

Bern, im März 2023

Reflexionen des Wissenschaftlichen Beirats der deesuisse

Die richtige Ressource am richtigen Ort für den richtigen Zweck – Leitlinien für mehr Unabhängigkeit in der Energieversorgung

In dieser Zeit einer gefährdeten Energieversorgung wird sich auch die Schweiz ihrer hohen Energieabhängigkeit bewusst: Erdölprodukte, Erdgas und Kernbrennstoffe werden zu 100 Prozent importiert. Insgesamt liegt unsere Energieunabhängigkeit bei gerade 30 Prozent. Zum Vergleich: Die Selbstversorgung bei Nahrungsmitteln, die oft als unzureichend bezeichnet wird, beträgt fast 60 Prozent!¹ Mit wenigen und einfachen Prinzipien für den optimalen Einsatz heimischer Energieträger liesse sich dieses Verhältnis auch bei der Energieversorgung deutlich verbessern.

Um unsere Energieunabhängigkeit und -resilienz zu erhöhen, ist es unerlässlich, unsere Versorgung massiv auf heimische Ressourcen umzustellen. Diese Strategie ist ganz im Einklang mit dem Ziel des Bundes, bis 2050 keine CO₂-Emissionen mehr zu verursachen. Doch nicht nur die Klimaziele, auch die derzeitige Versorgungslage sollte uns veranlassen, viel schneller zu handeln.

Die Schweiz verfügt über ein grosses Potenzial an heimischen erneuerbaren Ressourcen, die – richtig eingesetzt – langfristig den Grossteil unseres Bedarfs decken könnten, ohne auf den Import fossiler Produkte zurückgreifen zu müssen. Obwohl erneuerbar, sind unsere heimischen Energieressourcen hinsichtlich der Verfügbarkeit an einem bestimmten Ort oder zu einem definierten Zeitpunkt durchaus begrenzt. «Erneuerbar» bedeutet somit keineswegs «unendlich» und schon gar nicht «gratis», sondern vielmehr «unerschöpflich». Daher ist es entscheidend, unseren Energiebedarf zu senken und gleichzeitig unsere erneuerbaren Ressourcen nachhaltig zu nutzen.

Dieses Grundprinzip ist jedoch nicht ausreichend. Wenn wir unsere Ressourcen nicht intelligent nutzen, verlieren wir einen grossen Teil dieses Potenzials. In einer Region, die beispielsweise eine Holzfernheizung installiert, obwohl sie über Potenziale aus Geothermie oder Gewässerswärme verfügt, geht die Ressource Holz für andere Anwendungen oder die Nutzung an einem anderen Ort verloren. Ähnlich verhält es sich mit dem Einsatz von Elektrizität für elektrische Direktheizungen statt für Wärmepumpen (400 Prozent Effizienz), wodurch 75 Prozent der eingesetzten elektrischen Energie potenziell verschwendet werden.

Angesichts der Vielfalt und geografischen Verteilung der Ressourcen und des Bedarfs ist es entscheidend, deren Nutzung zu optimieren, um nicht einen Teil dieser Ressourcen durch einen ineffizienten Einsatz zu verlieren. Dieses Positionspapier beschreibt die wesentlichen Prinzipien für die optimale Nutzung unserer heimischen Ressourcen mit dem Ziel, unsere Energieunabhängigkeit zu maximieren.

¹ Brutto-Selbstversorgungsgrad einschliesslich importierter Futtermittel; der Netto-Selbstversorgungsgrad ohne importierte Vorleistungen beträgt rund 50 Prozent. vgl. «Bericht über die Gefährdungen der wirtschaftlichen Landesversorgung 2021»

Leitlinien für die Nutzung von Ressourcen zur Wärmeerzeugung²

Raumwärme und industrielle Prozesse machen rund 50 Prozent des gesamten Endenergieverbrauchs der Schweiz aus. Zahlreiche Energieressourcen können unsere Wärmeversorgung sicherstellen, aber nicht alle sind untereinander gleichwertig. Zunächst muss zwischen «ortsgebundenen» und «nicht-ortsgebundenen» Ressourcen unterschieden werden. Ortsgebundene Ressourcen sind nicht transportabel und können daher nur in einem begrenzten Umkreis um ihren Standort genutzt werden: z. B. Abwärme aus Industrie und Kläranlagen, mitteltiefe und tiefe Geothermie oder Umweltwärme (Untergrund, Gewässer). Im Gegensatz dazu lassen sich nicht-ortsgebundene Ressourcen leicht transportieren und lagern: Energieholz, Biogas, Biobrennstoffe etc.

Zu berücksichtigen ist auch das «exergetische» Potenzial der Ressource, d. h. deren Fähigkeit, bestimmte Energiedienstleistungen mit hoher Wertschöpfung zu erbringen. Beispielsweise ist Seewasser wegen seiner niedrigen Temperatur eine Ressource mit geringer Exergie und kann mittels einer Wärmepumpe nur für die Bereitstellung von Raumwärme und eventuell Warmwasser genutzt werden. Im Gegensatz dazu ist Holz eine Ressource mit hoher Exergie, die über einen Verbrennungsprozess bei über 1000 °C zur Stromerzeugung oder für Hochtemperaturprozesse in der Industrie verwendet werden kann.

Angesichts dieser unterschiedlichen Eigenschaften der zur Wärmebereitstellung nutzbaren Ressourcen sollten diese im Interesse der nationalen Versorgungssicherheit gemäss folgenden Grundsätzen eingesetzt werden:

- 1. Vorrangige lokale Nutzung von ortsgebundenen Ressourcen (z. B. Erdwärme mit Wärmepumpe)*
Die Nutzung einer nicht-ortsgebundenen Ressource, wo eine ortsgebundene Ressource vorhanden ist, lässt das Potenzial der ortsgebundenen Ressource ungenutzt und vernichtet zugleich das wertvolle Potenzial der nicht-ortsgebundenen Ressource für eine Nutzung an einem anderen Ort.
- 2. Optimale regionale Verteilung von nicht-ortsgebundenen Ressourcen (z. B. Energieholz und Biogas)*
Nicht-ortsgebundene Ressourcen sollten für Hochtemperaturanwendungen, die typischerweise über 120 °C liegen (industrielle Prozesse) sowie dort, wo keine Konkurrenz mit ortsgebundenen Ressourcen besteht, eingesetzt werden.
- 3. Förderung der Wärme-Kraft-Kopplung zur Erzeugung von Wärme und Strom in Verbrennungsprozessen (z. B. Energieholz und Biogas)*
Um das volle Potenzial von Ressourcen mit hoher Exergie auszuschöpfen, sollten dezentrale Holzkessel und individuelle Pelletöfen vermieden werden, da sie beim derzeitigen Stand dieser Technologien nicht für die Wärme-Kraft-Kopplung nutzbar sind. Für die Priorisierung von WKK-Anlagen spricht nicht nur ein höherer Gesamtwirkungsgrad, sondern auch deren Potenzial für die dezentrale Produktion von Winterstrom. Möglich ist dies in Verbindung mit thermischen Netzen und/oder elektrischen Microgrids.

² Diese Betrachtung konzentriert sich im Wesentlichen auf Ressourcen zur Wärmeerzeugung. Selbstverständlich ist auch der Ressourceneinsatz für die Kälteerzeugung nicht zu vernachlässigen. Allerdings scheint die Kälteerzeugung aus heutiger Sicht unkritischer, da diese naturgemäss vor allem im Sommer erforderlich ist, wenn auch die PV-Stromerzeugung hoch ist.

4. *Vorrangige Nutzung bestimmter Ressourcen über Wärmenetze*
Abwärme aus Industrie- und Kläranlagen, mitteltiefen Aquiferen, Seen, Grundwasser und als letzte Option Energieholz werden idealerweise mittels Wärmenetzen in der Fläche verteilt und für zahlreiche Verbraucher nutzbar gemacht. Für eine optimale Ausschöpfung des Potenzials sollten Wärmenetze relevante und ausreichend grosse Einzugsgebiete abdecken.

Gemäss diesen Leitlinien ergibt sich diese Reihenfolge für die Nutzung dezentraler ortsgebundener Ressourcen zur Wärmeerzeugung: Grundwasser, Erdwärme, Umgebungsluft. Nur wenn diese nicht in ausreichender Menge lokal verfügbar sind, sollten (nicht-ortsgebundenes) Energieholz und Biogas eingesetzt werden. Andernfalls verringert sich der Deckungsgrad der heimischen Ressourcen, und es erhöht sich der Importbedarf.

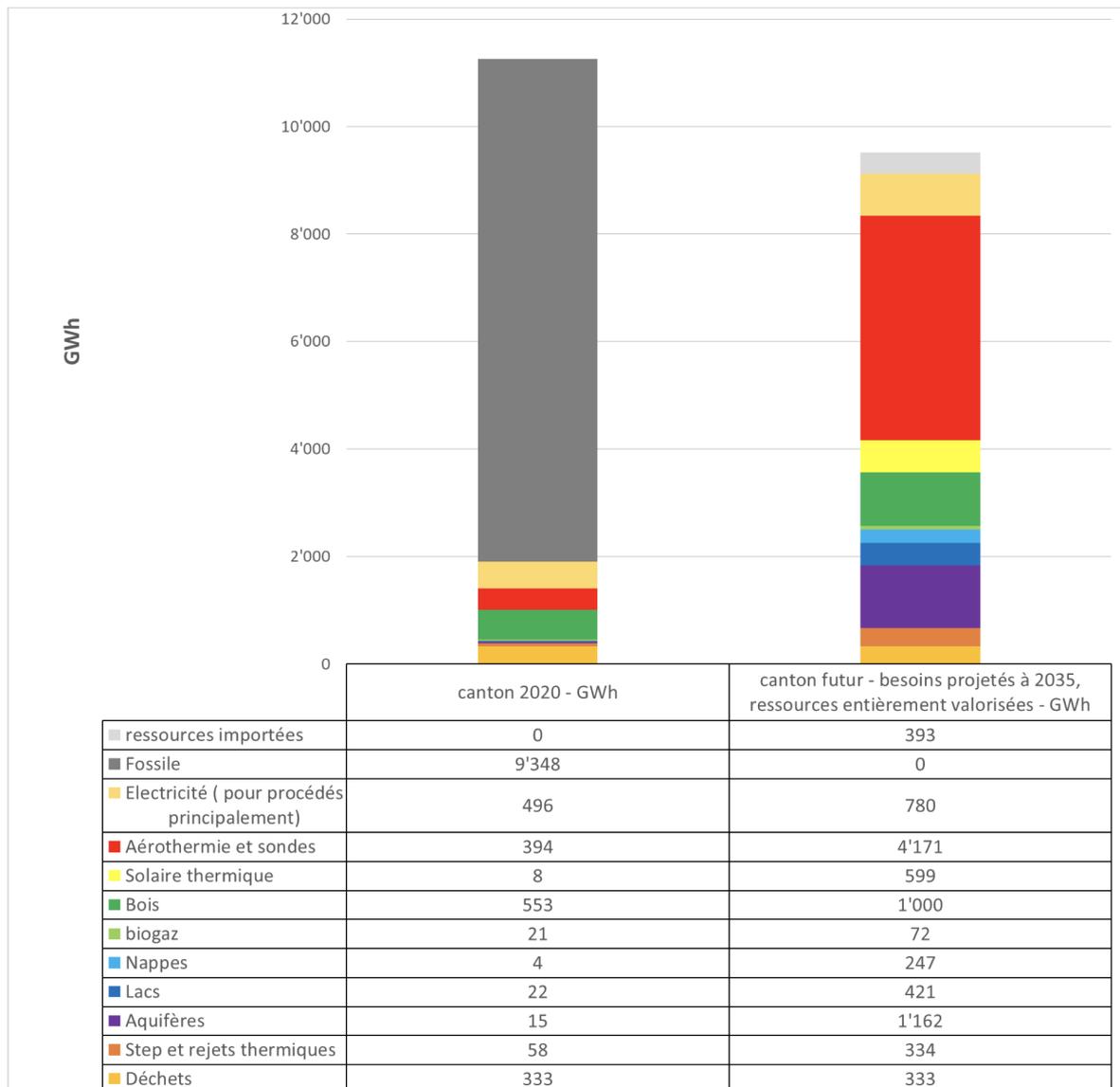
Bei der optimalen Planung muss auch berücksichtigt werden, dass die Wärmenachfrage aufgrund energetischer Sanierungen und Verdichtung des Siedlungsraumes, die aufgrund der demografischen Entwicklung geplant ist, sinken wird.

Praktische Umsetzung der Leitlinien: das Beispiel Waadt

Der Kanton Waadt hat kürzlich seine «Wärmeperspektiven»³ veröffentlicht, die auf der Anwendung der oben genannten Grundsätze basieren. Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die derzeitige Nutzung der Wärmeressourcen in diesem Kanton und die Aussichten für die Nutzung bis 2035. Der Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmeversorgung könnte von heute 17 Prozent auf 96 Prozent steigen! Die «Wärmeperspektiven» zeigen die entscheidende Bedeutung ortsgebundener Ressourcen, deren Potenzial fast 80 Prozent des kantonalen Wärmebedarfs ausmacht.

Eine ungeordnete «wilde» Verwertung der erneuerbaren Ressourcen ohne Umsetzung der Leitlinien würde den Deckungsgrad von möglichen 96 Prozent auf 50 bis 60 Prozent reduzieren. Die Differenz müsste importiert werden, wahrscheinlich in Form fossiler Energieträger. Dieses Beispiel zeigt, dass die Anwendung einer Rangfolge bei der Ressourcenauswahl genauso wichtig ist wie die effiziente Nutzung der Ressourcen selbst.

³ Direction Générale de l'Environnement – Vaud, « Perspectives chaleur - Perspectives de valorisation du potentiel de chaleur renouvelable du canton de Vaud », 13.07.2021 / VD08032
https://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/themes/environnement/energie/fichiers_pdf/VD08032_Rapport_final_Perspectives_chaleur_VD_v7.pdf



Übersicht über die Ressourcennutzung im Kanton Waadt in Gebieten, die für Netzwerke und dezentrale Systeme geeignet sind, sowie für industrielle Prozesse (Stand 2020 und Zukunft)

Leitlinien für die Nutzung von Ressourcen zur Stromerzeugung

Während die Qualität von Wärme von ihrer Temperatur abhängt (Exergieprinzip), gibt es bei elektrischem Strom keine entsprechenden Qualitätsunterschiede: Jede elektrische Kilowattstunde (kWh) ist gleichermassen hochexergetisch und kann unabhängig von ihrem Ursprung die gleichen Dienstleistungen erbringen. Dennoch stellt sich die Frage nach der Ressourcenpriorisierung: Eine elektrische kWh, die im Winter produziert wird, wenn die

Schweiz in erheblichem Umfang auf Stromimporte angewiesen ist, ist wertvoller als die kWh im Sommer, wenn die Schweizer Kraftwerke mehr Strom produzieren, als verbraucht wird.⁴

Darüber hinaus ermöglicht der hohe exergetische Wert von Elektrizität hochwertige und vielfältige Anwendungen (Beleuchtung, Telekommunikation, E-Mobilität u.v.m.).

Vor diesem Hintergrund sollten folgende Grundsätze für die Nutzung von Strom gelten:

1. *Priorität von Anwendungen mit Bedarf an Energie mit hohem exergetischen Wert*
Elektrizität ist vorrangig für Zwecke mit hochexergetischem Energiebedarf einzusetzen. Andere Verwendungszwecke, insbesondere für elektrische Direktheizungen, sind so weit wie möglich zu vermeiden.
2. *Vermeidung ineffizienter Stromverwendung*
Um Stromverschwendung im Winter zu vermeiden, sind Elektroheizungen in Neubauten sowie der Ersatz von Elektroheizungen mit Wärmeverteilsystemen in allen Kantonen verboten. Darüber hinaus sollte in sehr schlecht isolierten Gebäuden der Einsatz von Wärmepumpen vermieden werden, respektive sollten diese Gebäuden vorher energetisch saniert werden. Ist letzteres nicht möglich, sollten alternative erneuerbare Energien zur Beheizung eingesetzt werden.
3. *Förderung der Stromerzeugung im Winter*
Photovoltaikanlagen an Fassaden oder in Höhenlagen sowie Windkraft, deren Produktion im Winter am höchsten ist, sind auszubauen. Damit könnte durch den generell beschleunigten Ausbau der Photovoltaik vom Herbst bis in das Frühjahr mehr Wasser in unseren Stauseen gehalten werden, was die Stromimporte aus dem Ausland verringern würde.⁵
4. *Förderung der saisonalen Energiespeicherung*
Stromproduktionsüberschüsse im Sommer können durch saisonale Stromspeicherung dazu dienen, den Winterbedarf zumindest teilweise zu decken. Derzeit erlaubt die Kapazität der Stauseen nur einen begrenzten Sommer-Winter-Transfer (9 TWh), da die Stauseen am Ende des Sommers gefüllt sind und somit keine zusätzliche Kapazität zur Verfügung steht. Daher müssen entweder einige Staudämme erhöht werden (Potenzial von zusätzlich 2 TWh) oder andere Formen der saisonalen Speicherung realisiert werden. In Frage kommen Power-to-Heat unter Nutzung von saisonalen Wärmespeichern, um den Strombezug für die Wärmeerzeugung mit Wärmepumpen im Winter zu reduzieren, oder Power-to-X, um überschüssigen Strom in chemische Energieträger (Wasserstoff, Methan, Methanol o.a.) umzuwandeln und eventuell wieder zurück in Strom und Wärme umzuwandeln.⁶

⁴ Dieses Prinzip gilt selbstverständlich auch für die Wärmeerzeugung.

⁵ vgl. Thomas Nordmann zum optimalen Einsatz der Schweizer Wasserkraftspeicher:
<https://www.srf.ch/news/wirtschaft/fuellstaende-der-speicherseen-stromhandel-mit-wasserreserven-ein-zielkonflikt>

⁶ Dezentrale Batterien sind aufgrund von Volumen und Kosten keine geeignete Form der saisonalen Speicherung, werden aber bei der täglichen oder wöchentlichen Speicherung eine Rolle spielen.

Folgen der Nichtumsetzung dieser Leitlinien

Die Umsetzung der oben beschriebenen Leitlinien soll die Ressourcennutzung optimieren und die Energieunabhängigkeit vom Ausland maximieren. Eine Nichtberücksichtigung dieser Leitlinien hingegen zieht mehrere negative Folgen nach sich:

- Ein unzureichender Ausbau der Fernwärmenetze in günstigen Lagen würde zu einer unzureichenden Nutzung der vorhandenen ortsgebundenen Ressourcen führen. Dies gilt insbesondere für Ressourcen mit grossem Potenzial (Seen, Aquifere, Geothermie), deren Nutzung nur jenseits einer kritischen Grösse mit einem hinreichend grossen Einzugsgebiet wirtschaftlich tragfähig ist. Wenn diese Fernwärmenetze nicht rechtzeitig realisiert werden, geht die Ressource für mehrere Jahrzehnte verloren, bis die dezentralen Systeme, die stattdessen installiert werden, das Ende ihrer Lebensdauer erreicht haben. Um dies zu verhindern, sind Anreizsysteme oder Anschlusspflichten in Betracht zu ziehen.
- In Gebieten, die nicht für ein Wärmenetz geeignet sind, würde die unzureichende Nutzung von Erdwärmesonden zu einem zu hohen Einsatz von Luft-Wasser-Wärmepumpen (die den meisten Strom im Winter bei Stromknappheit verbrauchen) und zu einer unangemessenen Nutzung von Energieholz führen.
- Wenn die Verbrennung von Holz und Biogas nicht vorrangig für industrielle Hochtemperaturprozesse genutzt wird, dann werden diese Prozesse mangels Alternativen weiterhin auf fossile Ressourcen (Heizöl, Erdgas) zurückgreifen müssen.
- Strom ist ein kostbares Gut, das zu Zwecken mit hoher Wertschöpfung und Effizienz eingesetzt werden muss, um eine Stromknappheit zu vermeiden. Dies gilt insbesondere angesichts der weiteren notwendigen Elektrifizierung von Wirtschaft und Gesellschaft.

Hemmnisse für eine optimale Ressourcennutzung

Heute verhindert eine Reihe von Hemmnissen die Umsetzung dieser Leitlinien:

- Thermische Netze sind dort, wo sie am wirkungsvollsten wären – nämlich in dicht bebauten Gebieten – aufgrund der Platzbeschränkung im Boden und der erforderlichen baulichen Eingriffe am schwierigsten zu realisieren. Zudem sind die Möglichkeiten für Wärmequellen und den Bau von Zentralen begrenzt. Das macht thermische Netze teurer und birgt ein höheres Investitionsrisiko im Vergleich zu dezentralen Lösungen. Zudem verfügen Gemeinden nicht immer über Ressourcen und Kompetenzen, um solche Projekte umzusetzen.
- Kritisch für die Wirtschaftlichkeit von thermischen Netzen ist auch der Faktor Zeit: Je mehr potenzielle Wärmeabnehmer in einem Versorgungsgebiet die Umstellung des Heizenergieträgers tätigen, bevor das Netz bereitsteht, desto geringer ist dessen Wirtschaftlichkeit.
- Die gesellschaftliche Akzeptanz einiger Optionen mit potenziell grossem Beitrag zur Energiewende ist begrenzt. Das gilt insbesondere für Windkraftanlagen oder die Erhöhung von Staudämmen.
- Mangelndes Wissen über bestimmte Ressourcen (insbesondere Geothermie) und die jeweiligen Technologien verzögern die praktische Anwendung.

- Der Status quo prägt häufig die Entscheidungen der Akteure für die Zukunft. Typischerweise haben Regionen, die schon immer auf die lokale Verwertung ihres eigenen Energieholzes gesetzt haben, nur wenig Anreiz, dies zu ändern.
- Es fehlt an Anreizsystemen oder auch Pflichten für den Anschluss an thermische Netze. Oft werden dezentrale Lösungen bevorzugt, wodurch die Rentabilität der Wärmenetze sinkt.
- Fehlende Anreizsysteme oder Vorgaben bestehen auch bei der Einbindung von neuen erneuerbaren Energien in thermische Netze. Statt in den Ausbau von Solarenergie und thermische Speicher zu investieren, wird von Gasheizkesseln auf Holzfeuerungen umgestellt, was zu einer weiteren Verschärfung der Knappheit von Energieholz führt.
- Eine Energierichtplanung ist nur für grössere Gemeinden obligatorisch. Zugleich fehlt eine Verbindlichkeit für die Umsetzung (behördenverbindlich und nicht eigentümergebunden). Dadurch ist die strategische und optimierte Nutzung, insbesondere von ortsgebundenen Ressourcen, nicht gegeben und wird möglicherweise auf Jahre verhindert.⁷
- Die fehlende Koordination zwischen Regionen, Kantonen und Gemeinden erschwert eine nationale Abstimmung der Strategien und somit das Ausschöpfen des vollen Potenzials einer optimalen Ressourcennutzung.

Schlussfolgerung

Würden diese Leitlinien konsequent und koordiniert eingehalten, wären wir in der Lage, fast unseren gesamten Energiebedarf inländisch und erneuerbar zu decken. Werden diese Leitlinien dagegen nicht eingehalten oder zu spät umgesetzt, sind wir gezwungen, weiterhin in gewaltigem Umfang fossile Energieträger zu importieren und unsere Gesellschaft einer Energieknappheit auszusetzen, die wir nicht kontrollieren können.

Kurzum: Unsere Energieunabhängigkeit hängt von unserer Fähigkeit ab, die richtige Ressource am richtigen Ort für den richtigen Zweck zu nutzen!

⁷ s. dazu auch das Positionspapier des Forums Energiespeicher Schweiz «Zu jeder Raumplanung gehört auch eine Energierichtplanung»
https://speicher.aeesuisse.ch/wp-content/uploads/sites/15/2022/04/FESS_Waermespeicher_Position_Energierichtplan_220107.pdf



Prof. Dr. Luca Baldini
Sprecher des Wissenschaftlichen Beirats der aeesuisse
Co-Leiter des Centre for Building Technologies and Processes ZBP an der ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften



Prof. Dr. Christophe Ballif
Direktor PV-Lab@EPFL und Sustainable Energy Center@CSEM



Prof. Dr. Massimiliano Capezali
Vorsitzender des Kompetenzzentrums für Energie der Hochschule für Wirtschaft und Ingenieurwissenschaften des Kantons Waadt (HEIG-VD)



Prof. Dr. Andreas Häberle
Institutsleiter des SPF Institut für Solartechnik, Leiter der Abteilung EEU Erneuerbare Energien und Umwelttechnik der OST – Ostschweizer Fachhochschule



Prof. Dr. Martin Patel
Professor am Lehrstuhl für Energieeffizienz an der Universität Genf



Prof. Dr. Greta Patzke
Professorin am Departement für Chemie der Universität Zürich



Prof. Dr. Andrea Vezzini
Professor für Industrieelektronik an der Berner Fachhochschule und Leiter des BFH-Zentrums Energiespeicherung



Dr. François Vuille
Directeur de l'énergie du Canton de Vaud und ehemaliger Executive Director des Energy Center der EPFL

Der Wissenschaftliche Beirat der aeesuisse

Der Wissenschaftliche Beirat wirkt als Think Tank und Reflexionsgruppe für die politische und inhaltliche Arbeit der aeesuisse in sämtlichen Bereichen der Energie- und Klimapolitik. Im Beirat sind namhafte Akademikerinnen und Akademiker engagiert. Sie verfügen über internationale Reputation sowie ein nationales und internationales Netzwerk.

Der Wissenschaftliche Beirat hat drei Kernaufgaben:

- **Expertise:** Der Wissenschaftliche Beirat reflektiert aktuelle Entwicklungen und generiert Input bei der Erarbeitung und Klärung von Positionen und Inhalten.
- **Kommunikation:** Er beteiligt sich aktiv an der öffentlichen und politischen Meinungsbildung in Form von Fachartikeln, Auftritten an Veranstaltungen und Kontakten zu Politikern und Behörden.
- **Netzwerk:** Er pflegt und baut sein Netzwerk aus und unterstützt damit die positive Positionierung der aeesuisse in Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft.