rund 7 % reduziert – und es werden rund 32 TWh an erneuerbaren Energien zugebaut. Da der Zubau erst nach 2035 im grossen Stil stattfindet, decken Importe bis dorthin die Versorgung um über 30 %

ab. Es findet kein Zubau von Grossanlagen zur konventionellen Stromerzeugung statt. Im Verteilnetz sind substanzielle Ausbau- und Verstärkungsmassnahmen nötig.

- **Swissgrid 2015, «On Track»:** Der Umstieg auf Erneuerbare läuft gemäss Energiestrategie 2050 planmässig ab. Die Annahmen bzgl. Verbrauch und Entwicklungen des Umfelds wurden gemäss «Neue Energiepolitik» der Energieperspektiven 2050 übernommen. Bis 2035 werden PV- und Windanlagen um rund 8,2 GW zugebaut. Aufgrund von Effizienzmassnahmen sinkt der Stromverbrauch leicht.

- **Nachfrage 2035:** Die Nachfrageprognose (VSE, Wege in die neue Stromzukunft) liegt deutlich über den aktuellen Messwerten (Status quo). Nichtsdestotrotz stützen wir uns für die Energiewelten auf diese Prognosen, da wir – vor dem Hintergrund der zunehmenden Substitution fossiler Energien, der Zunahme an elektronischen Anwendungen und dem Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum – einen deutlichen Anstieg der Stromnachfrage in der **Trust World**, der **Trade World** und der **Smart World** nicht ausschliessen. Die Stromnachfrage liegt in diesen Welten über der maximalen Prognose (2035) des BFE 2012. In der **Local World** hingegen rechnen wir mit einer tiefen Nachfrage, die unter der minimalen Prognose (2050) des BFE 2012 liegt.

### Trust World

In dieser Energiewelt findet eine Fokussierung auf zentrale, inländische Grossproduktion statt. Wasserkraft ist neben den Gaskraftwerken die dominierende Stromproduktion. Der Ausbau der Wasserkraftwerke und ein Zubau von Gaskraftwerken sind nötig, um eine autonome Schweiz erst zu gewährleisten. Dezentrale Produktion wie PV und Wind werden nicht mehr gefördert und kaum ausgebaut.

**Nachfrage 2035:** VSE, Wege in die neue Stromzukunft, 2012, Entwicklung Szenario 1 2035

**Wasser 2035:** VSE, Wege in die neue Stromzukunft, 2012, Zubaupotenzial Szenario 3 2050

**PV, Wind 2035:** VSE, Wege in die neue Stromzukunft, 2012, Zubaupotenzial Szenario 1 2035

**Biomasse 2035:** VSE, Wege in die neue Stromzukunft, 2012, Zubaupotenzial Szenario 3 2035

**Kernkraft 2035:** KKW Leibstadt ist am Netz (Annahme)

**Import 2035:** null, da Schweiz sich weitgehend autark versorgt

**WKK 2035:** keine

**Gaskraftwerke 2035:** VSE, Wege in die neue Stromzukunft, 2012, acht Blöcke à 400 MW sind nötig (berechnet aus der Differenz zwischen Nachfrage und restlicher Produktion)

**Import 2035:** null

**Winter-Importkapazität 2035:** kein Zubau

**Verteilnetz 2035:** Consentec, Auswirkungen dezentraler Einspeisung auf die Verteilnetze in der Schweiz, 2012, Hrsg. VSE, Zubaupotenzial VSE Szenario 1 2035

## Trade World

In dieser Energiewelt finden eine Fokussierung auf Handel (Importe und Exporte) sowie ein Zubau mit Gaskraftwerken statt. Dezentrale Produktion wie PV und Wind werden nicht mehr gefördert und kaum ausgebaut. Die Produktion aus Wasserkraftwerken nimmt in dieser Welt gar um 20 % ab, da aufgrund fehlender Wirtschaftlichkeit nicht alle Konzessionen erneuert werden.

**Nachfrage 2035:** VSE, Wege in die neue Stromzukunft, 2012, Entwicklung Szenario 1 2035

**Wasser 2035:** Abnahme Produktion um 20 % gegenüber Status quo (Annahme)

**PV, Wind, Biomasse 2035:** VSE, Wege in die neue Stromzukunft, 2012, Zubaupotenzial Szenario 1 2035

**Kernkraft 2035:** KKW Leibstadt ist am Netz (Annahme)

**WKK 2035:** keine

**Gaskraftwerke 2035:** VSE, Wege in die neue Stromzukunft, 2012, Annahme vier Blöcke à 400 MW (sie decken zusammen mit Importen die Nachfrage)

**Import 2035:** 20 TWh, der Import deckt zusammen mit Gaskraftwerken die Nachfrage (Annahme)

**Winter-Importkapazität 2035:** Swissgrid, Strategische Netz 2025, 2015 (Anhang 2 Tabelle A9): Zubaupotenzial on track 2035

**Verteilnetz 2035:** Consentec, Auswirkungen dezentraler Einspeisung auf die Verteilnetze in der Schweiz, 2012, Hrsg. VSE, Zubaupotenzial VSE Szenario 1 2035

## Local World

In dieser Energiewelt findet eine Fokussierung auf eine dezentrale, klimafreundliche und inländische Energieversorgung statt. Die Deckung der Nachfrage erfolgt über PV-, Wind-, Biomasse- und Wasserkraftanlagen. Folglich ist hier eine enorme Anstrengung notwendig, um den dazu notwendigen Ausbau, unterstützt mit Subventionen, sicherzustellen. Aufgrund dieser Anstrengungen wird das Zubaupotenzial 2050 aus «Wege in die neue Stromzukunft» bereits im Jahr 2035 erreicht. Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen werden neben Biomasse und wenigen fossilen Brennstoffen neu auch mit erneuerbarem Gas betrieben. Die Nachfrage sinkt – und damit dies erreicht wird, sind massive Vorschriften nötig. Die Nachfrageentwicklung 2050 aus «Wege in die neue Stromzukunft» kann mittels dieser Vorschriften bereits 2035 erreicht werden.

**Nachfrage 2035:** VSE, Wege in die neue Stromzukunft, 2012, Entwicklung Szenario 3 2050

**Wasser 2035:** VSE, Wege in die neue Stromzukunft, 2012, Zubaupotenzial Speicher: Szenario 3 2050; Laufwasser: Status quo

**PV, Wind, Biomasse 2035:** VSE, Wege in die neue Stromzukunft, 2012, Zubaupotenzial Szenario 3 2050

**Kernkraft 2035:** KKW Leibstadt nicht mehr am Netz (Annahme)

**WKK 2035:** VSE, Wege in die neue Stromzukunft, 2012, Zubaupotenzial Szenario 3 2050

**Gaskraftwerke 2035:** keine

**Import 2035:** null

**Winter-Importkapazität 2035:** kein Zubau

**Verteilnetz 2035:** Consentec, Auswirkungen dezentraler Einspeisung auf die Verteilnetze in der Schweiz, 2012, Hrsg. VSE, Zubaupotenzial VSE Szenario 3 2050

## Smart World

In dieser Energiewelt steigen aufgrund der massiven Kostendegression die Kapazitäten von PV- und Windkraftanlagen viel stärker als erwartet. Folglich wurde hier angenommen, dass der Zubau von 2050 aus «Wege in die neue Stromzukunft» bereits im Jahr 2035 erreicht wird. Ein Ausbau der Wasserkraft findet nicht statt.

**Nachfrage 2035:** VSE, Wege in die neue Stromzukunft, 2012, Entwicklung Szenario 2 2035

**Wasser 2035:** VSE, Wege in die neue Stromzukunft, 2012, Status quo

**PV, Wind, Biomasse 2035:** VSE, Wege in die neue Stromzukunft, 2012, Zubaupotenzial Szenario 3 2050

**Kernkraft 2035:** KKW Leibstadt nicht mehr am Netz (Annahme)

**WKK 2035:** VSE, Wege in die neue Stromzukunft, 2012, Zubaupotenzial Szenario 3 2050

**Gaskraftwerke 2035:** keine

**Import 2035:** 12,5 TWh, Import deckt zusammen mit Gaskraftwerken die Nachfragerücke (Annahme)

**Winter-Importkapazität 2035:** Swissgrid, Strategisches Netz 2025, 2015 (Anhang 2 Tabelle A9): Zubaupotenzial on track 2035

**Verteilnetz 2035:** Consentec, Auswirkungen dezentraler Einspeisung auf die Verteilnetze in der Schweiz, 2012, Hrsg. VSE, Zubaupotenzial VSE Szenario 3 2050



## **IMPRESSUM**

### **Mitwirkende bei der Erstellung des Berichts «Energiewelten 2017»**

Cornelia Abouri, Silvia Banfi Frost, Andreas Beer, Nadine Brauchli, Barbara Büchli, Philipp Dietrich, Wieland Hintz, Hans Jörg Meier, Stefan Muster

### **Mitwirkende beim Projekt «Energiewelten»**

Cornelia Abouri, Silvia Banfi Frost, Andreas Beer, Nadine Brauchli, Barbara Büchli, Daniel Dähler, Philipp Dietrich, Hansjörg Gantner, Dieter Gisiger, Wieland Hintz, Silvan Kieber, Katrin Lindemberger, Niklaus Mäder, Hans Jörg Meier, Andrea Müller, Stefan Muster, Michael Paulus, Karl Resch, Konrad Rieder, Eberhard Röhm-Malcotti, Daniel Schalch, Cornelia Staub, Olivier Stössel, Jörg Wild, Stefan Witschi, Niklaus Zepf sowie VSE-Kommission Energiewirtschaft und VSE-Kommission für Regulierungsfragen

### **Herausgeber**

Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE), Aarau

### **Gestaltung**

aebi allenspach kommunikation, Waltenschwil

### **Konzept Energiewelten/Illustrationen**

C-Factor, Zürich, und Eclipse Studios, Schaffhausen

### **Druck**

Jordi AG Medienhaus, Belp

### **© VSE 2017**

Dieser Bericht erscheint in deutscher und in französischer Sprache.

**Verband Schweizerischer  
Elektrizitätsunternehmen (VSE)**

Hintere Bahnhofstrasse 10  
Postfach  
5001 Aarau

Tel. +41 (0) 62 825 25 25  
Fax +41 (0) 62 825 25 26  
[www.strom.ch](http://www.strom.ch)  
[info@strom.ch](mailto:info@strom.ch)

**Association des entreprises  
électriques suisses (AES)**

Av. Louis-Ruchonnet 2  
1003 Lausanne

Tél. +41 (0) 21 310 30 30  
Fax +41 (0) 21 310 30 40  
[www.electricite.ch](http://www.electricite.ch)  
[info@electricite.ch](mailto:info@electricite.ch)

