

Oliver D. Doleski

Zur sicheren Versorgung urbaner Ballungszentren sowie ländlicher Regionen mit Strom, Gas und Wärme bedarf es heute und vermutlich auch in Zukunft einer umfangreichen, weiträumig angelegten Energieinfrastruktur. Mit Errichtung und Betrieb von Energieerzeugungsanlagen, Netzeinrichtungen, Großspeichern usw. gehen in Abhängigkeit von der jeweils eingesetzten Energieform spezifische Umwelteinflüsse wie bspw. ein erheblicher Flächenverbrauch oder die Freisetzung von Kohlendioxid einher. Als einzigartiger Natur- und Kulturraum ist die Alpenregion von den landschaftsverändernden Eingriffen der Energiewirtschaft besonders betroffen. Folgerichtig ist die Beschäftigung mit nachhaltiger Erzeugung, ressourcenschonender Verteilung und sparsamem Einsatz von Energie für den Alpenraum von herausragender, existenzieller Bedeutung.

Das Thema Energie ist komplex, mithin verwirrend und für Nichtfachleute ohne eingehende Beschäftigung mit den technischen und ökonomischen Zusammenhängen in seiner Tiefe nur bedingt zu erfassen. Ein breites, sich nicht selten widersprechendes Meinungsspektrum unter tatsächlichen oder selbsternannten Experten der Energiewirtschaft trägt ebenso zur Verwirrung beim interessierten Bürger bei wie das intuitiv nicht zugängliche Branchenvokabular. Dessen ungeachtet ist es das Bestreben dieses Kapitels, allen an der Zukunft der Alpenregion Interessierten die wirtschaftlich-technischen Grundlagen und Begrifflichkeiten der Energieversorgung ohne Wertung darzulegen. Schließlich obliegt es dem Leser, sich so umfas-

O. D. Doleski (✉)
Ottobrunn, Deutschland
E-Mail: doleski@t-online.de

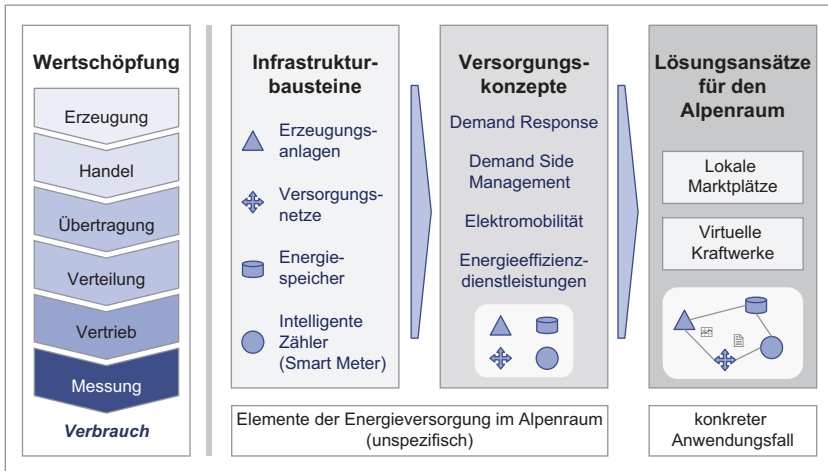


Abb. 2.1 Energiewirtschaftliche Zusammenhänge der Energieversorgung im Alpenraum

send mit der Materie Energie im Alpenraum zu beschäftigen, dass er sich unabhängig von vielfach emotional geführten Debatten und energiepolitischen Grabenkämpfen selbst ein eigenes, fundiertes Bild machen kann. Um diesem Anspruch gerecht werden zu können, wird die aus zahlreichen Facetten und vielfältigen Inhalten bestehende Energiethematik in vier logisch aufeinander aufbauende kurze Abschnitte untergliedert. Einleitend wird in Abschn. 2.1 dem Leser zunächst ein verdichteter Überblick über die grundlegende energiewirtschaftliche Wertschöpfungskette von der Erzeugung bis zum Verbrauch geboten. Anschließend werden in Abschn. 2.2 die Eckpfeiler einer modernen Energieinfrastruktur als das technisch-logistische Fundament der Versorgung mit Strom, Gas und Wärme skizziert. Erst aus der sinnvollen Kombination der Infrastrukturbausteine und ihrer Leistungen resultieren die in Abschn. 2.3 beschriebenen konkreten Versorgungskonzepte. Abschließend wird in Abschn. 2.4 eine Methode zur Entwicklung verantwortungsbewusster, marktauglicher Lösungsansätze für die Energieversorgung des Alpenraums komprimiert vorgestellt. Im Sinne eines besseren Überblicks werden die wesentlichen Inhalte dieses Kapitels mittels Abb. 2.1 zusätzlich grafisch illustriert.

2.1 Von der Erzeugung zum Verbrauch

Die Versorgung moderner Gesellschaften mit Strom, Gas und Wärme erfolgt entlang einer im Wesentlichen aus den Stufen Erzeugung, Handel, Übertragung, Verteilung, Vertrieb, Messung und Verbrauch bestehenden Kette. Dieser als *energiewirtschaftliche Wertschöpfung* bezeichnete Prozess startet mit der *Energieerzeugung*.

gung. Prinzipiell kann die Erzeugung von Strom und Wärme entweder dezentral in kleinen bis mittleren Energieerzeugungsanlagen oder zentral in Großkraftwerken erfolgen. Dabei werden heute sowohl die klassischen Energieträger Gas, Erdöl, Kohle und Uran als auch vermehrt regenerative Energieformen wie Sonnenenergie, Windkraft, Biomasse und Erdwärme (Geothermie) eingesetzt. Energieversorgungsunternehmen müssen ihren Kunden, die im Fachjargon häufig auch als *Letztverbraucher* bezeichnet werden, zu jeder Zeit Energie in ausreichender Menge zur Verfügung stellen. Um das Energiesystem stabil betreiben zu können, sorgt die Wertschöpfungsstufe *Handel* durch den Kauf fehlender Energie einerseits und den Verkauf des Überschusses andererseits für ein insgesamt ausgeglichenes Energieangebot im Versorgungsnetz. Im Anschluss an Handel und Produktion erfolgt die physische Bereitstellung der Energie am Ort des Verbrauchs in Wohnhäusern, Betrieben, Industrieanlagen und öffentlichen Einrichtungen mit Hilfe umfangreicher Kabel- oder Rohrleitungsnetze. Diese werden je nach Struktur, Kapazität und Aufgabenstellung in zwei Kategorien unterschieden. Einerseits die für den überregionalen Transport sehr großer Energiemengen zuständigen *Übertragungs-* (Stromautobahnen) bzw. *Fernleitungsnetze* (Gasleitungen) und andererseits die feinmaschigen *Verteilnetze* im Umfeld der Verbraucher vor Ort. Um die vor der Haustür liegende Energie auch tatsächlich geliefert zu bekommen, gehen in der energiewirtschaftlichen Wertschöpfungsstufe *Vertrieb* Kunden mit Energieversorgungsunternehmen (EVU) eine Vertragsbeziehung ein. Um diese Belieferung mit Strom, Gas und Wärme korrekt abrechnen zu können, erfolgt über die *Messung* schließlich die Feststellung und Abrechnung des tatsächlichen *Verbrauchs* durch das jeweilige Versorgungsunternehmen.

2.2 Infrastrukturbausteine der Energieversorgung

Die energiewirtschaftliche Infrastruktur bildet das technisch-logistische Fundament der Versorgung moderner Gesellschaften mit Strom, Gas und Wärme. Sie ist die Basis für moderne Versorgungskonzepte und zukunftssichere Lösungen zur bedarfsgerechten Bereitstellung von Energie. Zu den wichtigsten *Bausteinen der Energieversorgung* zählen Erzeugungsanlagen, Netze, Speicher und Messsysteme, die nachfolgend kurz beschrieben werden.

Erzeugungsanlagen

In Energieerzeugungsanlagen (EEA) werden nichtelektrische Energieformen wie thermische, kinetische¹, solare, chemische oder nukleare Energie häufig über den

¹ Das Wort kinetisch leitet sich vom griechischen Wort *kinesis* für Bewegung ab.

Zwischenschritt der Umwandlung in mechanische Energie mittels Generatoren in Elektrizität umgewandelt. Diese stets mit teilweise erheblichen Energieverlusten verbundene Umwandlung primärer Energieformen in elektrischen Strom und Wärme erfolgt mit Hilfe unterschiedlicher Kraftwerkstypen:

- **Fossile Verbrennungskraftwerke** wandeln die in Kohle (Kohlekraftwerk), Erdgas (Gaskraftwerk), Erdöl (Ölkraftwerk) oder auch Abfall (Müllverbrennungsanlage) gebundene chemische Energie in Strom und Wärme um.
- **Bewegungsenergiekraftwerke** nutzen die kinetische Energie von Wasser (Wasserkraftwerk, Wellenkraftwerk) oder Wind (Windkraftanlage).
- **Solarthermiekraftwerke** wandeln die Sonnenstrahlung direkt in nutzbare Wärme um.
- **Photovoltaikanlagen** überführen ohne Nutzung mechanischer Energie Sonnenenergie direkt in Elektrizität.
- **Biomassekraftwerke** nutzen die in Biomasse (Pflanzen, Gülle) gebundene chemische Energie.
- **Geothermiekraftwerke** wandeln die geothermische Energie tieferer Bodenschichten in Fernwärme oder Elektrizität um.
- **Kerntechnische Kraftwerke** werden bislang ausschließlich nach dem Prinzip der Kernspaltung (Kernkraftwerke) betrieben; vertraut man der Grundlagenforschung, so könnte zukünftig auch die Kernfusion (Kernfusionskraftwerke) als weitere Energieform zur Verfügung stehen.

Die auf fossilen oder nuklearen Energieträgern beruhende klassische Elektrizitätserzeugung soll in Deutschland allerdings bis zum Jahr 2050 weitgehend durch den Einsatz Erneuerbarer Energien abgelöst werden.

Versorgungsnetze

Versorgungsnetze können entsprechend ihrer *Funktion* in das Übertragungs- (Strom) oder Fernleitungsnetz (Gas) einerseits und das Verteilnetz andererseits unterschieden werden. Während das erstgenannte Netz den Transport sehr großer Strom- und Gasmengen über weite Distanzen übernimmt, ist das Verteilnetz für den Kurzstreckentransport in Verbrauchernähe verantwortlich. Alternativ können Netze auch nach ihrer *Kapazität* untergliedert werden. Beim Stromnetz unterscheidet die Energiewirtschaft im Allgemeinen vier Spannungsebenen:

- **Höchstspannung** wird in Westeuropa zwischen 230 kV und 400 kV betrieben.² Auf dieser übergeordneten Ebene speisen zentrale Energieerzeugungsanlagen (Kraftwerke) ein.

² 230 kV entsprechen 230.000 V; Volt ist die Einheit der elektrischen Spannung.

- **Hochspannung** dient mit ihrer Spannung um 110 kV neben dem Transport vor allem kleineren Kraftwerken und größeren Windparks als Einspeisenetz.³
- **Mittelspannung** wird heute zumeist mit einer Auslegung zwischen 10 kV und 35 kV betrieben.
- **Niederspannung** ist als verbrauchernahe Ebene mit 230 V oder 400 V ausgelegt.

Das Stromnetz wird in Europa in der Regel mit einer Wechselspannungsfrequenz von 50 Hz betrieben. Für das Gasversorgungsnetz gelten ähnliche Kapazitätsebenen.

Energiespeicher

Speicher übernehmen im Energieversorgungssystem der Zukunft eine wichtige Funktion. Als bedeutendes Instrument zur Netzregelung sind *Speichersysteme* in der Lage, zu Zeiten eines Überangebots an Solar- und Windenergie überschüssige Energie zunächst zu speichern und erst im Bedarfsfalle zum späteren Zeitpunkt wieder in das Versorgungsnetz zur Nutzung einzuspeisen. Zu den bekanntesten Energiespeichern zählen Akkumulatoren, chemische Wasserstoffspeicher, Druckluftspeicher, Pumpspeicher, Schwungradspeicher und Wärmespeicher. Insbesondere Pumpspeicherkraftwerke erscheinen aus topografischen Gründen (Täler, Fallhöhen) für den Einsatz in den Alpen geeignet zu sein, sind allerdings wegen des für diese Anlagen typischen Flächenverbrauchs umstritten.

Intelligente Zähler (Smart Meter)

Seit Jahrzehnten wird der Verbrauch von Strom, Gas und Wärme mit Hilfe analoger Messgeräte ermittelt, deren Basistechnologie sich seit über 50 Jahren kaum verändert hat. Diese klassischen *Analogzähler* erlauben lediglich eine einfache Verbrauchsmessung; eine zeitnahe Auswertung des tatsächlichen Verbrauchs über den Zeitablauf an der Messstelle ist nicht möglich.⁴

Intelligente Zähler oder *Smart Meter* sind im Gegensatz zu ihren analogen Pendanten moderne, elektronische Messgeräte zur digitalen, fernauslesbaren Ermittlung des tatsächlichen Energiemengenverbrauchs. Dank des erweiterten Funktionsumfangs zeigen Smart Meter dem Verbraucher jederzeit dessen aktuellen Strom-, Gas- und Wärmemengenverbrauch zuverlässig an. Da Konsumenten, die über ihren individuellen Verbrauch regelmäßig informiert sind, das eigene Nutzungsverhalten bewusst steuern können, tragen intelligente Zähler folglich zu Energieeffizienz und Energieeinsparung bei.

³ Vgl. Appelrath et al. (2012, S. 19).

⁴ Vgl. Doleski (2012, S. 128).

Smart Grid

Angesichts des Anstiegs schwankender Energieeinspeisungen und der absoluten Zunahme dezentraler Energieerzeuger und Speicherstellen müssen die Versorgungsnetze zunehmend intelligenter – smarter – werden. Das *intelligente Netz* oder *Smart Grid* basiert auf der Grundannahme, dass in Zukunft die herkömmlichen Strukturen schrittweise von einer kleingliedrigen, dezentralen Versorgungslandschaft abgelöst werden. Ein Smart Grid schafft die technische Infrastruktur dafür, dass sich viele kleine Energieproduzenten zu virtuellen Kraftwerken zusammenschließen, um so die produzierte Energie gemeinsam Kunden anbieten zu können. Der Intelligenzbegriff hat im Zusammenhang mit Smart Grid selbstverständlich nichts mit „künstlicher Intelligenz“ oder Science-Fiction zu tun. Smart steht hier lediglich für eine leistungsfähige Netzsteuerung mit Hilfe des Einsatzes moderner Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT).

2.3 Versorgungskonzepte mit Bedeutung für die Alpenregion

Die vorgenannten Infrastrukturbausteine erweisen sich isoliert betrachtet als nutzlos. Kein Kraftwerk kann Strom und Wärme ohne Netzzugang bereitstellen, kein Energiespeicher lässt sich ohne moderne Informationstechnik betreiben und kein Verbrauchsmessgerät kann ohne innovative Kommunikationstechniken zur Verbesserung der Energieeffizienz beitragen. Infrastruktur funktioniert nur im *Zusammenspiel*. Werden Infrastrukturbausteine und ihre Leistungen sinnvoll miteinander kombiniert, so resultieren daraus energiewirtschaftliche Versorgungskonzepte ohne Marktbezug.

In Anbetracht des zunehmenden Anteils schwankender Einspeisung von Elektrizität aus regenerativen Quellen wie Sonne und Wind an der Gesamtenergieproduktion müssen heutige Versorgungskonzepte vor allem einen Beitrag zur Versorgungssicherheit und Energieeffizienz leisten. Im Kontext Alpen kommt dabei einer überlegten Auswahl und einem ressourcenschonenden Betrieb dieser Ansätze besondere Bedeutung zu. Obgleich die Alpen nicht ausschließlich Naturraum, sondern fraglos auch bedeutender Wirtschaftsraum für etwa 14 Mio. energieverbrauchende Menschen sind, sollten die Versorgungskonzepte den alpinen Lebensraum möglichst nur minimal tangieren; bislang weitgehend unerschlossene Naturräume sind möglichst vollumfänglich zu erhalten. Die bekanntesten Konzepte mit Bezug zur Alpenregion werden nachfolgend in alphabetischer Reihung vorgestellt.

Demand Response und Demand Side Management

Die Begriffe Demand Response (DR) und Demand Side Management (DSM) werden in der Energiewirtschaft bisweilen synonym verwendet. Bei näherem Hinse-

hen erscheint diese Sichtweise jedoch zweifelhaft. Während Demand Response die freiwillige Beeinflussung der Energienachfrage beim Kunden mittels flexibler Tarife oder anders ausgedrückt über den Preis umfasst, wirkt Demand Side Management als technische Lösung mit Hilfe elektronischer Steuerungssignale aktiv auf Verbrauchsanlagen ein. Beide Konzepte lassen sich anschaulich mit dem Wortpaar *Beeinflussung* (passiv) im Falle von Demand Response und *Steuerung* (aktiv) bei Demand Side Management charakterisieren.⁵

Dank der beschriebenen Preis- und Steuersignale werden Kunden befähigt, das eigene Verbrauchs- und/oder Einspeiseverhalten an das tatsächliche Energieangebot bequem und weitgehend automatisiert anzupassen. Dieser dynamische Abgleich von Erzeugung und Verbrauch führt einerseits zu einer optimierten Auslastung der Energieversorgungsnetze und andererseits zu einer Reduktion des Energieverbrauchs.⁶ Konsequenterweise eingesetzt können DR und DSM folglich dazu beitragen, den flächenintensiven Speicher- und Netzausbau ebenso wie den Ausstoß klimaschädlicher Treibhausgase zu mindern. Insofern sind beide Konzepte für das Ökosystem Alpen von großer praktischer Bedeutung.

Elektromobilität (eMobility)

Eine vermehrte Nutzung elektrisch betriebener Fahrzeuge aller Art unterstützt die Forderungen nach Ressourcenschonung, Energieeffizienz und Versorgungssicherheit in zweifacher Hinsicht. Einerseits können die in *Elektrofahrzeugen* verbauten Batterien flexibel zur *Glättung des Stromverbrauchs* beitragen (Leistungsglättung). Dies geschieht, indem diese Fahrzeuge ihre Ladevorgänge an die schwankende Verfügbarkeit elektrischer Energie aus Sonne und Wind im Netz anpassen. Andererseits können die Speicher von Elektrofahrzeugen perspektivisch auch als *rückspeisefähige Batterien* für den Eigenstromverbrauch im Haushalt des Fahrzeugbesitzers mit ebenso netzentlastender Wirkung zum Einsatz kommen.⁷

Ähnlich wie im Falle DR und DSM kann gerade der Alpenraum vom Umstieg von fossiler (Benzin, Diesel, Autogas) auf elektrische Mobilität (Elektromobilität) profitieren. So ist es unter günstigen Bedingungen langfristig vorstellbar, dass die Elektromobilität einen Beitrag zur Abschwächung des landschaftsverändernden Aus- und Neubaus weiträumiger Versorgungsnetze und großer Pumpspeicherkraftwerke in den Alpentälern leisten kann.

⁵ Vgl. Doleski und Aichele (2014, S. 29).

⁶ Vgl. Müller und Schweinsberg (2012, S. 8).

⁷ Vgl. Bundesnetzagentur (2011, S. 46).

Energieeffizienzdienstleistungen

Innovative Technologien, Produkte und Services, die den Verbrauch von Strom, Gas und Wärme beim Endkunden senken oder Nutzenergie effizient zur Verfügung stellen, werden in der Energiewirtschaft unter dem Begriff *Energieeffizienzdienstleistungen* zusammengefasst. Es handelt sich dabei um ein breites Spektrum zukunftssträchtiger Dienstleistungen, denen die Zielsetzung nachhaltiger Steigerung der Energieeffizienz gemein ist.

Die Steigerung der Endenergieeffizienz mittels innovativer Dienstleistungen für Unternehmen, Haushalte und öffentliche Verwaltungen trägt, ebenso wie die vorgenannten Versorgungskonzepte, zur Schonung des alpinen Lebensraums bei. Energieeffizienzberatung inklusive Austausch ineffizienter Stromverbraucher, Energie-Audits in Hotels und Einrichtungen des Fremdenverkehrs, Optimierung und Überwachung energieintensiver Industrieprozesse, Wärmeliefercontracting mit optimiertem Betrieb von Heizungsanlagen, Gebäudeautomatisierung und Beleuchtungsmanagement stellen eine kleine Auswahl möglicher Energieeffizienzdienstleistungen dar.

2.4 Lösungsansätze für die Versorgung des Alpenraums

Erfolgt eine wirtschaftliche Umsetzung der zuvor beschriebenen Versorgungskonzepte im Markt, so entstehen daraus konkrete Lösungsansätze oder mit anderen Worten Geschäftsmodelle der Energiewirtschaft. Demnach unterscheiden sich Konzepte auf der einen von Geschäftsmodellen auf der anderen Seite hauptsächlich im Marktbezug. Während Versorgungskonzepte eine von den jeweils herrschenden Markt- und Unternehmensbedingungen losgelöste Idee oder Vorstellung möglicher Handlungsoptionen darstellen, berücksichtigen Geschäftsmodelle darüber hinaus ökonomische Rahmenparameter wie bspw. Umfeld, Markt, Kunde, Erfolgsfaktoren und Ressourcen.⁸ Diese Lösungsansätze oder Geschäftsmodelle beschreiben demzufolge nicht alleine, wie energiewirtschaftliche Produkte und Dienstleistungen technisch gestaltet sind, sondern auch wie sie ihren Beitrag zum ökonomischen Erfolg der sie anbietenden Akteure leisten. Mittels Abb. 2.2 wird der skizzierte Zusammenhang, wie aus unspezifischen Konzepten marktaugliche Modelle zur Generierung von Umsatz erwachsen, grafisch veranschaulicht. Das Schaubild illustriert schematisch, wie die strukturierte Anwendung eines standardisierten Systems zur Geschäftsmodellentwicklung – hier wurde exemplarisch das Integrierte Geschäftsmodell dargestellt – unspezifische Versorgungskonzepte zu

⁸ Vgl. Doleski und Aichele (2014, S. 34).

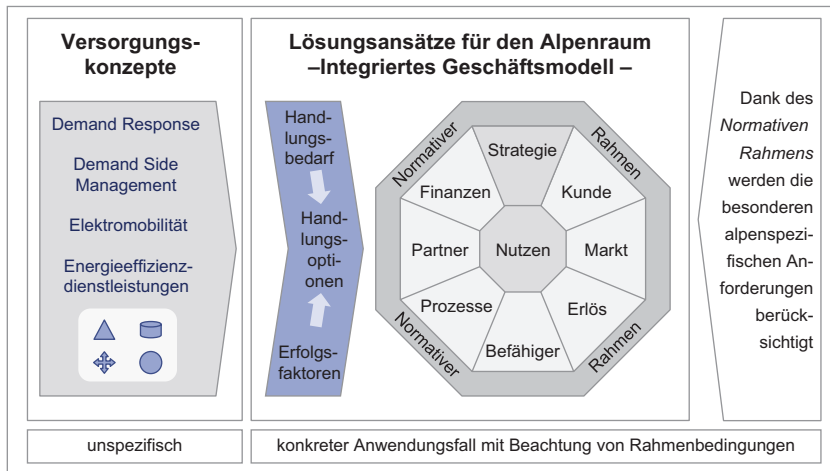


Abb. 2.2 Vom Konzept zum Lösungsansatz für den Alpenraum

marktfähigen Produkten und Dienstleistungen transformiert. Stellvertretend für die in der deutschsprachigen Betriebswirtschaftslehre existierenden Geschäftsmodellansätze seien dem interessierten Leser zur Vertiefung die *Business Model Canvas* von Osterwalder und Pigneur, das *Business Model* von Wirtz und das auf der anwendungsorientierten Theorie des St. Galler Management-Konzepts beruhende *Integrierte Geschäftsmodell* empfohlen.⁹

Eine der zentralen Herausforderungen nachhaltiger Energieversorgung im Alpenraum ist die Entwicklung markttauglicher Lösungsansätze, die gleichzeitig sowohl ökonomisch tragfähig als auch ökologisch verantwortungsbewusst sind. Innovative Geschäftsmodelle wie z. B. *virtuelle Kraftwerke* oder *lokale Marktplätze* können einen essentiellen Beitrag zum Ausgleich von Stromangebot und -nachfrage im Netz sowie zur Steigerung der Energieeffizienz leisten. Infolgedessen sind diese Angebote dazu geeignet, den einzigartigen Natur- und Kulturraum Alpen vor den negativen Folgen eines ausufernden Zubaus großer Infrastruktureinrichtungen wie Pumpspeicherkraftwerke, Stauseen, Oberlandleitungen usw. zu bewahren.

⁹ Vgl. Osterwalder und Pigneur (2011); Wirtz (2011); Doleski (2014).

Energie der Alpen

Grundlagen und Zusammenhänge nachhaltiger

Energieversorgung in der Alpenregion

Doleski, O.D.; Lorenz, K. (Hrsg.)

2015, XII, 55 S. 10 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-658-08382-3