



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Bundesamt für Energie BFE**

# Energieforschungskonzept 2017–2020





# Zusammenfassung

Mit dem von Bundesrat und Parlament im Jahr 2011 gefällten Grundsatzentscheid für einen schrittweisen Ausstieg aus der Kernenergie und dem dadurch bedingten sukzessiven Umbau des Schweizer Energiesystems bis ins Jahr 2050, kommt der Energieforschung des Bundes eine besondere Bedeutung zu. Das Bundesamt für Energie (BFE) deckt mit seinen Energieforschungsprogrammen beinahe das gesamte Spektrum der Energieforschung ab. Eine Sonderstellung nimmt die Kernenergie ein, für die das BFE lediglich die Funktion einer Auskunftsstelle übernimmt.

## BFE ist wichtige Förderinstanz

2014 hat die öffentliche Hand 305.9 Millionen Franken für die Energieforschung aufgewendet. Mit 51,6 % steuerte der ETH-Bereich den grössten Anteil bei. Das BFE war mit einem Anteil von 11,2 % nach der Kommission für Technologie und Innovation (KTI, 12,5 %) aber noch vor der Europäischen Kommission (Forschungsrahmenprogramme, 7,2 %) drittgrösster Forschungsförderer.

Von den 2014 durch das BFE aufgewendeten 34.4 Millionen Franken flossen 18.2 Millionen Franken in Projekte aus dem Bereich Energieeffizienz. 12.8 Millionen Franken wurden für Projekte im Zusammenhang mit erneuerbarer Energie und rund 2.9 Millionen Franken für sozialwissenschaftliche beziehungsweise ökonomische Projekte aufgewendet. Für die Koordination der Energieforschung benötigt das BFE rund 1 Million Franken. Die Beteiligungen an den Forschungsprogrammen der Internationalen Energieagentur (IEA) unterstützt das BFE im Rahmen seines Budgets mit rund 1 Millionen Franken.

## BFE übernimmt wichtige Koordinationsfunktion

Das BFE ist nicht nur eine der wichtigsten Förderinstitutionen, sondern ist auch die zentrale Stelle für die Koordination der verschiedenen Förderinstrumente. Mit dem Aufbau von acht Swiss Competence Centers in Energy Research (SCCER) ab 2014 hat der Bedarf nach Koordination der Aktivitäten der öffentlichen Hand weiter zugenommen.

Durch den Einsitz in den verschiedensten Gremien wie beispielsweise der Projektförderung der Kommission für Technologie und Innovation (KTI), der Steuerungsgruppe für die SCCER, der Nationalen Forschungsprogramme des SNF zur Energiewende, der Forschungskommissionen verschiedener Hochschulen oder der Steuerungsgruppe Energieforschung Stadt Zürich ist das BFE in der

Lage, Synergien zwischen den Förderinstitutionen sicherzustellen und Doppelspurigkeiten weitestgehend zu vermeiden.

## BFE stellt die internationale Einbindung sicher

Eine der zentralen Aufgaben des BFE ist die Einbindung der Schweizer Forschenden in internationale Forschungsaktivitäten. Neben verschiedenen multilateralen Abkommen sind dies vor allem die Forschungsprogramme der Internationalen Energieagentur (IEA) und der Europäischen Kommission.

### Multilaterale Kooperationen

Neben der EU und der IEA sind auch multilaterale Kooperationen für die Schweizer Forschenden von zentraler Bedeutung. Über verschiedene Abkommen stellt das BFE sicher, dass die Schweiz an weiteren internationalen Programmen teilnehmen kann, wie etwa an der International Partnership for Geothermal Technology, oder an Abkommen mit Deutschland und Österreich (DACH-Kooperationen) in den Bereichen Smart grids und Smart cities.

### Internationale Energieagentur (IEA)

Die Forschungsprogramme der IEA – sogenannte Technology Collaboration Programmes (TCP)<sup>1</sup> – sind ein zentrales Element der Schweizer Forschungsförderung. Das BFE sorgt für die nötigen Rahmenbedingungen für die Teilnahme Schweizer Forschender. Die Schweiz ist an über der Hälfte der rund 40 TCP beteiligt. Daneben stellt das BFE subsidiär Projektfördermittel für Schweizer Forschenden im Rahmen der TCP zur Verfügung.

### Forschungsrahmenprogramme der EU

Im Frühjahr 2014 wurde die Teilnahme der Schweiz an Forschungsrahmenprogramm Horizon 2020 von der Europäischen Kommission stark eingeschränkt. Eine Teilnahme von Schweizer Forschenden ist seither bei der eigentlichen Projektförderung (dritter Pfeiler bzw. «Societal challenges» des Forschungsrahmenprogramms Horizon 2020) nur noch als Drittland möglich und das BFE ist nicht mehr in den Leitungsgremien vertreten.

### Inkrafttreten

Das Energieforschungskonzept des Bundesamts für Energie 2017–2020 tritt auf den 1. Januar 2017 in Kraft. Es wird in den Sprachen Deutsch und Französisch elektronisch publiziert.

<sup>1</sup> Frühere Bezeichnung: Implementing Agreements

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Überblick Politikbereich Energie</b> .....	<b>7</b>
2.1	Strategische Ausrichtung der Energieforschung des BFE .....	8
2.2	Gesetzliche Grundlagen .....	9
2.3	Rückblick auf Periode 2013–2016 .....	9
2.4	Finanzierung .....	12
2.5	Herausforderungen .....	14
<b>3</b>	<b>Forschungsschwerpunkte 2017–2020</b> .....	<b>17</b>
3.1	Forschungsprogramme im Bereich Energieeffizienz .....	18
3.1.1	Brennstoffzellen .....	18
3.1.2	Elektrizitätstechnologien .....	19
3.1.3	Gebäude und Städte .....	19
3.1.4	Industrielle Prozesse .....	20
3.1.5	Mobilität .....	20
3.1.6	Netze .....	21
3.1.7	Verbrennungsbasierte Energiesysteme .....	21
3.1.8	Wärmepumpen- und Kältetechnologie .....	22
3.2	Forschungsprogramme im Bereich erneuerbare Energien .....	25
3.2.1	Bioenergie .....	25
3.2.2	Photovoltaik .....	26
3.2.3	Geoenergie .....	26
3.2.4	Solare Hochtemperaturenergie .....	27
3.2.5	Solarthermie und Wärmespeicherung .....	27
3.2.6	Talsperren .....	28
3.2.7	Wasserkraft .....	28
3.2.8	Wasserstoff .....	29
3.2.9	Windenergie .....	29
3.3	Forschungsprogramme im Bereich Gesellschaft und Wirtschaft .....	30
3.3.1	Energie–Wirtschaft–Gesellschaft .....	30
3.3.2	Radioaktive Abfälle .....	31
<b>4</b>	<b>Finanzierung 2017–2020</b> .....	<b>32</b>
<b>5</b>	<b>Akteure und Schnittstellen</b> .....	<b>33</b>
5.1	Nationale Akteure und Schnittstellen .....	33
5.1.1	Schnittstellen zum Schweizerischen Nationalfonds (SNF) .....	33
5.1.2	Schnittstellen zu Bundesämtern und weiteren Bundesstellen .....	33
5.1.3	Schnittstellen zur Kommission für Technologie und Innovation (KTI) .....	36
5.1.4	Schnittstellen zu den SCCER .....	36
5.1.5	Nationale Förderinstitutionen .....	36
5.2	Internationale Zusammenarbeit .....	36

<b>6</b>	<b>Organisation und Qualitätssicherung</b> .....	<b>40</b>
6.1	Interne Organisation.....	40
6.2	Begleitkommissionen und -gruppen.....	41
6.2.1	Commission fédérale pour la recherche énergétique (CORE) .....	41
6.2.2	Begleitgruppen .....	41
6.3	Qualitätssicherung.....	41
6.4	Wissens- und Technologietransfer.....	42
	<b>Anhänge</b> .....	<b>44</b>
<b>A</b>	<b>Ressortforschung</b> .....	<b>44</b>
<b>B</b>	<b>Spezialgesetzliche Grundlagen</b> .....	<b>44</b>
<b>C</b>	<b>Koordinationsausschuss Ressortforschung</b> .....	<b>45</b>
<b>D</b>	<b>Datenbank ARAMIS</b> .....	<b>45</b>
<b>E</b>	<b>Qualitätssicherung in der Forschung der Bundesverwaltung</b> .....	<b>46</b>
<b>F</b>	<b>Nationale und internationale Gremien mit Einsitz des BFE</b> .....	<b>46</b>
<b>G</b>	<b>Technologiereifestufen (TRS)</b> .....	<b>48</b>
<b>H</b>	<b>Checkliste für die Forschungsförderung</b> .....	<b>50</b>
<b>I</b>	<b>Glossar</b> .....	<b>53</b>

## Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1	Innovationskette.....	6
Abbildung 2	Entwicklung der Förderung der Energieforschung durch die öffentliche Hand .....	12
Abbildung 3	Entwicklung der Förderung der Energieforschung durch das BFE .....	13
Tabelle 1	Förderung: Technologiereifestufen im Bereich Energieeffizienz .....	18
Tabelle 2	Förderung: Technologiereifestufen im Bereich erneuerbare Energien .....	25
Tabelle 3	Vom BFE eingeplante Budgets für die Periode 2017–2020 .....	32
Tabelle 4	Zusammenarbeit des BFE mit anderen Bundesstellen. ....	34
Tabelle 5	Definitionen der Technologiereifestufen .....	49

# 1 Einleitung

Mit dem von Bundesrat und Parlament im Jahr 2011 gefällten Grundsatzentscheid für einen schrittweisen Ausstieg aus der Kernenergie und dem dadurch bedingten sukzessiven Umbau des Schweizer Energiesystems bis ins Jahr 2050, kommt der Energieforschung des Bundes eine besondere Bedeutung zu. Die vom Bundesrat 2011 initiierten Nationalen Forschungsprogramme (NFP) des Schweizerischen Nationalfonds (SNF) zur «Energiewende» und zur «Steuerung des Energieverbrauchs» konnten 2014 gestartet werden. Gleichzeitig konnten im Laufe 2014 die acht im Rahmen des Aktionsplans *Koordinierte Energieforschung Schweiz*<sup>2</sup> (Aktionsplan) vorgesehenen Kompetenzzentren etabliert werden (Swiss Competence Centers in Energy Research, SCCER). Damit wird der Kapazitätsaufbau in den Bereichen Netze, Speicherung, Biomasse, Geothermie und Wasserkraft, Effizienz in Gebäuden, Effizienz in industriellen Prozessen, Mobilität, Sozioökonomie und Recht vorangetrieben. Für die Periode 2013–2016 wurden vom Parlament dafür 202 Millionen Franken bewilligt. Für die Periode 2017–2020 wurde dem Parlament die Weiterführung der Unterstützung beantragt. Ab 2021 sollen diese Kompetenzzentren dann selbständig an den Hochschulen weitergeführt werden.

Die Forschungslandschaft der Schweiz hat sich somit in den letzten Jahren wesentlich geändert. Dem starken personellen Ausbau der Forschungskapazitäten (SCCER) stehen allerdings mit den im Rahmen des Aktionsplans gesprochenen 46 Millionen Franken (4 Jahre) für die Kommission für Technologie und Innovation (KTI) wenig zusätzliche Fördermittel im Bereich der anwendungsorientierten Forschung zur Verfügung. Dieser Bereich wird auch durch die Ressortforschung des Bundesamts für Energie (BFE) abgedeckt (Abbildung 1).

Das vorliegende Energieforschungskonzept des BFE gilt für die Periode 2017–2020 und lehnt sich eng an das *Konzept der Energieforschung des Bundes 2017–2020*<sup>3</sup> an, welches von der Eidgenössischen Energieforschungskommission CORE erstellt wird.

## Das BFE ist eine der wichtigsten Förderstellen

Für die Umsetzung des vorliegenden Forschungskonzepts verfügt das BFE über eigene Fördermittel, die subsidiär zu den Anstren-

gungen der privaten und öffentlichen Forschungsstellen eingesetzt werden. Die Koordination der Arbeiten erfolgt dabei über die Forschungsprogramme des BFE (Kapitel 3). Mit einem Anteil von rund 11,2 % (2014) an den Aufwendungen der öffentlichen Hand im Bereich der Energieforschung ist das BFE eine der wichtigsten öffentlichen Förderstellen (Abbildung 2).

Für die Umsetzung der Ergebnisse in den Markt besteht eine enge Zusammenarbeit einerseits mit den entsprechenden Stellen innerhalb des BFE – im Speziellen mit dem Wissens- und Technologietransfer (WTT) und EnergieSchweiz –, aber auch mit anderen Bundesstellen wie beispielsweise der Kommission für Technologie und Innovation (KTI).

Das BFE erstellt jährlich die Energieforschungsstatistik des Bundes<sup>4</sup>, die Auskunft über die Aufwendungen der mit öffentlichen Mitteln finanzierten Energieforschung sowie eine detaillierte Zusammenstellung der Geldflüsse gibt. Gemäss der letzten durchgeführten Erhebung 2014 kamen rund 51,6 % der von der öffentlichen Hand aufgewendeten 305,9 Millionen Franken aus dem ETH-Bereich. Das BFE war mit einem Anteil von 11,2 % nach der KTI drittgrösste Förderinstitution.

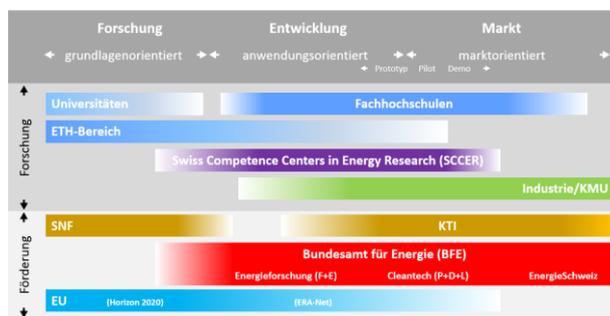


Abbildung 1 Innovationskette

Die Forschungsförderung des BFE deckt den Bereich von anwendungsorientierter Forschung bis zu Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekten ab. SCCER: Swiss Competence Centers in Energy Research. Die früher durch die Europäische Kommission erfolgte Finanzierung wird seit 2014 durch das Staatssekretariat für Bildung, Forschung und Innovation (SBFI) sichergestellt (Quelle: BFE)

<sup>2</sup> [www.admin.ch/aktuell/00089/?lang=rm&msg-id=44782](http://www.admin.ch/aktuell/00089/?lang=rm&msg-id=44782)

<sup>3</sup> Konzept der Energieforschung des Bundes 2017–2020, [www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch)

<sup>4</sup> Energieforschungsstatistik des Bundes, [www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch)

## 2 Überblick Politikbereich Energie

Die Energiepolitik der Schweiz steht vor grossen Herausforderungen. Um die in der Energiestrategie 2050 des Bundesrats festgelegten Ziele zu erreichen, muss der Zubau erneuerbarer Energie stark forciert und die Energieeffizienz in Gebäuden, in der Industrie im Verkehr und bei Elektrogeräten wesentlich erhöht werden. «More of the same» wird dabei nicht zur Lösung dieser Herausforderungen ausreichen.

### Energieforschung ist langfristig angelegt

Es braucht neue Denkweisen, neue Ansätze, neue Technologien. Aber gerade das Verlassen altbewährter Pfade verlangt eine Förderstrategie, die nicht in erster Linie den in die Forschung investierten Franken mit der damit unmittelbar eingesparten Kilowattstunde gleichsetzt. Forschung braucht einen Freiraum, der es erlaubt, grundsätzlich neue Ideen aufzugreifen und auszuprobieren. Die Forschungsförderung des BFE ermöglicht dies, indem sie neben umsetzungsorientierter Forschung auch anwendungsorientierte Grundlagenforschung unterstützt. Das BFE ist die einzige Förderstelle der öffentlichen Hand, welche Forschungsthemen im Energiebereich über national abgestützte Forschungsprogramme auch über längere Zeiträume von fünf bis zehn Jahren und mehr unterstützt.

Mit den im Rahmen des Aktionsplans aufgebauten SCCER hat das Parlament starken Einfluss auf die Forschungslandschaft der Schweiz ausgeübt. Der starke personelle Zuwachs bei der Energieforschung hat zur Folge, dass auch verstärkt Fördergelder beantragt werden (Drittmittel). Die Erhöhung der finanziellen Mittel der KTI für Energieprojekte um rund 11 Millionen Franken pro Jahr für die Periode 2013–2016 deckte dies nur teilweise ab.

Mit den beiden Ende 2014 gestarteten und bis 2019 laufenden Nationalen Forschungsprogrammen (NFP) zu den Themen «Energie-wende» und «Steuerung des Energieverbrauchs» wurden Forschungsprojekte im Umfang von 45 Millionen Franken ausgelöst.

### Internationale Einbindung der Schweizer Forschenden

Erfolgreiche Forschung hat immer auch eine internationale Ausrichtung: Internationale Zusammenarbeit verstärkt die Effizienz der eingesetzten Mittel und ermöglicht einen effektiven Wissensaustausch zwischen den Forschenden. Voraussetzung für eine erfolgreiche Zusammenarbeit – insbesondere im Rahmen von IEA- und

EU-Projekten – sind wissenschaftlich anerkannte und qualitativ hochwertige Beiträge der Schweiz.

Die nationale und internationale Vernetzung der Schweizer Forschenden ist daher neben der aktiven Unterstützung von wirtschaftlich risikoreichen Forschungsvorhaben und dem Schliessen von Lücken in der Innovationskette (Abbildung 1) eine der Hauptaufgaben der Energieforschung des BFE. Über ein umfassendes, über Jahrzehnte aufgebautes Kontaktnetzwerk sucht das BFE aktiv nach aussichtsreichen Projekten, verlinkt ähnlich ausgerichtete Forschungsvorhaben und unterstützt die Forschenden bei der Suche nach Drittmitteln.

Die Schweiz ist über das BFE in die wichtigsten Forschungsprogramme der IEA eingebunden. Hierbei stehen vor allem die Technology Collaboration Programmes (TCP) im Vordergrund. Die Schweiz ist an über der Hälfte der rund 40 laufenden ETI aktiv beteiligt und stellt mit zurzeit fünf Vorsitzenden überdurchschnittlich viele Leitungspersonen. Das BFE kommt für die Mitgliederbeiträge auf, finanziert den Einsatz Schweizer Forschender beziehungsweise Fachpersonen in den Steuerungs- und Leitungsgremien der ETI und unterstützt Schweizer Forschende in den im Rahmen der ETI ausgeschriebenen Forschungsprojekten mit Förderbeiträgen. Damit ist einerseits die Vernetzung mit rund 6'000 Forschenden weltweit sichergestellt und andererseits der Fokus der Förderung des BFE auf für politische Massnahmen und Entscheide relevante Forschung und Innovation gesetzt.

Seit dem Frühjahr 2014 ist die Teilnahme der Schweiz am europäischen Forschungsrahmenprogramm Horizon 2020 stark eingeschränkt. Eine Teilnahme von Schweizer Forschenden ist seither bei der eigentlichen Projektförderung, dem dritten Pfeiler («Societal challenges») von Horizon 2020 nur noch als Drittländler möglich. Die früher durch die Europäische Kommission erfolgte Finanzierung wird seit 2014 durch das Staatssekretariat für Bildung, Forschung und Innovation (SBFI) sichergestellt.

Die Beteiligung an den energierelevanten European Research Area Networks (ERA-Net) der EU ist weiterhin uneingeschränkt möglich. Im Bereich der sogenannten ERA-Net Cofund Action (ERA-Net CFA, Kapitel 5.2), bei welchen die Europäische Kommission die für gemeinsame Projektausschreibungen gepoolten nationalen Fördermittel um bis zu 15 Millionen Euro aufstockt, erfolgt die Finanzierung der Schweizer Projekte durch das BFE. Pro ERA-Net CFA und Jahr rechnet das BFE mit rund einer Million Franken.

## 2.1 Strategische Ausrichtung der Energieforschung des BFE

Die Aufgaben des BFE sind auf nachhaltige Energiebereitstellung und -nutzung sowie auf die energetische Versorgungssicherheit der Schweiz ausgerichtet. Entsprechend dieser strategischen Ausrichtung richtet sich auch die vom BFE geförderte Energieforschung an der Versorgungssicherheit der Schweiz und an einem effizienten Wissens- und Technologietransfer aus. Der wissenschaftliche Rahmen wird dabei durch das von der CORE erarbeitete Energieforschungskonzept des Bundes<sup>3</sup> gegeben.

### Unique Selling Proposition – das Alleinstellungsmerkmal

Das BFE fördert einen Bereich der Innovationskette, der von SNF und KT1 nicht in gleicher Weise abgedeckt wird (Abbildung 1). Im Gegensatz zu diesen Förderinstitutionen kann das BFE auch direkt Forschende aus der Industrie unterstützen und bei den Pilot- und Demonstrationsprojekten sollen explizite auch private Unternehmen unterstützt werden, um eine direkte Umsetzung der Forschungsergebnisse im kommerziellen Umfeld sicherzustellen.

Das BFE ist damit in der Lage, gezielt Forschungsfelder von der anwendungsorientierten Forschung bis hin zum Nachweis der wirtschaftlichen Machbarkeit im realen Umfeld zu unterstützen.

### Strategische Ausrichtung auf Energieeffizienz und erneuerbare Energien

Die Forschungsförderung des BFE orientiert sich entlang der Achsen «Energieeffizienz», «erneuerbare Energien» und «Gesellschaft und Wirtschaft». Die Forschungsprogramme des BFE lassen sich entsprechend in diese Kategorien einordnen.

### Kernenergieforschung erfolgt durch PSI, EPFL und ENSI

Mit Ausnahmen des Forschungsprogramms Radioaktive Abfälle führt das BFE keine eigenen Forschungsprogramme im Bereich Kernenergie. Es unterhält jedoch eine Kontaktstelle Kernenergie, welche mit den entsprechenden Forschungseinrichtungen eng vernetzt ist und allfällige Fragestellungen in Absprache mit diesen klären kann. Die Forschungstätigkeiten im Bereich der Kernspaltung werden durch das Paul-Scherrer-Institut (PSI) wahrgenommen<sup>5</sup>, jene im Bereich der Fusion durch die EPFL<sup>6</sup>. Schliesslich ist das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) zuständig für die Regulatorische Sicherheitsforschung<sup>7</sup>.

### Die Leitsätze der Forschungsförderung des BFE

Die Ausrichtung der Energieforschung des BFE richtet sich nach folgenden Leitsätzen:

- 1. Ganzheitliche Denkweise:** Die Energieforschung soll von einer ganzheitlichen Denkweise getragen werden. Insbesondere soll den Beziehungen zwischen Technik und Umwelt sowie gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Aspekten verstärkt Beachtung geschenkt werden, wobei interdisziplinäre Vorhaben im Fokus des Interesses stehen. Im Speziellen engagiert sich das BFE bei zukunftssträchtigen Themen, die von der Privatwirtschaft noch nicht oder nur ungenügend aufgegriffen werden.
- 2. Fokus Versorgungssicherheit:** Entsprechend der strategischen Ausrichtung des BFE richtet sich die vom BFE geförderte Energieforschung an der Versorgungssicherheit der Schweiz und an einem effizienten Wissens- und Technologietransfer aus.
- 3. Zweckgerichtete Forschungsprojekte:** Das BFE unterstützt in erster Linie zweckgerichtete und anwendungsorientierte Energieforschung.
- 4. Wertschöpfung in der Schweiz:** Die Energieforschung des BFE gibt jenen Forschungsvorhaben Vorrang, die von kompetenten Forschergruppen bearbeitet werden, dem strategischen Aufbau von Kompetenzen dienen, eine hohe Wertschöpfung für die Schweiz erwarten lassen oder signifikante Beiträge zur globalen Nachhaltigkeit liefern. Forschung im Ausland wird nur unterstützt, wenn dadurch auch eine Wertschöpfung – in wirtschaftlicher oder wissenschaftlicher Hinsicht – in der Schweiz erfolgt oder die Resultate für die eigentliche Ressortforschung unbedingt benötigt werden.
- 5. Kooperation mit der Privatwirtschaft:** Der Einsatz von Bundesmitteln in der Privatwirtschaft setzt voraus, dass sich die Unternehmen am Aufwand angemessen beteiligen. So soll sichergestellt werden, dass Vorhaben mit guten Aussichten auf Umsetzung zum Zuge kommen. Die breite Nutzung des mit öffentlichen Fördermitteln erwirtschafteten geistigen Eigentums durch die Privatwirtschaft steht dabei im Vordergrund. Dazu werden die Forschungsergebnisse, die im Rahmen einer BFE-Förderung entstehen, veröffentlicht.

<sup>5</sup> [www.psi.ch/organisation-nes](http://www.psi.ch/organisation-nes)

<sup>6</sup> Swiss Plasma Center (SPC), [www.epfl.ch](http://www.epfl.ch)

<sup>7</sup> [www.ensi.ch/de/kernanlagen/sicherheitsforschung](http://www.ensi.ch/de/kernanlagen/sicherheitsforschung)

## 2.2 Gesetzliche Grundlagen

Das Engagement des Bundes in Forschung und Forschungsförderung wird durch Art. 64 der Bundesverfassung (SR 101) legitimiert, indem der Bund die wissenschaftliche Forschung und die Innovation fördert. Die Forschungsaktivitäten der Bundesverwaltung werden im Forschungs- und Innovationsförderungsgesetz (FIFG, SR 420.1) weiter präzisiert: Die Bundesverwaltung ist hierbei ein Forschungsorgan, soweit sie für die Erfüllung ihrer Aufgaben Forschung in Auftrag gibt oder unmittelbar unterstützt (Art. 5). Der Bund fördert die Forschung nach dem FIFG und Spezialgesetzen unter anderem durch direkte Beiträge (Art. 6). Die Departemente können für Aufgaben im öffentlichen Interesse Forschungsaufträge erteilen oder sich an den Kosten von Forschungsvorhaben beteiligen (Art. 16). Mit Art. 24 des FIFG werden die Forschungsorgane verpflichtet, Mehrjahresprogramme zu erstellen, in welchen sie Auskunft über die beabsichtigten Forschungstätigkeiten geben. Das BFE stützt sich bei seiner Forschungsförderung ferner auch auf die nachfolgend aufgeführten rechtlichen Grundlagen ab.

- Energiegesetz EnG (SR 730.0), Art. 12 und 14;
- Subventionsgesetz SuG (SR 616.1), Art. 11 und 23;
- Kernenergiegesetz KEG (SR 732.1), Art. 86;

- Bundesgesetz über das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSIG (SR 732.2), Art. 6;
- CO<sub>2</sub>-Gesetz (SR 641.71);
- Bundesgesetz über die Wasserbaupolizei (SR 721.10), Art. 3<sup>bis</sup>;
- Verordnung über die Sicherheit der Stauanlagen (SR 721.102).

Für die Arbeiten der Eidgenössischen Energieforschungskommission CORE gelten ferner die folgenden Spezialreglemente.

- Verfügung des Bundesrats über die Einsetzung der Eidgenössischen Energieforschungskommission;
- Regierungs- und Verwaltungsorganisationsgesetzes RVOG (SR 172.010), Art. 57;
- Ausserparlamentarische Kommissionen: Kriterienkatalog zur Überprüfung nach Artikel 57d des Regierungs- und Verwaltungsorganisationsgesetzes (RVOG; SR 172.010).

## 2.3 Rückblick auf Periode 2013–2016

Die Energieforschung und das Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprogramm des BFE förderten in der Periode 2013–2016 jährlich durchschnittlich rund 300 Forschungs- und über 70 Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte. Dabei beschränkte sich die Forschungsförderung nicht nur auf die finanzielle Unterstützung von Forschungsvorhaben, sondern umfasste neben der fachlich-wissenschaftlichen Prüfung der Gesuche auch eine beratende Begleitung der Forschungsprojekte, beispielsweise durch Einsitz der Forschungsverantwortlichen des BFE in Arbeits- und Begleitgruppen.

Die Arbeiten in der Periode 2013–2016 waren stark von den Ereignissen von Fukushima geprägt. Unter Federführung der KTI wurde der Aufbau von acht SCCER mit massgeblicher Unterstützung des BFE vorangetrieben. Um die Koordination zwischen diesen SCCER und den verschiedenen Förderstellen der öffentlichen Hand sicherzustellen, hat das BFE Einsitz in die Evaluationspanel der KTI, welche die Arbeit der SCCER bewerten, oder ist als Beobachter in den Steuerungsgremien der SCCER vertreten.

Bei den im Rahmen des Aktionsplans vom SNF ausgeschriebenen Nationalen Forschungsprogramme (NFP) zur «Energiewende» und zur «Steuerung des Energieverbrauchs» kam dem BFE eine zentrale Rolle zu, da sämtliche der rund 150 eingereichten Projektanträge durch das BFE geprüft und bewertet werden mussten. Das BFE ist zudem als Beobachter in den beiden Leitungsgruppen vertreten und leitet die Begleitgruppe der Bundesverwaltung.

Obschon sich die Schweiz seit 2014 nur noch als Drittland an Projekten des Forschungsrahmenprogramms Horizon 2020 der Europäischen Kommission beteiligen kann, hat das BFE massgebend an der Ausarbeitung der folgenden sogenannten European Research Area Networks Cofund action (ERA-Net CFA) mitgewirkt:

- ERA-Net CFA Smart cities and communities;
- ERA-Net CFA Smart grids;
- ERA-Net CFA ACT (Carbon Capture and Storage, CCS);
- ERA-Net CFA Geothermal
- ERA-Net CFA Solar Power Technology.

Daneben hat das BFE an verschiedenen herkömmlichen ERA-Net aus dem Forschungsrahmenprogramm 7 der Europäischen Kommission mitgewirkt.

Bei den ERA-Net CFA beteiligt sich die Europäische Kommission finanziell mit bis zu einem Drittel an den Gesamtkosten<sup>8</sup>.

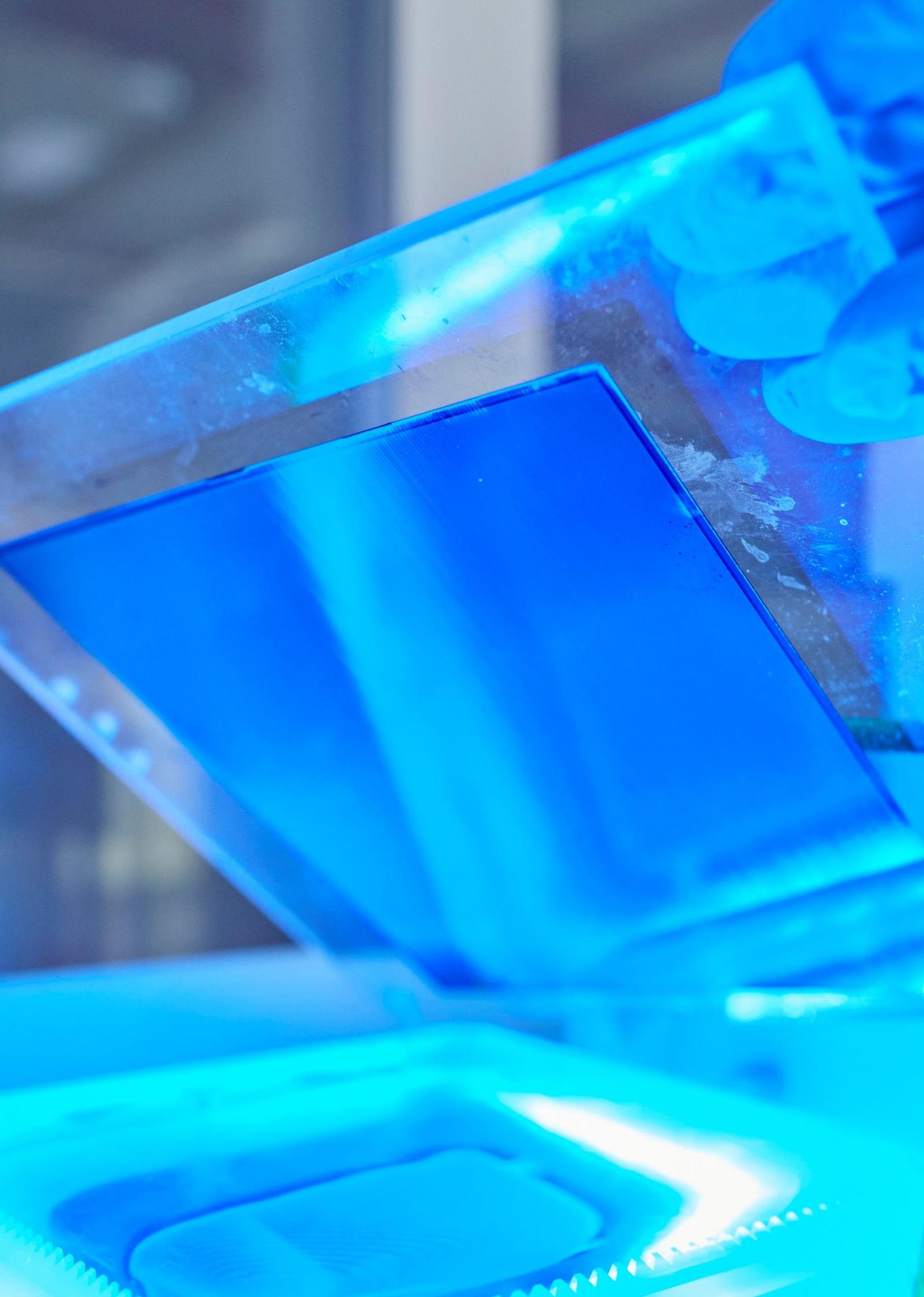
Mit der Lancierung der Energiestrategie 2050 und den damit verbundenen zusätzlichen Fördermitteln hat sich die Anzahl zu beurteilender Projekte für die Energieforschung des BFE stark erhöht. Neben den rund 19 Millionen Franken, die dem BFE für Forschungsprojekte jährlich zur Verfügung standen, wurden die Fördermittel des BFE für Pilot- und Demonstrationsprojekte von rund

5 auf 25 Millionen Franken pro Jahr aufgestockt. Hinzu kamen zusätzliche 10 Millionen Franken pro Jahr für das neu geschaffene Leuchtturmprogramm des BFE und weitere rund 5 Millionen Franken, welche die Bundesämter für Verkehr (BAV) und Strassen (ASTRA) im Rahmen der Energiestrategie 2050 zugesprochen erhielten. Mit den rund 11 Millionen Franken pro Jahr, welche die KTI zusätzlich für Energieprojekte erhalten hat wurden durch das BFE jährlich von der öffentlichen Hand unterstützte Projekte im Umfang von über 70 Millionen Franken begutachtet und bewertet. Dazu kamen vom SNF ausgeschriebenen NFP 70 und 71 mit einem Gesamtvolumen von 45 Millionen Franken.

---

<sup>8</sup> Seit Verlust des Status eines assoziierten Landes kann die Schweiz nicht mehr von diesem «top-up» der Europäischen Kommission profitieren. Schweizer Forschende, deren Projekte von der Kommission bewilligt wurden, können die Projektgelder beim SBFI beantragen. Im Rahmen von ERA-Net CFA im Energiebereich ist aber das UVEK Unterzeichner des

Grant agreement mit der Kommission. Da das SBFI keine Finanzmittel an andere Bundesstellen transferieren kann, gehen die Projektkosten somit vollständig zulasten des BFE. Dies schränkt die Möglichkeit der Beteiligung von Schweizer Forschenden an ERA-Net CFA stark ein.



## 2.4 Finanzierung

Das BFE steuert aktuell einen Anteil von rund 11,2 % an die Ausgaben der öffentlichen Hand im Bereich der Energieforschung und der marktnahen Technologieentwicklung bei (Abbildung 2). Mit seiner Ressortforschung fördert das BFE neben den eigentlichen Forschungs-, Entwicklungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekten auch die Vernetzung der Schweizer Forschergemeinschaft mit den internationalen Forschungsprogrammen der IEA und der EU.

### Entwicklung im Politikbereich

Abbildung 2 zeigt die Entwicklung der Aufwendungen der öffentlichen Hand für die Energieforschung für die Jahre 1990 bis 2014. Seit 2006 ist ein kontinuierlicher Anstieg der Aufwendungen für die Energieforschung festzustellen. Der Anteil der Kernenergie hat seit 2000 von 31,6 auf 14,2 % abgenommen.

In Abbildung 3 ist die abnehmende Entwicklung der Fördermittel des BFE für Forschung und Entwicklung (F+E) und die zunehmende Entwicklung für Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte (P+D+L) dargestellt.

### Mittel für die direkte Finanzierung (2017–2020)

Für den Zeitraum 2017–2020 geht das BFE bei der Förderung der Energieforschung und der marktnahen Entwicklung neuer Energietechnologien von einem leicht sinkenden Budget aus: durchschnittlich 17,9 Millionen Franken für E+F und 33,7 Millionen Franken für P+D+L pro Jahr. Dem steht die Tatsache entgegen, dass mit dem deutlichen Zuwachs an Forschungskapazitäten bei den SCCER aufgrund des Aktionsplans auch die Anfragen für Forschungsförderung an das BFE steigen werden (Drittmittelbeschaffung der Hochschulen).

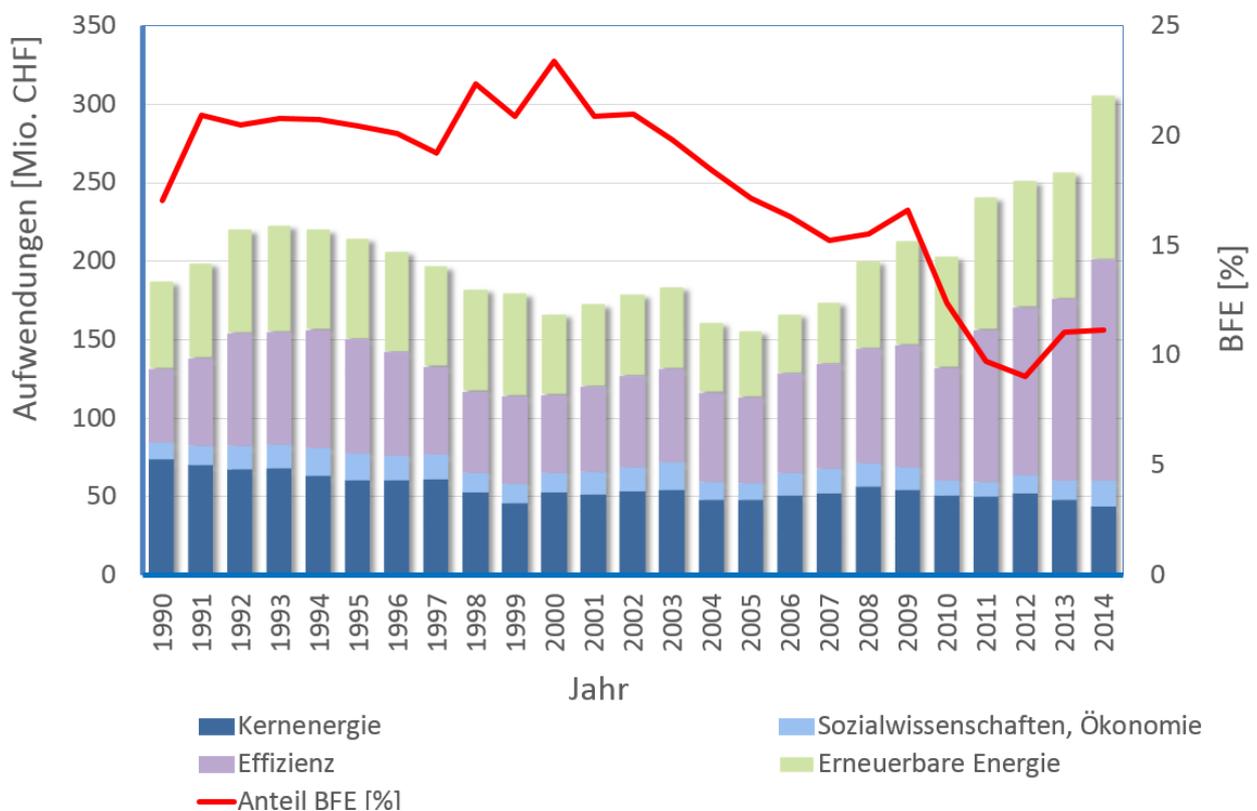
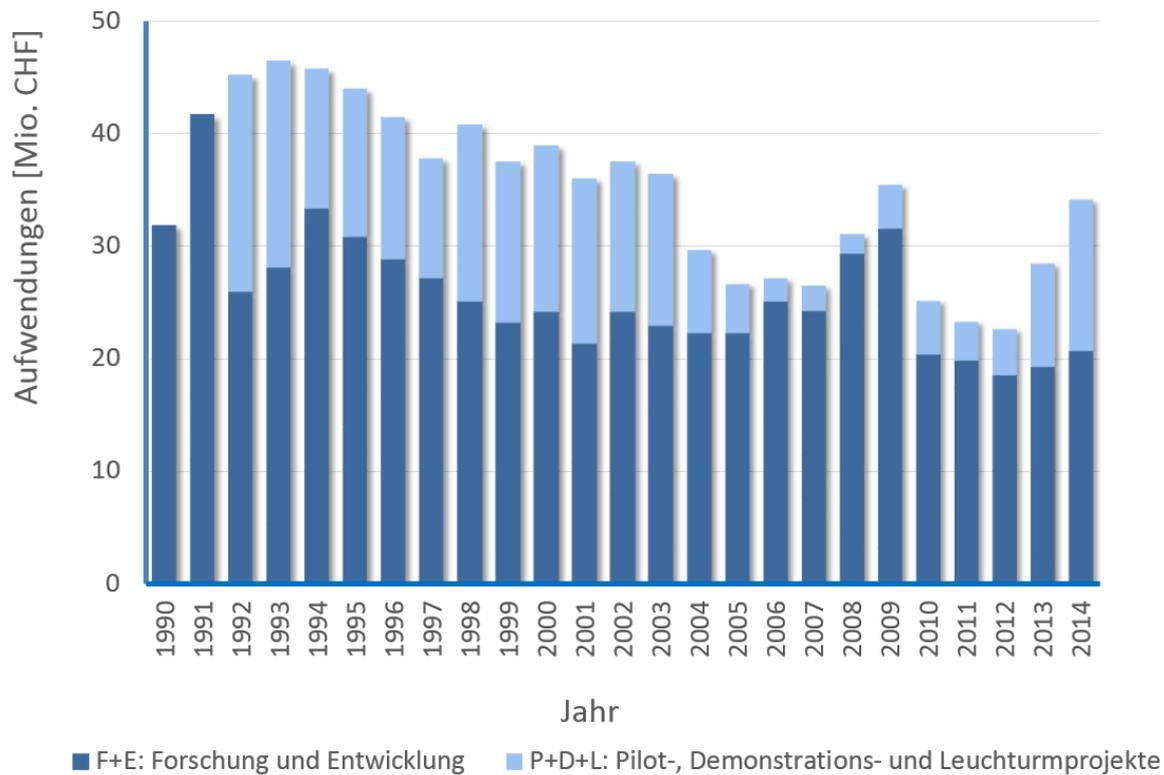


Abbildung 2 Entwicklung der Förderung der Energieforschung durch die öffentliche Hand

Die Fördermittel des BFE betragen 2014 rund 34 Millionen Franken. Der Anteil des BFE an der Förderung sank von 23,4 % (2000) auf 11,2 % im Jahr 2014. Die Werte sind nicht teuerungskorrigiert. (Quelle: BFE)



**Abbildung 3** Entwicklung der Förderung der Energieforschung durch das BFE

Bis 2009 wurden die Aufwendungen von BFE und ENSI zusammen aufgeführt. 2009 hat der Bundesrat der Energieforschung des BFE in Erfüllung der Motion Theiler (06.3835) eine einmalige, auf ein Jahr befristete Budgeterhöhung von 4 Millionen Franken zugesprochen, von welcher 1 Millionen Franken zugunsten der Pilot- und Demonstrationsprojekte und 3 Millionen Franken zugunsten von Forschungsprojekten im Bereich der erneuerbaren Energie verwendet wurden. Diese 4 Millionen Franken standen 2010 nicht mehr zur Verfügung. Zudem werden seit 2010 die Aufwendungen des BFE und des ENSI separat aufgeführt. Die Werte sind nicht teuerungskorrigiert. (Quelle: BFE)

## 2.5 Herausforderungen

Die zentrale Aufgabe für die Energieforschung ist die Ausarbeitung eines Technologieportfolios für die rechtzeitige Bereitstellung von geeigneten Technologien und Methoden, um die sowohl in der Schweiz, als auch in Europa (hier vor allem die EU) und weltweit (IEA) gesetzten Ziele hinsichtlich der Reduktion des Energieverbrauchs innerhalb der jeweils gegebenen Fristen zu erreichen. Diese Zielsetzungen sind in diversen Publikationen wie etwa den Energy Technology Perspectives (ETP) der IEA und den Roadmaps für verschiedene Technologien (IEA, EU) beschrieben.

Die Energieforschung des BFE ist primär auf die Ziele der Energiestrategie 2050 ausgerichtet. Neben den in Kapitel 3 beschriebenen technisch-wissenschaftlichen Zielsetzungen gehören dazu auch die enge Verknüpfung des BFE mit allen wesentlichen Akteuren der nationalen und internationalen Energieforschung und die Sicherstellung der Anbindung der Schweizer Energieforschung an die Programme der IEA und der EU.

### Erhöhter Koordinationsaufwand

Das BFE hat den Auftrag, die Schweizer Energieforschung zu koordinieren. Zu diesem Zweck pflegt das BFE einen engen Austausch mit den Akteuren im Bereich der Schweizer Energieforschung. Dazu gehören neben regelmässigen Arbeitstreffen auch Labor- und Tagungsbesuche sowie die (Mit-)Organisation von Konferenzen und Tagungen.

Über die im Rahmen des Aktionsplans geschaffenen SCCER wird die Schweizer Forschungskapazität im Zeitraum 2013 bis 2020 stark ausgebaut. Die damit verbundene steigende Anzahl der im Energiebereich tätigen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler stellt hohe Anforderungen an die nationale, aber auch an die internationale Koordination der Energieforschung durch das BFE.

### Punktuell mehr Fördergelder

Mit dem Aktionsplan und der Botschaft zur Energiestrategie 2050 wurde nicht nur der Kapazitätsaufbau im Bereich der Schweizer Energieforschung vorangetrieben, sondern es wurden auch punktuell zusätzliche Fördermittel bereitgestellt. Das jährliche Budget des BFE für Pilot- und Demonstrationsprojekte beispielsweise wurde um 20 Millionen Franken auf 25 Millionen Franken erhöht. Hinzu kam das neu geschaffene Leuchtturmprogramm des BFE, das mit 10 Millionen Franken pro Jahr bis ins Jahr 2020 dotiert wurde. Zudem wurde den beiden Bundesämtern ASTRA und BAV zusammen zusätzlich 5 Millionen Franken jährlich für Forschungsprojekte im Bereich der Energie zugesprochen. Das Budget der KTI wurde für die Periode 2013–2016 um 46 Millionen Franken aufgestockt, die ausschliesslich für Forschungsprojekte im Energiebereich reserviert sind und mit den beiden NFP 70 und 71 wurden

weitere 45 Millionen Franken über 5 Jahre für Forschungsprojekte gesprochen.

Sämtliche vom BFE (mit-)finanzierten Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte werden durch Fachpersonen des BFE evaluiert und begleitet, während sämtliche energiebezogenen Projekte der KTI durch das BFE inhaltlich geprüft und bewertet werden.

### Vermehrte internationale Ausschreibungen

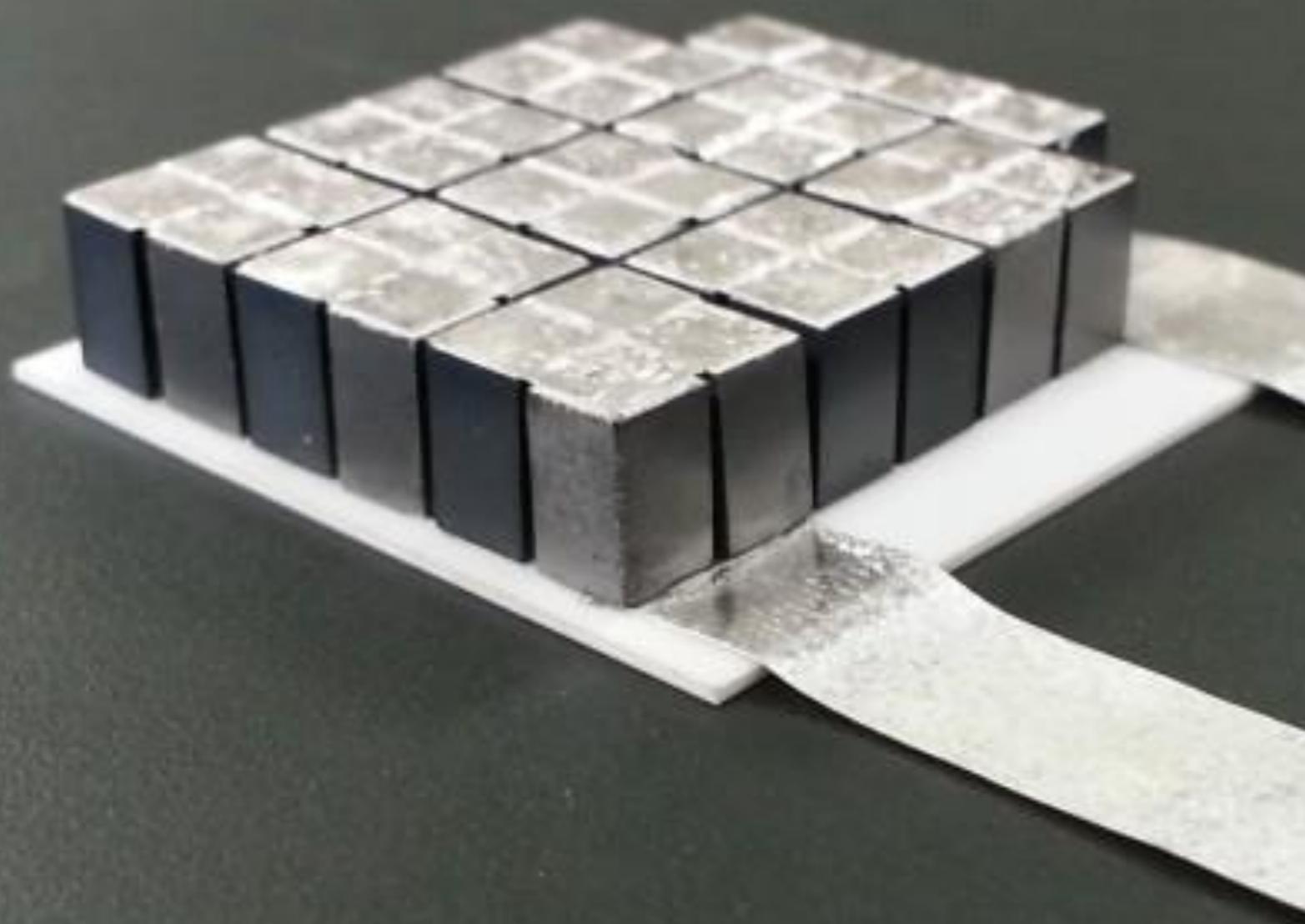
Die ERA-Net CFA werden für die Europäische Kommission zunehmend zum zentralen Instrument, um die Koordination der nationalen Förderagenturen zu forcieren und so den europäischen Forschungsraum zu stärken. Damit verbunden ist eine signifikante Aufstockung der verfügbaren Finanzmittel für gemeinsame Forschungsprojekte durch die Kommission. Da die Ausschreibungen der ERA-Net CFA in der Grössenordnung von mehreren 10 Millionen Euro liegen, ist von einem entsprechend grossen Aufwand sowohl für die Ausarbeitung der Ausschreibungen als auch für die Begutachtung der eingereichten Forschungsprojekte, die jeweils sowohl national als auch international abgestimmt werden müssen, auszugehen.

### Herausforderungen liegen auf verschiedenen Achsen

Durch die Zunahme der Bedeutung der Energieforschung im Rahmen der Energiestrategie 2050 ergeben sich folgende Herausforderungen für die Energieforschung des BFE:

- Aufgrund des starken personellen Kapazitätsaufbaus bei der Schweizer Energieforschung ist mit einer spürbaren Zunahme von Gesuchen für Unterstützung durch die öffentliche Hand – in erster Linie bei BFE und KTI – zu rechnen. Dabei muss die bisherige Qualität der Evaluation der Anträge durch das BFE sichergestellt werden können.
- Die durch das BFE ganz oder teilweise geförderten Forschungsprojekte sollen weiterhin zwecks Qualitätssicherung durch die Forschungsprogramme des BFE wissenschaftlich eng begleitet werden.
- Das BFE soll das starke Engagement bei der Begleitung der Forschungsarbeiten im Rahmen der NFP 70 und 71 aufrechterhalten und die Diffusion der Ergebnisse in die Bundesverwaltung durch aktive Unterstützung des SNF sicherstellen.
- Das BFE war schon bei der Etablierung der SCCER massgebend beteiligt und unterstützt die jährliche Evaluation der

- SCCER wesentlich. Das Engagement des BFE in der Begleitung der SCCER – beispielsweise durch Einsitz in die entsprechenden Leitungsgremien – soll gefestigt und ausgebaut werden.
- Die Ausrichtung der Forschungsförderung durch die Förderinstitutionen und der Forschungsarbeiten der Schweizer Forschenden auf die Ziele der Energiestrategie 2050 soll durch aktive Mitarbeit in den entsprechenden Gremien sichergestellt werden.
  - Die nationale und internationale Koordination der wachsenden Anzahl Schweizer Forschender soll sichergestellt werden.
  - Die Beteiligung von Schweizer Forschender an den Forschungsprogrammen der IEA soll verstärkt werden.
  - Das BFE soll sich weiterhin bei der Ausgestaltung künftiger ERA-Net CFA stark engagieren und die Forschenden bei der Finanzierung ihrer Projektanträge aktiv unterstützen.
  - Angesichts der zu erwartenden Zunahmen an Gesuchen für Unterstützung durch die öffentliche Hand einerseits und den erwarteten sinkenden Budgets des BFE für die Periode 2017–2020 andererseits müssen bestehende Finanzierungsquellen besser erschlossen und ggf. neue Finanzierungsquellen gefunden werden.



## 3 Forschungsschwerpunkte 2017–2020

---

Die Forschungsprogramme des BFE sind in die drei Bereiche «Energieeffizienz» (Kapitel 3.1), «erneuerbare Energien» (Kapitel 3.2) und «Gesellschaft und Wirtschaft» (Kapitel 3.3) gruppiert.

### Forschungsziele richten sich nach dem Energie-forschungskonzept des Bundes

Das Energieforschungskonzept des BFE richtet sich eng am Energieforschungskonzept des Bundes aus, in welchem die konkreten mittel- und langfristigen Zielsetzungen beschrieben sind. Im vorliegenden Konzept werden die für das BFE relevanten Forschungsthemen zusammengefasst.

Das Energieforschungskonzept des Bundes 2017–2020 sowie detaillierte Angaben zu den einzelnen Forschungsprogrammen finden sich unter [www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch). Im Speziellen sind dort auch die jeweiligen Kontaktpersonen aufgeführt.

### Energiespeicherung

Ein Spezialfall stellt die Energiespeicherung dar, für die kein eigenes Forschungsprogramm besteht, da Teilaspekte in den verschiedensten Forschungsprogrammen behandelt werden. Der nachfolgende Abschnitt gibt einen kurzen Überblick über mögliche Themenbereiche der Energiespeicherung. Ob aktuell Forschungsprojekte und -themen aktiv gefördert werden, ist auf der Website der Energieforschung des BFE [www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch) ersichtlich.

Die Speicherung von Energie ist mit verschiedenen Technologien – von chemischen, mechanischen oder elektrischen bis hin zu thermischen Speichern – möglich. Je nach Umfeld eignen sich dazu beispielsweise Akkumulatoren, Ultrakondensatoren, Kohlenwasserstoffe, Wasserstoff, Biomasse, Schwungräder, Federn,

Druckluft, Staudämme, der Untergrund, Adsorbentien oder supra-leitende Spulen. Entsprechend werden Speichertechnologien in verschiedenen Forschungsprogrammen des BFE erforscht. Die nachfolgenden Forschungsprogramme haben prinzipiell einen Bezug zur Energiespeicherung:

- Bioenergie
- Elektrizitätstechnologien
- Geoenergie
- Mobilität
- Radioaktive Abfälle.
- Solare Hochtemperaturrenergie
- Solarthermie und Wärmespeicherung
- Talsperren
- Wasserkraft
- Wasserstoff.

### Forschung im Bereich Kernenergie

Das BFE führt keine eigenen Forschungsprogramme im Bereich Kernenergie. Informationen zur entsprechenden Forschung sind bei den zuständigen Stellen erhältlich:

- Fusion: EPFL, Swiss Plasma Center (SPC), [www.epfl.ch](http://www.epfl.ch)
- Kerntechnik und nukleare Sicherheit: Paul-Scherrer-Institut (PSI), [www.psi.ch/nes](http://www.psi.ch/nes)
- Regulatorische Sicherheitsforschung: Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI), [www.ensi.ch/de/kernanlagen/sicherheitsforschung](http://www.ensi.ch/de/kernanlagen/sicherheitsforschung)

## 3.1 Forschungsprogramme im Bereich Energieeffizienz

Den Bereich Energieeffizienz deckt das BFE mit den in den Kapiteln 3.1.1 bis 3.1.7 aufgeführten Forschungsprogrammen ab, welche die Themen Gebäude, Mobilität, Netze, Prozesse und Anwendungen umfassen.

### Grundsätze der Förderung

Die Förderung des BFE richtet sich im Bereich Energieeffizienz in erster Linie nach der Erhöhung von Wirkungsgraden, der Verbesserung von Systemeigenschaften – etwa im Bereich der Netze – oder der Erhöhung der Versorgungssicherheit.

Die zugrunde liegenden Prinzipien für die Forschungsförderung sind im Kapitel 2.1 vorgestellt. Daneben richtet sich die Förderung nach den sogenannten Technologiereifestufen (TRS, Anhang G). In Tabelle 1 sind für jedes der Forschungsprogramme im Bereich Energieeffizienz diejenigen TRS angegeben, bei denen der Fokus der Förderung liegt.

Eine Checkliste, mittels welcher die Förderwürdigkeit eines Forschungsprojekts abgeschätzt werden kann, ist in Anhang H aufgeführt und kann auf der Webseite der Energieforschung des BFE heruntergeladen werden.

### 3.1.1 Brennstoffzellen

Brennstoffzellen wandeln chemische Energie direkt in Strom und Wärme mit einer sehr hohen Effizienz und bei geringen Schadstoffemissionen um. Der Anwendungsbereich von Brennstoffzellen ist dabei sehr breit und (vor-)kommerzielle Anwendungen existieren in verschiedensten Bereichen. So wurden in jüngster Vergangenheit grosse stationäre Brennstoffzellenparks im MW-Bereich realisiert; weltweit sind über 100'000 Mikro-WKK-Systeme (WKK: Wärme-Kraft-Kopplung) auf Brennstoffzellenbasis im Einsatz, und verschiedene Fahrzeughersteller haben erste Brennstoffzellen-Serienfahrzeuge herausgebracht. Global liegt das Wachstum im Markt für Brennstoffzellen bezogen auf die installierte Leistung im zweistelligen Prozentbereich. Speziell im stationären Bereich sind Nordamerika und Asien für 88 % des Marktvolumens verantwortlich. Bezogen auf die Stückzahlen machen Niedertemperatur-Brennstoffzellen (Polymer Electrolyte Fuel Cell, PEFC) für portable und Mobilitätsanwendungen den grössten Marktanteil aus.

Die spezifischen Schwerpunkte der vom BFE geförderten Aktivitäten liegen in der materialorientierten Grundlagenforschung, in

Forschungsprogramm	TRS
 Brennstoffzellen	3–8
 Elektrizitätstechnologien	3–8
 Gebäude und Städte	3–8
 Industrielle Prozesse	4–8
 Mobilität	4–8
 Netze	3–8
 Verbrennungsbasierte Energiesysteme	3–8
 Wärmepumpen- und Kältetechnologie	4–8

**Tabelle 1** Förderung: Technologiereifestufen im Bereich Energieeffizienz

Technologiereifestufen (TRS, Anhang G) für die Forschungsprogramme im Bereich der Energieeffizienz: Die angegebene Bandbreite zeigt den Fokus der Förderung des jeweiligen Forschungsprogramms.

der Systementwicklung sowie in der Demonstration und Erprobung in Pilotprojekten. Technologische Schwerpunktthemen sind PEFC für mobile Anwendungen – wofür Wasserstoff als Energieträger bereitgestellt werden muss – und Festkörper-Oxid-Brennstoffzellen (Solid Oxide Fuel Cell, SOFC) in WKK-Anlagen für stationäre Anwendungen, welche mit Erdgas/Biogas betrieben werden. Dabei geht es allgemein um die Erhöhung von Lebensdauer und Zuverlässigkeit von Brennstoffzellensystemen, die Modellierung und experimentelle Validierung von elektrochemischen Prozessen in einer Brennstoffzelle, die Entwicklung neuer, kostengünstiger und zuverlässiger Materialien (Membrane, Interkonnektoren, Katalysatormaterialien) und die Integration von Brennstoffzellen in Gesamtsysteme (Fahrzeuge, Anlagen zur unterbrechungsfreien Stromversorgung). Über Pilot- und Demonstrationsprojekte werden wertvolle Erkenntnisse im realen Einsatz gewonnen und die Reife der Technologie demonstriert.

Vom BFE geförderte Forschungs- und Pilotprojekte sind immer stark auf die Aktivitäten abgestimmt, welche von anderen nationalen und internationalen Förderstellen unterstützt werden. Über

die Mitarbeit des BFE in verschiedenen nationalen und internationalen Gremien werden zusätzlich Synergien geschaffen.

### 3.1.2 Elektrizitätstechnologien

Elektrizität durchdringt unsere moderne Gesellschaft im privaten wie auch im geschäftlichen Umfeld. Sie stellt eine flexible Energiequelle dar. Die Elektrizität wird je nach Anwendung in verschiedensten Ausprägungen bezüglich Spannung, Strom und Frequenz benötigt und entsprechend bereitgestellt, weshalb auch immer wieder Umwandlungen erforderlich sind.

Mit effizienten Konversionstechnologien soll sichergestellt werden, dass die Umwandlungsverluste minimal bleiben. Die Leistungselektronik wandelt mit effizienten Leistungskomponenten, Ansteuerungen und Hilfsaggregaten den Strom verlustminimiert um. Neuartige Technologien und leistungselektronische Komponenten versprechen eine erhebliche Effizienzsteigerung, die es zu untersuchen und zu erforschen gilt. Dasselbe gilt für effiziente Transformatoren in allen Leistungsklassen.

Für die Stromerzeugung aus ungenutzter Abwärme im Nieder-temperaturbereich können neuartige und innovative Konversionstechnologien eingesetzt werden wie beispielsweise Magnetokalorik, Thermoelektrik, Pyroelektrik oder Osmose.

Motoren stellen die grösste Verbrauchergruppe bei der Stromnutzung dar. Gemeinsam mit der Industrie werden deshalb in diversen Anwendungsgebieten Optimierungen erforscht und die Effi-

zienzverbesserung vorangetrieben. Da bei motorischen Anwendungen der Einsatz von Umrichtern oft die Effizienz steigern kann, werden diese gleichermassen in die Forschungsaktivitäten einbezogen.

Haushaltsgeräte machen einen relevanten Anteil am Schweizer Energieverbrauch aus, weshalb in diesem Bereich neuartige Technologien erforscht und Optimierungsarbeiten durchgeführt werden. Die Vakuumisolation als Querschnittstechnologie beispielsweise stellt dazu eine erfolgversprechende Technologie dar. Im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie werden Grundlagen und Erkenntnisse bezüglich Smart Metering, Smart Home und Effizienzverbesserungen von Kommunikationsgeräten erarbeitet. Schliesslich wird in Fortführung der internationalen Aktivitäten im Rahmen des IEA TCP 4E «Energy Efficient End Use Equipment» neues und bestehendes Wissen zur Energieeffizienz verschiedener elektrischer Geräte aufbereitet und verbreitet.

Unter Anwendung der Hochtemperatursupraleitung können Motoren, Generatoren, Kabel usw. prinzipiell effizienter betrieben werden. Deshalb werden die entsprechenden internationalen Aktivitäten beobachtet und in spezifischen Anwendungen, insbesondere auch im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit, geprüft.

### 3.1.3 Gebäude und Städte

Als übergeordnete Leitgrösse orientiert sich das Forschungsprogramm Gebäude und Städte an der Energiestrategie 2050 und an den Zielsetzungen der 2000 Watt-Gesellschaft. Der SIA-Effizienzpfad Energie dient als Instrument zur Beurteilung der Zielerreichung von Einzelgebäuden. Die Hauptthemen Effizienz und erneuerbare und emissionsarme Energiebereitstellung haben weiterhin Bestand, jedoch gewinnt der Einfluss durch die Benutzer an Bedeutung.

Bei der Bauerneuerung gehen die Überlegungen über sinnvolle technische Massnahmen hinaus. Die Fragestellungen betreffen immer stärker die Einflussmöglichkeiten auf den Bauprozess und die Motivation der Entscheidungsträger, um den Anteil energetisch relevanter Sanierungen zu erhöhen.

Neben der energetischen Gebäudequalität hat das Verhalten der Nutzer einen grossen Einfluss auf den Energiebedarf moderner

Gebäude. Die Erforschung von Zusammenhängen, von Kenngrössen und möglichen Einflussnahmen stehen allerdings noch am Anfang. Die Entwicklung neuer Strategien und Ansätze für neue Produkte hat deshalb einen hohen Stellenwert. Dabei darf die Stabilität der bestehenden Konzepte nicht vernachlässigt werden (Lowtech versus Hightech). Auch Überlegungen zum Komfortanspruch und zur Suffizienz im Sinne der Frage nach dem rechten Mass spielen in diesem Themenkreis eine tragende Rolle.

Ein wichtiges Thema ist die Energie-Vernetzung. In der Energieversorgung von Gebäuden und Städten spielt Elektrizität, aber auch Niedertemperaturenergie eine zunehmend wichtige Rolle. Kleinere thermische Netze, gegebenenfalls mit einer Saisonspeicherung im Untergrund, gewinnen an Bedeutung. Die Netze sorgen für einen Ausgleich zwischen zentraler und dezentraler Pro-

duktion und den Bezüglern. Das Forschungsprogramm interessiert sich dabei für das Zusammenspiel zwischen Gebäuden und von Gebäuden mit den thermischen und elektrischen Netzen.

Das Gebäude der Zukunft dient auch als Kraftwerk. Derartige Gebäude haben in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen. Das Potenzial der dezentralen Energieproduktion ist aber noch nicht ausgeschöpft – so beispielsweise bei Fassaden – und soll sowohl bei Neubauten als auch bei Sanierungen noch umfassender genutzt werden. Gebäude der Zukunft sollen ausserdem zum Ausgleich von Leistungsspitzen im Elektrizitätsnetz beitragen

### 3.1.4 Industrielle Prozesse

Industrielle Prozesse einschliesslich des Dienstleistungssektors sind für 35 % des Schweizer Gesamtenergieverbrauchs verantwortlich. Ein wesentlicher Teil davon macht der Wärme- und Kältebedarf aus. Die Schwerpunkte des Forschungsprogramms Industrielle Prozesse liegen daher neben der Verbesserung der Prozessführung – inkl. der Regelungstechnik – bei neuen Methoden für die Optimierung der Wärmerückgewinnung bzw. der Abwärmenutzung, der Verbesserung des Systemverständnis bezüglich tieferer Prozesstemperaturen, der Nutzung erneuerbarer – vorab solarer – Prozessenergie und der Verbesserung der Thermodynamik von Wärmepumpen.

Die Steigerung der Energieeffizienz von Komponenten oder Anlagen kann beispielsweise durch den Ersatz der herkömmlichen Hydraulik- durch Elektroantriebe erfolgen. Diese Massnahme kann neben der Verbesserung der Energieeffizienz auch eine Produktivitätssteigerung der Anlage bewirken.

Die tribologischen Phänomene der Gleit- und Fliessvorgänge sollen besser verstanden werden. Dadurch lassen sich durch eine

### 3.1.5 Mobilität

Die Mobilität ist für über ein Drittel des Energieverbrauchs und für rund 50 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Schweiz verantwortlich.

Die für das BFE relevanten Forschungsthemen im Bereich der Mobilität umfassen insbesondere die individuelle Mobilität, den öffentlichen Verkehr und den Gütertransport auf Strasse und Schiene. Situativ können auch Energiethemen der Schiff- und Luftfahrt angegangen werden.

und hinsichtlich der grauen Energie und grauen Treibhausgasemissionen optimiert sein. Ein besonderer Fokus liegt hier auf den Gebäudetechnikinstallationen.

Die Einführung «smarter» Technologien im Zusammenhang mit Smart Cities hat einen nachhaltigen Einfluss auf unser Verhalten und auf den Energiekonsum. Die Forschung konzentriert sich hierbei auf vernetzte Technologien und Systemen (Mobilität, Infrastruktur, Energieversorgung und Informationstechnologie) zur Reduktion des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen sowie auf die Entwicklung entsprechender Betriebskonzepte und Geschäftsmodelle auf der Ebene von Städten und Gemeinden.

entsprechende Materialwahl und eine geeignete Oberflächenstruktur Reibungsverluste vermeiden und vielfach auch die Lebensdauer der Komponenten verlängern.

Die bewegten Massen von Systemen sollen nach Möglichkeit minimiert werden wie beispielsweise beim Automobilbau bei den Zylindern im Verbrennungsmotor. Dieser Leichtbau kann unter anderem mit auf Finite Elemente basierenden Methoden oder Bionik-Simulationen erschlossen werden.

Durch Wärmerückgewinnung an Verdichtungsanlagen können bis zu 96 % der eingesetzten Energie nachfolgend als Wärme nutzbar gemacht oder beispielsweise mit ORC<sup>9</sup>, Adsorptionswärmepumpen oder Thermoelektrizität in Strom umgewandelt werden. Bei den beiden letzteren Verfahren sind Methoden gesucht, die den Wandlungswirkungsgrad deutlich erhöhen.

Durch verbessertes MSR<sup>10</sup> und selbstlernende Systeme sollen unnötiger Betrieb und unerwünschte Stand-by-Zustände vermieden werden.

Bei der motorisierten individuellen Mobilität liegen die Schwerpunkte in der Entwicklung hoch effizienter Antriebskonzepte, der Verbesserung der Fahrzeugeigenschaften, der Verwendung von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) zur Optimierung und zur Reduktion des Verkehrsflusses sowie bei der Verkehrsvermeidung und -verlagerung.

Der öffentliche Verkehr benötigt überproportional viel Energie für die Klimatisierung der Fahrgastzellen. Neben der Verbesserung

<sup>9</sup> ORC: Organic Rankine Cycle

<sup>10</sup> MSR: Messen–Steuern–Regeln

der Antriebe, der Rekuperation und weiterer Fahrzeugeigenschaften stellt die Erhöhung der Energieeffizienz der Klimatisierung daher einen Hauptschwerpunkt der Forschung dar.

Beim Güterverkehr liegt der Forschungsfokus auf der Antriebstechnik, den Fahrzeugeigenschaften und Massnahmen zur Verbesserung der Fahrzeugauslastung, beispielsweise durch Verwendung von informations- und kommunikationstechnischen Hilfsmitteln.

Für alle Verkehrssysteme werden neue kohlenstoffarme bzw. kohlenstofffreie erneuerbare Energieträger gesucht. Dabei steht nicht ihre Herstellung, sondern ihre Nutzung im Vordergrund. So

### 3.1.6 Netze

Die Erforschung unterschiedlichster Produktions-, Konversions-, Speicher- und Anwendungstechnologien für den Elektrizitätsbereich wird durch spezifische Forschungsprogramme abgedeckt. Die Herausforderung bei den Netzen besteht darin, die einzelnen Technologien zu einem effizienten Gesamtsystem zu integrieren, das interoperabel, sicher und zuverlässig betrieben werden kann. Im Fokus des Forschungsprogramms stehen daher technologische Fragestellungen bei elektrischen Netzen und Systemen, wobei Schnittstellen zu den verschiedensten Energieträgern mitbetrachtet werden.

Um die lokalen Verteilnetze unter Einbezug grosser Mengen erneuerbarer Energie sicher betreiben zu können (Sicherstellung des Schutzes, Einhaltung von Spannungsqualität und Leitungskapazität), bedarf es neuer Technologien zur gezielten Beeinflussung der Leistungsflüsse innerhalb der Netzebenen wie beispielsweise regelbare Transformatoren, FACTS<sup>11</sup>, Einzelstrangregler, Einspeisemanagement, dezentrale Speicher oder Demand Side Integration.

Darüber hinaus können diese Technologien einzeln oder gebündelt – etwa als virtuelles Kraftwerk – als Flexibilitätsoptionen zum Gleichgewicht des Gesamtsystems beispielsweise bezüglich Frequenz oder Engpassmanagement unter Berücksichtigung des

stellen beispielsweise neben Hybridantrieben Akkumulatoren für die Elektromobilität eine chancenreiche Option für einen emissionsarmen Verkehr dar. Akkumulatoren mit erhöhter Energiedichte, verlängerter Lebensdauer, giftarmen Werkstoffen und mit reduziertem Einsatz von seltenen Rohstoffen stellen deshalb einen Forschungsschwerpunkt dar.

Schliesslich unterstützt das BFE Informations- und Kommunikationstechnologien, die die Auslastungsgrade der Verkehrsträger, die Verkehrsvermeidung oder die Verkehrsverlagerung bei allen Verkehrsträgern wesentlich beeinflusst.

Marktes beitragen. Insbesondere besteht Forschungsbedarf bei Fragen zu deren Zusammenspiel (technisch und organisatorisch) und bei Methoden zu deren Einbezug in die Planung von Übertragungsnetzen bis hin zu Microgrids.

Neuartige Mess- und Leittechnik erlaubt zunehmend die umfassende Bestimmung des Netzzustandes in Echtzeit sowie dessen kurz- und langfristige Prognose. Neben der Weiterentwicklung dieser Technologie befasst sich das Forschungsprogramm mit den sich dadurch eröffnenden Möglichkeiten für einen sicheren Netzbetrieb wie beispielsweise Monitoring, Steuerung der Netzelemente oder Schutzkonzepte und dem nachhaltigen Netzunterhalt. Die Fragen nach dem Grad der Zentralität bzw. Dezentralität entsprechender Ansätze und dem damit verbundenen Nutzen (beispielsweise Gesamtsystemoptimum), den Herausforderungen wie Kommunikation, «Big Data» oder Standardisierung und Risiken wie Systemstabilität, Datenschutz und -sicherheit sind von besonderer Bedeutung.

Die rasante Entwicklung im Bereich der Leistungselektronik ermöglicht künftig auch den effizienten Netzbetrieb mit Gleichstrom oder auf Niederfrequenz. Das Forschungsprogramm befasst sich vorausschauend mit entsprechenden Konzepten für Hoch-, Mittel- und Niederspannungsnetze.

### 3.1.7 Verbrennungsbasierte Energiesysteme

Die Verbrennungsforschung tangiert mehrere Forschungsprogramme des BFE. So untersucht sie Energieumwandlungsprozesse für chemische Energieträger aus Biomasse oder Wasserstoff, fossil betriebene Antriebe für die Mobilität, Anwendungen in

zahlreichen industriellen Prozessen oder Kraftmaschinen für die Stromerzeugung. Hinzu kommen Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen (WKK-Anlagen), die beispielsweise Strom und Wärme für die Industrie oder für Gebäude liefern.

<sup>11</sup> FACTS: Flexible AC Transmission System (flexibles Drehstromübertragungssystem)

Mit dem Ziel, die Energieversorgung der Schweiz zu entkarbonisieren, müssen der Wirkungsgrad der Verbrennungskraftmaschinen weiter erhöht und Brennstoffe mit niedrigem Kohlenstoffanteil oder aus erneuerbaren Quellen eingesetzt werden. Hinzu kommt die Forderung nach einer weiteren Reduktion der Luftschadstoffemissionen sowohl beim Kaltstart, im transienten als auch im Hochlastbetrieb. WKK-Anlagen spielen als Brückentechnologie eine wichtige Rolle für die Umsetzung der Energiestrategie 2050. Sie dienen zur Stabilisierung der Netze bei einem Zuwachs der variablen Stromproduktion und helfen den erhöhten Winterstrombedarf zu decken.

Um den komplexen Verbrennungsprozess weiter zu verbessern, muss dieser besser verstanden und besser dargestellt werden können. Das BFE unterstützt deshalb die Weiterentwicklung von Simulationsmodellen und Versuchsträgern sowie von Messverfahren. Hinzu kommt die Erforschung der chemischen Vorgänge.

Einen Forschungsschwerpunkt sieht das BFE im Bereich der gasförmigen Brennstoffe, die aus fossilen aber auch aus erneuerbaren Quellen gewonnen werden und ein grosses Potenzial aufweisen. Basis der Forschung bildet die Verbesserung der Brennstoffzufuhr und die Gemischbildung, die Zündung sowie die Abgasnachbehandlung der Methanverbrennung. Ein wichtiges Ziel ist dabei, den Methanschluß zu verringern. Gleiches gilt für gasförmige Brennstoffe aus Biomasse, welche als zusätzliche Herausforderung eine variable chemische Zusammensetzung aufweisen. Vielversprechend sind Gemische mit Wasserstoff, der beispielsweise aus Power-to-Gas-Anlagen stammen kann. Wichtig ist dabei die Zusammenarbeit zwischen Verbrennungsforschern und Brennstoffentwicklern.

Vor allem für grosse Motoren sind Zweistoffsysteme (Dual Fuel) weiter zu entwickeln, welche flüssige und gasförmige Brennstoffe

in unterschiedlichen Mischverhältnissen nutzen können. Die komplexen strömungstechnischen und chemisch-physikalischen Vorgänge der Gemischbildung, der Zündung, des Abbrands und der Schadstoffbildung sind noch zu wenig verstanden und müssen durch Experimente und durch die Weiterentwicklung von computergestützten Modellen besser erfasst und dargestellt werden.

Gleiches gilt auch für flüssige Brennstoffe, die eine Vielzahl unterschiedlicher und langkettiger Moleküle aufweisen. Das bessere Verständnis des Verbrennungsvorgangs hilft, die motorische Verbrennung im Teillastbereich zu verbessern und Verbrennungskonzepte wie HCCI (Homogeneous Charge Compression Ignition) weiter zu entwickeln. Bei der Verbrennung von aus Biomasse oder synthetisch hergestellten Brennstoffen interessieren auch die für die Verbrennung erforderlichen technischen und chemischen Eigenschaften und der dafür notwendige Aufwand für die Brennstoffherstellung.

Den Verbrennungsvorgang gilt es so zu optimieren bzw. anzupassen, dass es gelingt, die Effizienz des Gesamtprozesses zu steigern, indem die Prozessparameter (Druck, Temperatur) und die Wirkungsgrade der Komponenten für Verdichter und Turbine weiter erhöht und Verlustmechanismen (Druckverluste, mechanische Verluste, Wärmeverluste, Kühlung) reduziert werden.

Zur Minimierung der Umweltauswirkungen sind Prozessmodifikationen zu integrieren, die eine zusätzliche Minderung des Schadstoffausstosses bewirken (Brennstoffaufbereitung, Verbrennung in Sauerstoff/Abgas-Atmosphäre, Abgasreinigung) sowie den Gesamtwirkungsgrad weiter steigern (Wärmeintegration/-rekuperation, mehrstufige Prozesse).

Bei WKK-Anlagen soll die Erhöhung des elektrischen Wirkungsgrads durch die Nutzung der Abgasenergie weiter verbessert werden.

### 3.1.8 Wärmepumpen- und Kältetechnologie

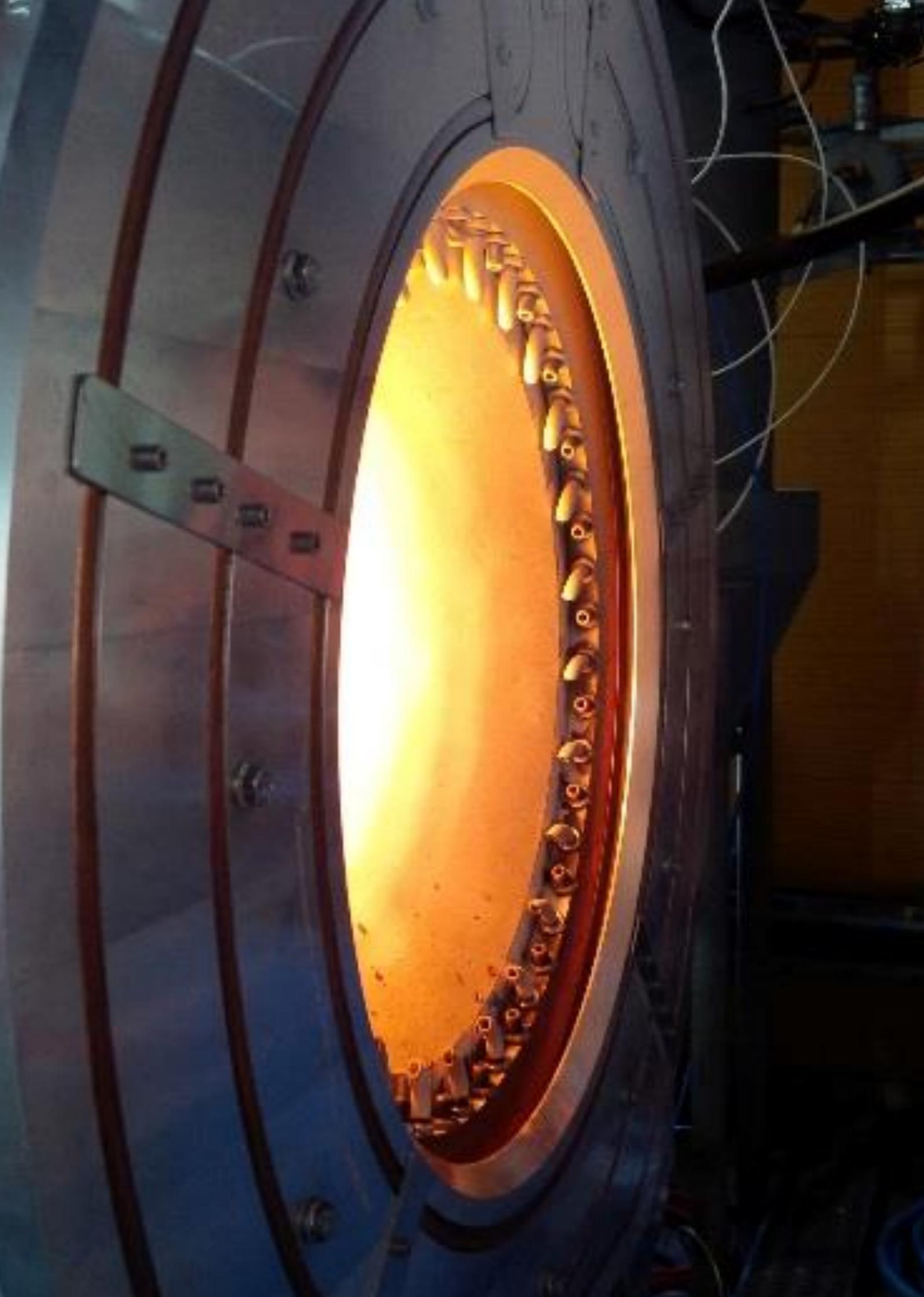
Die Wärmepumpe ist eine hocheffiziente Technologie, die mit geringem Einsatz von Exergie (beispielsweise Elektrizität) eine sonst nicht verwendbare Wärmequelle (Anergie) für Raumheizung, Brauchwarmwasser oder Prozesse nutzbar macht. Die Technologie hat deshalb eine grosse Bedeutung für den zukünftigen Gebäudepark ohne fossile Energieträger, die Effizienzverbesserung im Gewerbe und in der Industrie sowie bei Mobilitätssystemen. Der zunehmende Kühl- und Kältebedarf erfordert auch die Verbesserung der technologisch identischen Kältemaschine.

Wärmepumpen erreichen heute einen Gütegrad von 45 % und liegen damit noch deutlich unter ihrem theoretischen Potenzial.

Durch gezielte Forschung zur Verbesserung des Kreisprozesses – auch für die Anwendung von Arbeitsmedien mit minimalen Umweltauswirkungen – soll der Gütegrad erhöht werden. Evaluiert und erforscht werden sollen neben Zweiphasenkompression oder Expansionsenergienutzung auch viel versprechende, nicht auf Kompressionsmaschinen basierende Systeme. Zudem sollen Mikrosysteme entwickelt werden, beispielsweise Turboverdichter, die geeignet sind für Gebäude mit sehr geringem Wärmebedarf oder für die Nutzung kleiner Abwärmeströme in verfahrenstechnischen Prozessen. Hier sind auch Systeme erforderlich, die mit Temperaturen über 100 °C arbeiten.

«Smart Heat Pumps» können die Datenvielfalt der oft interdependenten, aber meistens zeitlich und physikalisch nicht steuerbaren Umsysteme für einen hocheffizienten und wirtschaftlichen Betrieb nutzen. Um diese Vision umzusetzen, muss die Wärmepumpe in komplexe Systeme mit Wärmequellen, Wärmeverbrauchern, Speichern und additiven Energiesystemen wie Photovoltaik oder Solarthermie integriert werden, wobei auch externe Einflussfaktoren wie die Verfügbarkeit von Strom, die Belastungssituation der Stromnetze und das Wetter zu berücksichtigen sind.

Schweizer Unternehmen und Forschungseinrichtungen waren massgeblich an der Entwicklung der Wärmepumpentechnologie beteiligt. Nach wie vor sind sie international gut positioniert, auch in tragenden Rollen in EU- und IEA-Projekten. Durch gezielte Unterstützung zukunftsweisender Innovationen soll die Kompetenz weiter ausgebaut werden.



## 3.2 Forschungsprogramme im Bereich erneuerbare Energien

Im Bereich erneuerbare Energie verfügt das BFE über die nachfolgend aufgeführten Forschungsprogramme, die alle für die Schweiz relevanten erneuerbaren Energien abdecken.

### Grundsätze der Förderung

Die Förderung des BFE richtet sich bei der erneuerbaren Energie in erster Linie nach der Kostenreduktion und der Erhöhung der Energieausbeute. Daneben unterstützt das BFE aber auch die Entwicklung neuer oder effizienterer Technologien.

Die zugrunde liegenden Prinzipien für die Forschungsförderung sind im Kapitel 2.1 vorgestellt. Daneben richtet sich die Förderung nach den sogenannten Technologiereifestufen (TRS, Anhang G). In Tabelle 2 sind für jedes der Forschungsprogramme im Bereich der erneuerbaren Energien diejenigen TRS angegeben, auf denen der Fokus der Förderung liegt.

Eine Checkliste, mit welcher die Förderwürdigkeit eines Forschungsprojekts abgeschätzt werden kann, ist in Anhang H aufgeführt und kann auf der Webseite der Energieforschung des BFE heruntergeladen werden.

Forschungsprogramm	TRS
 Bioenergie	3–8
 Geoenergie	3–8
 Photovoltaik	4–8
 Solare Hochtemperaturrenergie	2–8
 Solarthermie und Wärmespeicherung	4–8
 Talsperren	2–4
 Wasserkraft	4–8
 Wasserstoff	2–8
 Windenergie	4–8

**Tabelle 2** Förderung: Technologiereifestufen im Bereich erneuerbare Energien

Technologiereifestufen (TRS, Anhang G) für die Forschungsprogramme im Bereich der erneuerbaren Energien: Die angegebene Bandbreite zeigt den Fokus der Förderung des jeweiligen Forschungsprogramms.

### 3.2.1 Bioenergie

Für das BFE relevante Forschungsthemen im Bereich der Bioenergie betreffen die Bereitstellung von Strom, Wärme und Treibstoffen. Die prioritären Umwandlungstechnologien sind dabei die Verbrennung, die Vergasung und die anaerobe Vergärung. In diesen drei Bereichen besteht Forschungsbedarf in der anwendungsorientierten Umsetzung. Dabei geht es um eine bessere Umsetzung der Biomasse hin zu höheren Wirkungsgraden (beispielsweise höhere Gaserträge bei der Vergärung) unter gleichzeitiger Berücksichtigung ökologischer wie ökonomischer Aspekte. Des Weiteren gilt es, (noch) nicht genutzte Biomassepotenziale, welche für die Schweiz sowohl ökologisch als auch ökonomisch sinnvoll sind, zu erschliessen und geeignete Technologien zu deren energetischen Umsetzung zu entwickeln und anzuwenden.

Neben der Entwicklung neuer technischer Ansätze zur energetischen Umwandlung von Biomasse sind Optimierungsansätze für bestehende Anlagen – sofern ein Multiplikationspotenzial in der Schweiz gegeben ist und die Ansätze innovativ sind – ein weiterer

Themenbereich. Hierunter fällt auch die Nutzung bisher nicht genutzter Nebenprodukte, um eine höhere Wertschöpfung zu erzielen.

Ein weiteres wichtiges Forschungsthema ist die Gesamteinbindung von Anlagen im Hinblick auf zukünftige Strom- und Wärmenetze und deren Wechselwirkung mit anderen Technologien in Bezug auf Steuerbarkeit, Flexibilität, Speicherung usw.

Aufgrund der Topographie der Schweiz spielen dezentrale Konzepte und Lösungen eine nicht zu unterschätzende Rolle. Hier gilt es, funktionierende und ökonomisch interessante Lösungen für die Energiebereitstellung zu finden.

Bei allen innovativen Ansätzen für eine effiziente und ökologisch sinnvolle Umwandlung von Biomasse in Energie gilt es, die technische Machbarkeit und die Wirtschaftlichkeit nicht nur im Labormassstab, sondern auch in Form von Pilot- oder Demonstrationsprojekten aufzuzeigen. Gleichzeitig gilt es, Markthemmnisse abzubauen, beziehungsweise deren Gründe zu eruieren.

### 3.2.2 Photovoltaik

Der Photovoltaik kommt sowohl international als auch national eine immer grössere Bedeutung in einer auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Energieversorgung zu. So sieht die nationale Energiestrategie vor, dass 2050 knapp die Hälfte des Stromes aus neuen erneuerbaren Quellen über Photovoltaik produziert werden soll.

Allgemeine Herausforderungen für diese Technologie liegen in einer weiteren Kostenreduktion über die gesamte Wertschöpfungskette. Dies erfolgt massgeblich über weitere Effizienzsteigerung der einzelnen Komponenten und die industrielle Umsetzung neuer Produkte und Herstellungsverfahren, aber auch in der Qualitätssicherung und der Erhöhung der Zuverlässigkeit der Anlagen. Zentrale Forschungsthemen sind aber auch neue Lösungen für die Integration der Photovoltaik sowohl in Gebäude als auch im elektrischen Netz sowie Fragen der Nachhaltigkeit wie etwa die Verminderung von Energie- und Materialeinsatz bei der Produktion oder der Rezyklierung.

### 3.2.3 Geoenergie

Die für das BFE relevanten Forschungsthemen im Bereich der Geoenergie sind in erster Linie die Geothermie, die Gasspeicherung (CO<sub>2</sub>, Erdgas und andere Gase), die saisonale thermische Energiespeicherung im Untergrund sowie Erkundungs- und Erschliessungstechnologien im Bereich der Kohlenwasserstoffe. Bei der oberflächennahen Geothermie zur Bereitstellung von Wärme sieht das BFE nur punktuellen Forschungsbedarf, etwa für komplexe Anlagen, für kombiniertes Heizen und Kühlen, für die Energiespeicherung oder für tiefe Erdwärmesonden (>300 m). Forschungsvorhaben sollten hier vor allem Fragen bezüglich Qualität, Effizienz oder Wirtschaftlichkeit adressieren.

Langfristig liegt gemäss der Energiestrategie 2050 das grösste Potenzial zur Stromerzeugung in der Schweiz bei der petrothermalen Geothermie (Enhanced bzw. Engineered Geothermal Systems, EGS). Forschungsbedarf besteht hier sowohl in der anwendungsorientierten als auch in der Grundlagenforschung, insbesondere aber bei Pilotprojekten. Adressiert werden sollen grundlegende Fragen, etwa in den Bereichen Erkundungsmethoden,

Das Forschungsprogramm Photovoltaik koordiniert die Projektförderung zu Forschungsthemen, welche über die Gesamtheit dieser Themenfelder Lösungsansätze liefern.

Spezifische Schwerpunkte für vom BFE geförderte Aktivitäten bilden einerseits die Weiterentwicklung und industrielle Umsetzung verschiedener Solarzellentechnologien wie Siliziumsolarzellen auf Basis der Heterojunction-Technologie, CIGS-Dünnschichtsolarzellen<sup>12</sup> oder Tandemkonzepte für sehr hohe Wirkungsgrade. Andererseits soll die Entwicklung neuartiger Modultechnologien für eine verbesserte Integration von Solaranlagen in Dächer und Fassaden, die Integration von Strom aus Photovoltaikanlagen ins elektrische Netz (Modellierung und Vorhersagen, Entwicklung multifunktionaler Komponenten und Zusammenspiel mit dezentralen Speichern), die Qualitätssicherung und Zuverlässigkeitsuntersuchungen von Wechselrichtern und Modulen sowie Nachhaltigkeitsbetrachtungen zu verschiedenen Komponenten von photovoltaischen Systemen wie beispielsweise Energierücklaufzeiten<sup>13</sup> von Photovoltaikmodulen vorangetrieben werden.

Reservoir-Erschliessung, induzierte Seismizität sowie neue Tiefbohrverfahren. Diese Fragestellungen sind auch bezüglich der Gasspeicherung und für mögliche Kohlenwasserstoffe relevant. Hier wird erwartet, dass das relevante SCCER die Forschungsthemen aufgreift. Die Erkundung der Beschaffenheit und die nachhaltige Nutzung des tiefen Untergrunds der Schweiz ist ein weiteres zentrales Thema der Geoenergieforschung des BFE. Von Interesse sind daher Forschungsvorhaben, die das Verständnis der bei der Herstellung eines mehrere 1000 m tief liegenden Reservoirs ablaufenden Prozesse verstärken. Im Fokus liegen beispielsweise Pilotanlagen, um plan-, reproduzier- und kontrollierbare ingenieurwissenschaftliche Methoden zu entwickeln. Im Zusammenhang mit der Umsetzung politischer Massnahmen zur Technologieförderung für die Umsetzung der Energiestrategie 2050 sollen zwischen 2017 und 2020 industrielle Pilotprojekte im Bereich der Erkundung und Erschliessung des Untergrunds und der EGS-Technologie lanciert werden. Neben den Ressourcen- und Ressourcenerschliessungsfragen sollen auch die Wechselwirkungen der Nutzung der unterirdischen Ressourcen zwischen Mensch, Umwelt und Natur verstärkt erforscht werden.

<sup>12</sup> CIGS: Copper-Indium-Gallium-(Di)Selenid

<sup>13</sup> Energetische Amortisationszeit. Sie beschreibt die Zeit, die eine Energiegewinnungsanlage betrieben werden muss, bis

die für ihre Herstellung aufgewendete Energie wieder gewonnen worden ist.

### 3.2.4 Solare Hochtemperaturrenergie

Konzentrierende solarthermische Systeme wandeln direkte Sonnenstrahlung in Hochtemperaturwärme zur Erzeugung von Elektrizität oder zur Auslösung chemischer Reaktionen um. Dabei wird die Solarstrahlung mit Spiegeln auf einen im Brennpunkt/in der Brennpunktlinie angebrachten Wärmeempfänger (Receiver) fokussiert, wo die Energie entweder auf einen Wärmeträger übertragen oder direkt genutzt wird. Die Stromgestehungskosten solarthermischer Kraftwerke (STE) liegen oberhalb der Kosten für photovoltaische Systeme. Allerdings bringt die Technologie Vorteile mit sich in Bezug auf die Integration ins Energiesystem (voraussehbare Produktion dank thermischer Speicherung, teilweise Bandlastproduktion möglich), so dass sich Photovoltaik und STE gut ergänzen könnten.

Ein Schwerpunkt der vom BFE geförderten Aktivitäten bildet die solare Thermochemie (Entwicklung von solaren Reaktoren und die Untersuchung verschiedener thermochemischer Prozesse zur Erzeugung von Wasserstoff und Synthesegas, «Solarfuels»). Dabei steht insbesondere die technische Umsetzung in grössere

Leistungsskalen im Vordergrund. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Entwicklung innovativer Elemente zur solarthermischen Strom- und Prozesswärmeproduktion: Receiversysteme mit neuen thermischen Fluiden, neuartige Hochtemperaturspeicher, aktive Reinigungssysteme für Reflektoren, Kombination von konzentrierender Solarenergie und Prozesswärme. Durch eine Effizienzsteigerung (höhere Temperaturen) und einen geringeren Ressourceneinsatz (weniger oder kostengünstigere Materialien) werden eine Vereinfachung und eine Kostenreduktion solcher Systeme angestrebt. Da in der Schweiz kein eigentliches Potenzial für den Einsatz dieser Technologie besteht, geht es um die Weiterentwicklung innovativer Ansätze hin zu exportfähigen Technologien. Als weiterer Schwerpunkt wird der Einsatz von Anlagen zur Erzeugung von Prozesswärme in der Schweiz an Hand verschiedener Pilotanlagen mit wissenschaftlicher Begleitung detailliert untersucht. Dadurch sollen grundlegende Erkenntnisse sowohl über das technische als auch über das ökonomische Potenzial solcher Anlagen in der Schweiz erarbeitet werden.

### 3.2.5 Solarthermie und Wärmespeicherung

Das Forschungsprogramm Solarthermie und Wärmespeicherung umfasst die Beheizung und Kühlung von Gebäuden. Das Hauptinteresse liegt auf Solaranwendungen im Temperaturbereich zwischen 0 und 150 °C. Die Forschungsschwerpunkte 2017–2020 lauten wie folgt:

Thermische Solarkollektoren: Thermische sowie PV/T-Kollektoren<sup>14</sup> stehen heute zwei Herausforderungen gegenüber. Sie müssen dünner und günstiger werden. Gesucht sind deshalb neuartige Kollektortypen, die aufgrund ihrer Konstruktion und des verwendeten Materials zu namhaften Kostenreduktionen führen. Damit soll auch der Weg zur Entwicklung von multifunktionalen Fassadenelementen geebnet werden. Ausserdem sollen technische Lösungen zur Verhinderung von Stagnation weiter entwickelt und demonstriert werden. Ein weiteres Thema im Bereich Pilot- und Demonstration bleibt die architektonisch ansprechende Gebäudeintegration insbesondere von farbigen Kollektoren.

Wärmespeicherung: Die exergetische Qualität von wasserbasierten Wärmespeichern (Schichtung der Speicher) soll maximiert, die Wärmetauscher von Eisspeichern sollen verbessert und technische Lösungen von thermischen Speichern mit hoher Speicherdichte demonstriert werden.

Systeme: Sie sollen zur Kostenminderung der Solarenergie beitragen. Gefragt sind optimierte Kombinationen von PV/T-Kollektoren und Wärmepumpen, die Einbindung der Solarthermie in (intelligente) Energienetze mit kurz- und langzeitiger Wärmespeicherung und der Vergleich zu PV/WP-basierten Systemen<sup>15</sup>. Weiter sollen die Möglichkeiten prädiktiver Regelungen sowie eines Monitorings in Echtzeit demonstriert werden.

Planungswerkzeuge: In diesem Bereich unterstützt das BFE die Simulation von Systemkombinationen mit automatischer Optimierung, die Integration von satellitenbasierten Einstrahlungsvorhersagen sowie die Einbindung von Methoden zur Abschätzung der Akzeptanz von Solaranlagen im urbanen Kontext.

<sup>14</sup> PV/T: Photovoltaisch–thermisch

<sup>15</sup> PV/WP: Photovoltaik–Wärmepumpe

### 3.2.6 Talsperren

Die Sicherheit der Stauanlagen ist in erster Linie eine Frage der Standsicherheit der Bauwerke. Die Hauptbauwerke (Dämme, Mauern oder Flusswehre) stehen zwar immer im Vordergrund, aber ebenso wichtig sind der Untergrund und das Widerlager der Talsperre sowie die eingestauten Hänge des Stauraums. Nicht zu vergessen sind die sicherheitsrelevanten Nebenanlagen (Hochwasserentlastung, Mittelablass und Grundablass).

Bezüglich der Einwirkungen auf diese Bauwerke ist den Naturereignissen Hochwasser und Erdbeben besondere Beachtung zu schenken, aber auch Alterungsprozesse sind zu berücksichtigen.

In der Periode 2017–2020 sollen folgende Themen vermehrt untersucht werden:

- Bezüglich der Standsicherheit der Talsperren besteht insbesondere Forschungsbedarf bei extremen Naturereignissen.

### 3.2.7 Wasserkraft

Die Energiestrategie 2050 sieht eine Steigerung der Stromproduktion aus Wasserkraft von etwa 10 % gegenüber der heutigen Erzeugung vor. Ziel der Forschung ist die vollständige Ausnutzung des Wasserkraftpotenzials der Schweiz unter ganzheitlichen Gesichtspunkten. Dies bedeutet in Anbetracht der Sicherstellung der derzeitigen Produktion unter geänderten Marktbedingungen, dem Einfluss der Klimaänderung sowie den Anforderungen hinsichtlich der gewässerökologischen Situation eine beträchtliche Steigerung.

Der Forschungsbedarf bei der Grosswasserkraft liegt insbesondere in der Anpassung der elektromechanischen Ausrüstung und der hydraulischen Komponenten an geänderte Anforderungen des Marktes. Mehr Speichermöglichkeiten, schnelle Verfügbarkeit und Bereitstellung von Spitzenstrom sind wesentliche Anforderungen. Turbinen, Generatoren und andere Komponenten werden bei häufigen Lastwechseln zudem verstärkt beansprucht. Auf dem europäischen Markt fehlen jedoch derzeit die finanziellen Anreize, mit denen sich diese Anlagen finanzieren lassen. Es besteht Forschungsbedarf in Bezug auf die Verbesserung der wirtschaftlichen Situation. Parallel dazu müssen die bestehenden Anlagen gegen Einflüsse der Klimaänderung, insbesondere dem Rückgang der Gletscher, ertüchtigt werden. Verstärkter Eintrag von feinen Sedimenten und Geschiebe in die Speicher und die Triebwasserwege reduzieren das bewirtschaftbare Speichervolumen

Die zu erarbeitenden Grundlagen sollen sowohl die Abschätzung von Extremeinwirkungen auf das Absperrbauwerk und dessen Verhalten unter Extremeinwirkung als auch die Abschätzung möglicher Versagensprozesse ermöglichen.

- Der Einfluss von Alterungsprozessen wie die Alkali-Aggregat-Reaktion auf die Standsicherheit der Talsperren soll untersucht werden. Die Prozesse, welche zur Alterung führen, sollen besser verstanden und das Verhalten des betroffenen Bauwerks sowie mögliche Gegenmassnahmen untersucht werden.
- Bezüglich der Überwachung der Talsperren ist die Entwicklung und Anwendung neuer Überwachungsmethoden von Bedeutung. Zudem sollen verbesserte analytische Methoden zur Interpretation der Beobachtungen entwickelt werden.

und führen zu erhöhtem Verschleiss. Die geforderte Verbesserung der gewässerökologischen Situation im Umfeld der Wasserkraftanlagen, beispielsweise Fischdurchgängigkeit, Vermeidung negativer Auswirkungen von Schwall/Sunk-Betrieb und die Wiederherstellung der Geschieberegime erfordern Forschungsaktivitäten. Schliesslich besteht auch Forschungsbedarf hinsichtlich der Optimierung des Betriebs und der möglichen Erweiterung bestehender komplexer Wasserkraftsysteme mit mehreren Speichern, Kraftwerksstufen und Pumpwerken. Es wird davon ausgegangen, dass auch hier noch unerschlossenes Potenzial aktiviert werden kann.

Von der Kleinwasserkraft werden erhebliche Produktionssteigerungen erwartet, aber die tatsächlichen Zuwächse sind insgesamt sehr gering. Hemmnis ist hier die geringe gesellschaftspolitische Akzeptanz. Forschung soll hier auf die Reduktion ökologischer Auswirkungen und einen gesellschaftlichen Konsens zwischen verstärkter Nutzung und angemessenem Schutz zielen.

Infrastrukturanlagen haben kaum ökologische Auswirkungen und können daher überall dort schnell und problemlos realisiert werden, wo die Wirtschaftlichkeit gegeben ist. Hier sind neue technologische Entwicklungen wünschenswert, auch wenn das damit insgesamt erschliessbare Potenzial limitiert ist.

### 3.2.8 Wasserstoff

Als Teil einer Gesamtlösung hin zu einer nachhaltigen Energieversorgung kann die Verwendung von nachhaltig produziertem Wasserstoff im Zusammenspiel mit verschiedenen anderen Technologien einen wichtigen Beitrag leisten, dies als Treibstoff in der Mobilität, in der chemischen Industrie, oder als Langzeit-Energie(Strom)speicher. Die elektrolytische Gewinnung und anschliessende Verwendung von Wasserstoff bilden das zentrale Element von verschiedenen aktuell diskutierten «Power-to-Gas»-Konzepten. Die Einbindung von Wasserstoff als Energieträger stellt ein komplexes Unterfangen dar, mit entsprechend längerem Zeithorizont und nach wie vor grossem Forschungs- und Entwicklungsbedarf.

Schwerpunkte der vom BFE mitgeförderten Aktivitäten liegen in der materialorientierten Grundlagenforschung, in der Systement-

wicklung sowie in der Demonstration und Erprobung in Pilotprojekten. Technologische Schwerpunktthemen bilden verschiedene Wasserstoffproduktionspfade auf Basis regenerativer Energiequellen: Photokatalyse, solarthermische Wasserstoffproduktion, (Hochdruck-)Elektrolyse (Protonen-Austausch-Membran- und alkalische Elektrolyse) und Hochtemperatur-Feststoff-Elektrolyse. Weiter geht es allgemein um die Speicherung und Verteilung von Wasserstoff sowie um technische Aspekte im Zusammenhang mit regulatorischen Fragen (Sicherheit, Messgenauigkeit). In verschiedenen «Power-to-Gas»-Konzepten wird das Zusammenspiel zwischen erneuerbarer Stromproduktion und der Nutzung chemischer Energieträger (Wasserstoff, Methan) für verschiedene Anwendungsbereiche (Mobilität, Langzeitspeicherung) untersucht.

### 3.2.9 Windenergie

Das langfristige Ausbauziel der Windenergie liegt gemäss Energiestrategie 2050 bei 4 TWh. Hierbei wurden bereits Natur- und Landschaftsschutzgebiete sowie kulturhistorische Inventare berücksichtigt. Um diesen Ausbau zu ermöglichen und die Wirtschaftlichkeit der Windenergieprojekte zu verbessern, müssen vertiefte Erkenntnisse zur Akzeptanz und teilweise auch zur Wirkung von Windenergieanlagen auf die Fauna erarbeitet werden.

Durch die besondere naturräumliche Lage der Schweiz sind internationale Erkenntnisse nicht immer übertragbar. Aufgrund der noch geringen Erfahrungen bestehen beträchtliche Unsicherheiten, was sich in Anbetracht der föderalistisch strukturierten Planungs- und Bewilligungsverfahren stark verzögernd auswirkt. Für die Projektentwicklung besteht bei einem Planungszeitraum von bis über 10 Jahren grosse Unsicherheit – es sind daher vor allem Forschungsprojekte im Bereich der Akzeptanzforschung und im Bereich der rechtlichen Aspekte nötig. Die Kenntnisse darüber, welche Faktoren sich massgebend auf die Akzeptanz – und damit auf die Realisierungsrate der Projekte – auswirken, sind noch lückenhaft. Zudem ist unklar, wie die Bevölkerung optimal in den Prozess einbezogen werden kann. In einigen Bereichen fehlen Behörden und Fachleuten klare, anerkannte Grundlagen zur Beurteilung von konkreten Projekten. Die Forschung soll hier dienlich sein mit Erkenntnissen beispielsweise über Emissionen von

Windkraftanlagen. Der Fokus der Förderung durch das Forschungsprogramm Windenergie liegt klar auf Windenergie bezogener und eher technischer Forschung. Begleitforschung im Schnittbereich zwischen Windkraft und anderen Disziplinen wie Vogelkunde oder Lärmforschung sollen verstärkt in Kooperation mit anderen Bundesämtern und auch mit deren finanzieller Unterstützung angegangen werden.

Die Optimierung des Ertrags pro Anlage ist in der Schweiz speziell wichtig, um die Wirtschaftlichkeit weiter zu verbessern, und um die beschränkte Anzahl der geeigneten Standorte optimal zu nutzen. Die überwiegende Mehrzahl der geeigneten Standorte in der Schweiz befindet sich im (Mittel-)Gebirge, was durch die erhöhte Turbulenzintensität und das raue Klima einige technologische Herausforderungen verursacht. Durch innovative Bautechnologien können zusätzliche Standorte in Betracht gezogen oder bestehende Standorte besser genutzt werden.

Grundsätzlich konzentriert sich das Forschungsprogramm darauf, die Nutzung der bestehenden Technologie mit Windenergieanlagen im Megawattbereich für die Schweiz weiter zu entwickeln. Neue Anlagekonzepte oder Kleinwindanlagen sind aufgrund des weltweit beschränkten Marktvolumens und der Tatsache, dass die Siedlungsräume in der Schweiz generell über ungenügende Windverhältnisse verfügen, von untergeordneter Bedeutung.

## 3.3 Forschungsprogramme im Bereich Gesellschaft und Wirtschaft

Im Bereich Gesellschaft und Wirtschaft verfügt das BFE über die beiden Forschungsprogramme Energie–Wirtschaft–Gesellschaft und Radioaktive Abfälle.

### Grundsätze der Förderung

Die Förderung des BFE richtet sich im Bereich Gesellschaft und Wirtschaft in erster Linie an ökonomischen Fragestellungen aus

sowie an Fragen zur Akzeptanz, zur Partizipation an politischen Prozessen oder zur Verhaltensänderung.

Die zugrunde liegenden Prinzipien für die Forschungsförderung sind in Kapitel 2.1 vorgestellt.

Eine Checkliste, mittels welcher die Förderwürdigkeit eines Forschungsprojekts abgeschätzt werden kann, ist in Anhang H aufgeführt und kann auf der Webseite der Energieforschung des BFE heruntergeladen werden.

### 3.3.1 Energie–Wirtschaft–Gesellschaft

Aufgabe des Forschungsprogramms Energie–Wirtschaft–Gesellschaft (EWG) ist die anwendungsorientierte energiepolitische Forschung. So befasst sich EWG mit ökonomischen, soziologischen, psychologischen sowie politologischen Fragestellungen über die ganze Wertschöpfungskette der Energie hinweg. Ziel des Forschungsprogramms ist die Erarbeitung von wissenschaftlichen Grundlagen für die verschiedenen anstehenden energiepolitischen Entscheide.

Die Energiestrategie 2050 des Bundesrates beinhaltet den schrittweisen Ausstieg aus der Kernenergie bei gleichzeitiger Einhaltung der Klimaziele sowie dem Erhalt der bisherigen hohen Versorgungssicherheit in der Schweiz. Dies bedingt eine Erhöhung der Energieeffizienz sowie einen Ausbau der Energieproduktion aus erneuerbaren Quellen. Die psychologische und sozio-ökonomische Forschung soll ein besseres Verständnis des Verhaltens der Akteure und des Funktionierens der Märkte herstellen und die relativen Potenziale und Kosten verschiedener Massnahmen aufzeigen. Ausserdem sollten eine globale Sicht auf den Umbau des Energiesystems sowie ein besseres Verständnis der Querverbindungen und Wechselwirkungen verschiedener Massnahmen und Verhaltensweisen angestrebt werden.

Im Rahmen des Forschungsprogramms sollen Instrumente identifiziert und entwickelt werden, die es erlauben, die Ziele bezüglich

Energieeffizienz und Ausbau der erneuerbaren Energien zu möglichst geringen volkswirtschaftlichen Kosten zu erreichen. Ausserdem sollen Grundlagen für die zweite Phase der Energiestrategie und somit dem Übergang vom Förder- zum Lenkungssystem erarbeitet werden. So sind für das BFE zur erfolgreichen Umsetzung der Energieeffizienzziele ein besseres Verständnis energierelevanter Entscheidungen sowohl der Haushalte als auch der Unternehmen wichtig. Insbesondere die Wirkung von spezifischen energiepolitischen Instrumenten ist in diesem Zusammenhang von grossem Interesse.

Die effiziente Ausgestaltung von Energiemärkten bildet einen weiteren Forschungsschwerpunkt. Forschung in diesem Bereich soll unter anderem Grundlagen für den Ausbau der Produktion aus erneuerbaren Energien schaffen. Zudem sollen weiterhin die politischen, ökonomischen und sozialen Rahmenbedingungen und deren Effekte analysiert werden. Forschungsbedarf sieht das BFE bei den volkswirtschaftlichen Auswirkungen sowie beim Zusammenspiel verschiedener politischer Massnahmen. Im Rahmen der genannten Forschungsschwerpunkte sollen sowohl bereits vorhandene Methoden auf neue Fragestellungen angewendet als auch Modelle, Schätzmethode und Datengrundlagen weiterentwickelt werden.

### 3.3.2 Radioaktive Abfälle

Im Rahmen des Forschungsprogramms Radioaktive Abfälle werden die regulatorischen Forschungstätigkeiten des Bundes im Bereich der Entsorgung radioaktiver Abfälle koordiniert. Neben technisch-naturwissenschaftlichen Projekten, welche vom Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI in einem eigenen Forschungsprogramm adressiert werden, fokussiert sich die durch das BFE finanzierte Forschung auf Projekte aus den geistes- und sozialwissenschaftlich Bereichen.

Ziel der geistes- und sozialwissenschaftlich orientierten Forschungsarbeiten ist die Klärung von offenen Fragestellungen, welche sich im Zusammenhang mit der Entsorgung radioaktiver Abfälle ergeben. Ein wichtiger Schwerpunkt liegt dabei auf dem «Sachplanverfahren geologische Tiefenlager», dem Schweizer Auswahlverfahren für Lagerstandorte für radioaktive Abfälle, welches nach heutiger Planung bis etwa 2027 dauern wird. So wird beispielsweise die gross angelegte regionale Partizipation im Auswahlverfahren im Rahmen eines Forschungsprojekts aus politikwissenschaftlicher Sicht begleitet. Die Ergebnisse dieser Begleitforschung sollen es dem BFE unter anderem ermöglichen, Schwächen und Stärken der partizipativen Prozesse im Auswahlverfahren zu erkennen und diese Prozesse bei Bedarf verbessern zu können. Auch soll damit die Basis für einen Vergleich mit anderen Grossprojekten geschaffen werden, um so die Erfahrungen und Erkenntnisse des Projekts weitreichend nutzbar zu machen.

Die weiteren Schwerpunkte des Forschungsprogramms des BFE betreffen Fragen aus dem Bereich Ethik und Recht sowie Langzeitaspekte wie den Wissenserhalt oder die Markierung von geologischen Tiefenlagern.

Der naturwissenschaftliche und vom ENSI geleitete Teil des Forschungsprogramms widmet sich insbesondere Fragen zur Lagerauslegung, zum Pilotlager oder zum sicherheitstechnischen Monitoring – dies auch im Hinblick darauf, dass die zuständigen Bundesbehörden die Rahmenbewilligungsgesuche für die geologischen Tiefenlager für schwach- und mittelradioaktive und für hochradioaktive Abfälle zu beurteilen haben, welche nach heutigem Planungsstand etwa im Jahr 2022 eingereicht würden.

## 4 Finanzierung 2017–2020

Bei der Budgetplanung für die Jahre 2017–2020 geht das BFE gegenüber 2016 davon aus, dass die Fördermittel der Ressortforschung des BFE für den Bereich Forschung und Entwicklung (F+E) abnehmen (Tabelle 3).

### Geplante Mittel für 2017–2020

Tabelle 3 zeigt die für die Periode 2017–2020 vorgesehenen Budgets für Forschungs-, Pilot- und Demonstrationsprojekte des BFE.

Die Angaben sind Annahmen und keine eingestellten Finanzmittel. Die Budgets der einzelnen Jahre müssen jeweils von den Räten bewilligt werden.

Die Budgetzuteilung auf die einzelnen Forschungsprogramme des BFE wird über den gesamten Zeitraum 2017–2020 möglichst konstant gehalten.

Die Aufwendungen für Forschungsprojekte im Bereich der ERA-Net (EU) und der bilateralen Vereinbarungen (DACH, IPGT) werden von den beteiligten Forschungsprogrammen gedeckt. Das Pilot- und Demonstrationsprogramm des BFE und EnergieSchweiz beteiligen sich fallweise an den Projekten im Rahmen der ERA-Net-Ausschreibungen.

	2017	2018	2019	2020
Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte	31 000 000	34 300 000	34 700 000	34 700 000
Forschungsprojekte (Auftragsforschung)				
Energieeffizienz	7 500 000	7 600 000	7 700 000	7 800 000
Erneuerbare Energien	6 600 000	6 700 000	6 800 000	6 900 000
Gesellschaft und Wirtschaft	1 500 000	1 500 000	1 500 000	1 500 000
Total Auftragsforschung	15 600 000	15 800 000	16 000 000	16 200 000
Koordination <sup>1)</sup>	2 000 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000
<b>Total</b>	<b>48 600 000</b>	<b>52 100 000</b>	<b>52 700 000</b>	<b>52 900 000</b>

**Tabelle 3** Vom BFE eingeplante Budgets für die Periode 2017–2020

Basis bildet die Weisung des Bundesrats zum Voranschlag 2017 und dem Finanzplan 2018–2020. Das Budget muss jeweils von den Räten bewilligt werden.

<sup>1</sup> Inklusiv rund 1 000 000 Franken Aufwand für die Beteiligung an den Forschungsprogrammen der IEA: Mitgliederbeiträge (Technology Collaboration Programmes) und Aufträge für Leitungsaufgaben wie Operating agents, Chair oder Vice chair persons, usw. (ohne Eigenleistungen des BFE).

## 5 Akteure und Schnittstellen

---

Eine der zentralen Aufgaben des BFE ist die Vernetzung der nationalen Akteure innerhalb der Schweiz und mit der internationalen Forschergemeinschaft. Zu diesem Zweck hat das BFE ein weites Beziehungsnetz aufgebaut, das sowohl den gesamten Hochschulbereich, als auch die privaten Forschungsinstitutionen um-

fasst. Sämtliche vom BFE geförderten Forschungsprojekte werden von den Leitungen der Forschungsprogramme des BFE begleitet, wodurch ein intensiver Wissensaustausch mit den wichtigsten Akteuren der Schweizer Forschungsgemeinschaft sichergestellt werden kann.

### 5.1 Nationale Akteure und Schnittstellen

Bei den privaten Organisationen decken die Kontakte sowohl grosse Firmen mit ausgeprägten eigenen Forschungsaktivitäten wie beispielsweise ABB oder IBM ab, als auch eine Vielzahl innovativer KMU wie Meyer Burger oder Awtec bis hin zu Start-ups

und Ingenieurbüros. Daneben bestehen Kooperationen mit Partnern, welche ein grosses Multiplikationspotenzial aufweisen, wie etwa Post, SBB oder Elektrizitätsversorgungsunternehmen wie Axpo, BKW und diverse Stadtwerke. Geografisch sind die Forschungsprogramme des BFE in der gesamten Schweiz verankert.

#### 5.1.1 Schnittstellen zum Schweizerischen Nationalfonds (SNF)

Das Instrument «NFP» wurde im Jahr 1975 vom Bundesrat beschlossen. Seitdem sind eine Vielzahl von NFP lanciert und abgeschlossen worden<sup>16</sup>. Einige der abgeschlossenen und laufenden NFP haben einen Bezug zur Energie, beispielsweise die NFP Nachhaltige Wassernutzung (NFP 61), Intelligente Materialien (NFP 62), Ressource Holz (NFP 66) oder Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden (NFP 68).

In der Folge der Ereignisse 2011 in Japan (Fukushima) hat der Bundesrat im Juni 2011 beschlossen, für die NFP-Prüfrunde 2011/12 nur das Thema Energie zuzulassen. Der SNF wurde beauftragt, ein NFP zum Thema «Energiewende» (NFP 70, 37 Mio. CHF) und eines zum Thema «Steuerung des Energieverbrauchs» (NFP 71, 8 Mio. CHF) auszuschreiben. Die Energieforschung des BFE wurde in das Auswahlverfahren einbezogen und ist auch in die Begleitung der beiden NFP aktiv.

#### 5.1.2 Schnittstellen zu Bundesämtern und weiteren Bundesstellen

Wie die nachfolgenden Zusammenstellungen zeigen, besitzt das BAFU am meisten Berührungspunkte mit den Forschungsprogrammen des BFE (Tabelle 4). BFE und BAFU sitzen gegenseitig zudem als Beobachter in den entsprechenden Forschungskommissionen des BFE (CORE) bzw. des BAFU (OFU) ein.

Eine enge Kooperation besteht zudem zwischen dem BFE und der KTI. Durch den Einsitz des BFE im Förderbereich der Ingenieurwissenschaften der KTI und der engen Kooperation bezüglich der SCCER besteht ein intensiver Informationsaustausch zwischen den beiden Förderinstitutionen.

---

<sup>16</sup> [www.snf.ch](http://www.snf.ch)

Bundesämter, Verwaltungsstellen, Fachstellen, Kommissionen		Erneuerbare Energien →→								
		Bioenergie	Geoenergie	Photovoltaik	Solare Hochtemperatur- energie	Solarthermie und Wärmespeicherung	Talsperren	Wasserkraft	Wasserstoff	Windenergie
UVEK	ARE	■★	■							
	ASTRA		■							
	BAFU	■■★	■■				■■	■■	■	■■
	BAKOM									
	BAV		■						■	
	ENSI		■				■■			
	KNS									
EDI	BAG									
	BFS									
	BLV	■■								
	MeteoSchweiz						■■			
WBF	BLW	■■★	■							
	KTI	■	■	■	■	■		■	■	■
	SBFI		■	■	■				■■	
	SECO	■★	■	■						
EDA	DEZA	■■	■	■						
EFD	BIT									
	EAV	■★								
	EZV	■★								
EJPD	METAS								■	
VBS	BABS						■■			
	EGK		■★							
	KBGeol		■■★							
	Swisstopo		■■■							
Diverse	SED		■■■							
	SNF	■		■■	■■				■■	

**Tabelle 4** Zusammenarbeit des BFE mit anderen Bundesstellen.

- Es existiert ein regelmässiger Informationsaustausch zu den Aktivitäten des Forschungsprogramms, beispielsweise durch den gegenseitigen Einsatz in Arbeitsgruppen.
- Bei geeigneten Projekten erfolgt eine Absprache (beispielsweise bezüglich der Projektplanung) und/oder es werden Projekte gemeinsam finanziert.
- Es erfolgt eine Konsultation bezüglich der Forschungskonzepte, Jahrespläne, Agenden usw.
- ★ Es besteht eine (inter-)departementale Koordinations- oder Steuerungsgruppe.

←← Energieeffizienz										Gesellschaft und Wirtschaft	
Brennstoffzellen	Elektrizitätstechnologien	Gebäude und Städte	Industrielle Prozesse	Mobilität	Netze	Verbrennungsbasierte Energiesysteme	Energie-Wirtschaft-Gesellschaft	Radioaktive Abfälle	Allgemeine Koordination		
				■ ■			■ ■	★		ARE	UVEK
	■			■ ■			■			ASTRA	
■	■	■ ■		■ ■	■	■ ■	■	■ ★	★	BAFU	
	■				■					BAKOM	
■	■			■ ■						BAV	
								■ ★		ENSI	
								■		KNS	EDI
	■				■			★		BAG	
							■			BFS	
					■					BLV MeteoSchweiz	
										BLW	WBF
■	■	■	■	■	■		■		■ ■ ★	KTI	
■ ■						■ ■			■ ■ ■ ★	SBFI	
										SECO	
										DEZA	EDA
	■									BIT	EFD
										EAV	
										EZV	
					■					METAS	EJPD
	■									BABS	VBS
										EGK	
										KBGeol	
								■ ★		Swisstopo	
■ ■	■				■				★	SED SNF	Diverse

Bundesämter,  
Verwaltungsstellen,  
Fachstellen,  
Kommissionen

**Tabelle 4** Zusammenarbeit des BFE mit anderen Bundesstellen.

- Es existiert ein regelmässiger Informationsaustausch zu den Aktivitäten des Forschungsprogramms, beispielsweise durch den gegenseitigen Einsatz in Arbeitsgruppen.
- ■ Bei geeigneten Projekten erfolgt eine Absprache (beispielsweise bezüglich der Projektplanung) und/oder es werden Projekte gemeinsam finanziert.
- ■ ■ Es erfolgt eine Konsultation bezüglich der Forschungskonzepte, Jahrespläne, Agenden usw.
- ★ Es besteht eine (inter-)departementale Koordinations- oder Steuerungsgruppe.

### 5.1.3 Schnittstellen zur Kommission für Technologie und Innovation (KTI)

Die KTI unterstützt innovative Projekte aus allen wissenschaftlichen Disziplinen. Die Projektförderung geschieht dabei nach dem Bottom-up-Prinzip, das heisst, es gibt keine vorgegebenen Forschungsthemen oder -schwerpunkte, sondern es sind prinzipiell alle Forschungsthemen zugelassen, sofern die Förderkriterien der KTI eingehalten werden. Energierrelevante Projekte werden zum grossen Teil im Förderbereich Ingenieurwissenschaften

behandelt, in welchem das BFE Einsitz hat. Auf diese Weise kann die Koordination zwischen Projekten der KTI und des BFE optimal sichergestellt werden. Sämtliche energierelevanten Projekte werden von den Fachspezialisten des BFE vor den Sitzungen des Förderbereichs Ingenieurwissenschaften begutachtet und kommentiert.

### 5.1.4 Schnittstellen zu den SCCER

Zu den Swiss Competence Centers in Energy Research (SCCER) besteht bereits über die herkömmlichen Kontakte zu den Hochschulen ein enges Beziehungsnetz. An der Etablierung der SCCER 2013/2014 hat das BFE wesentliche Beiträge geleistet, von der Ausarbeitung des den SCCER zugrundeliegenden Aktionsplans, der Pflichtenhefte und Bewertungsunterlagen bis hin

zur Wahl der einzelnen SCCER. Personell ist das BFE als Beobachter im Steering Committee der KTI und im Evaluationspanel, welches die Prüfung der Gesuche durchgeführt hat und für die jährliche Evaluation der SCCER zuständig ist, vertreten. In sämtlichen SCCER hat das BFE zudem eine Beobachterrolle und pflegt mit den Leitungen der SCCER einen regelmässigen Austausch.

### 5.1.5 Nationale Förderinstitutionen

Neben den Förderorganen des Bundes gibt es weitere Förderinstitutionen in der Schweiz, welche je nach thematischem Bereich

für eine Mitfinanzierung von Forschungsprojekten infrage kommen<sup>17</sup>. Nach Möglichkeit arbeiten die einzelnen Forschungsprogramme des BFE mit diesen Förderinstitutionen zusammen.

## 5.2 Internationale Zusammenarbeit

Eine der zentralen Aufgaben des BFE ist die Einbindung der Schweizer Forschenden in internationale Forschungsaktivitäten.

In erster Linie sind dies die Forschungsprogramme der IEA und der EU. Daneben bestehen aber auch themenspezifische multilaterale Abkommen.

### Internationale Energieagentur (IEA)

Für die Energieforschung des BFE ist die IEA von zentraler Bedeutung. Das BFE ist bei der IEA in allen für die Energieforschung relevanten Führungsgremien vertreten, angefangen beim Governing Board über das Committee on Energy Research and Technology (CERT) und den diesem zugordneten Working Parties *Working Party on Fossil Fuels* (WPPF), *Renewable Energy Technologies Working Party* (REWPP), *End-Use Technologies Working*

*Party* (EUWP) und dem *Fusion Power Co-ordinating Committee* (FPCC).

Die eigentlichen Forschungsprojekte werden in den Technology Collaboration Programmes (TCP) der IEA ausgeführt. Das BFE nimmt aktuell an den nachfolgend aufgeführten TCP teil:

- [Advanced Fuel Cells](#)
- [Advanced Motor Fuels](#)

<sup>17</sup> Publikation «Angebote der Innovationsförderung im Energiebereich für Schweizer Firmen und Forschungsinstitute», Be-

zug: [www.bfe.admin.ch/cleantech](http://www.bfe.admin.ch/cleantech) ► Angebote der Innovationsförderung

- [Bioenergy](#)
- [Demand Side Management](#)
- [Emission Reduction in Combustion](#)
- [Energy in Buildings and Communities](#)
- [Energy Efficient End-Use Equipment](#)
- [Energy Technology Systems Analysis Program](#)
- [Gas and Oil Technologies](#)
- [Geothermal](#)
- [Greenhouse Gas](#)
- [Heat Pumping Technologies](#)
- [High-Temperature Super Conductivity on the Electric Power Sector](#)
- [Hybrid and Electric Vehicles Technologies](#)
- [Hydrogen](#)
- [International Smart Grid Action Network](#)
- [Photovoltaic Power Systems](#)
- [Solar Heating and Cooling Systems](#)
- [SolarPACES](#)
- [Wind Energy Systems](#)

## Europäische Kommission

Im Frühjahr 2014 wurde die Teilnahme der Schweiz am Forschungsrahmenprogramm «Horizon 2020» von der Europäischen Kommission stark eingeschränkt. Eine Teilnahme von Schweizer Forschenden ist seither bei der eigentlichen Projektförderung (dritter Pfeiler bzw. «Societal challenges» von Horizon 2020) nur noch als Drittland möglich<sup>18</sup>. Das BFE ist aufgrund des Ausschlusses nicht mehr in den Leitungsgremien von Horizon 2020 vertreten, hingegen ist die Beteiligung bei den ERA-Net als Drittland weiterhin möglich.

### European Research Area Networks (ERA-Net)

Ziel des ERA-NET-Systems ist es, die nationalen und regionalen Forschungsprogramme zu koordinieren und den europäischen Forschungsraum sowie bestimmte europäische Industriezweige

zu stärken. Die einzelnen ERA-Net lancieren gemeinsame Ausschreibungen der beteiligten Länder.

Zur Stärkung der ERA-Net wurden von der Kommission sogenannte ERA-Net Cofund Action (ERA-Net CFA) entwickelt. Sie unterscheiden sich von den herkömmlichen ERA-Net dadurch, dass die Kommission ein Drittel der Projektgelder zusätzlich bereitstellt, maximal aber 15 Millionen Euro. Das BFE hat sich massgeblich an den Ausarbeitungsarbeiten der ersten ERA-Net CFA im Energiebereich zu den Themen Smart cities and communities, Smart grids, Carbon Capture and Storage (CCS), Solar Power Technology und Geothermal beteiligt und stellt die für die Beteiligung Schweizer Forschender nötigen Finanzmittel zur Verfügung – rund einer Million Franken pro ERA-Net CFA und Jahr.

<sup>18</sup> Schweizer Forschende können sich weiterhin an den Ausschreibungen beteiligen, wobei die Schweiz nicht an die verlangte Mindestzahl von drei Ländern angerechnet werden

kann. Die Finanzierung müssen die Forschenden selber sicherstellen.

## Multilaterale Kooperationen

### DACH-Kooperationen

DACH steht für Deutschland–Österreich–Schweiz und umfasst im Bereich der Energieforschung zwei «Memoranda of Understanding» (MoU) zu den Themenbereichen Smart grids und Smart cities and communities.

Der Gegenstand der Zusammenarbeit umfasst den Informations- und Wissensaustausch und die Abstimmung der förderpolitischen Massnahmen. Dabei sollen konkrete gemeinsame Projekte initiiert, finanziert und durchgeführt werden.

Die Beteiligung der Schweiz an den DACH-Kooperationen wird durch das BFE sichergestellt.

### International Partnership for Geothermal Technology (IPGT)

Die Schweiz ist seit 2010 Mitglied der IPGT<sup>19</sup>, einem Forum von Regierungs- und Industrievertretern aus den USA, Island, Schweiz, Australien und Neuseeland. Wichtige Fragestellungen betreffen beispielsweise die Stimulierungen des geothermischen Systems. Neben der Förderung gemeinsamer Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsprojekte soll die IPGT unter anderem Empfehlung für multilaterale Zusammenarbeiten in bestimmten Bereichen der geothermischen Technologieentwicklung ausarbeiten. Die IPGT kann dabei einen wesentlichen Beitrag zur intensiveren Zusammenarbeit zwischen schweizerischen und ausländischen Forschenden leisten und so einen Know-how-Transfer aus gross angelegten Forschungsprojekten initiieren.

Zurzeit wird der Vorsitz der IPGT vom BFE wahrgenommen.

---

<sup>19</sup> <http://internationalgeothermal.org>



## 6 Organisation und Qualitätssicherung

Das BFE deckt praktisch das gesamte Spektrum der Energieforschung ab. Dabei beschränkt es sich nicht auf die Vergabe von Fördermitteln, sondern begleitet die einzelnen Forschungsprojekte eng und vertritt die Forschungsprogramme aktiv in nationalen und

internationalen Gremien. Die dazu nötigen Fachkenntnisse sind entweder innerhalb des BFE vorhanden oder werden durch externe Personen (externe mandatierte Programmleitungen) sichergestellt.

### 6.1 Interne Organisation

Die zentralen Aufgaben der Energieforschung des BFE werden durch die Sektion Energieforschung wahrgenommen. Die Forschungsprojekte sind dabei jeweils Forschungsprogrammen zugewiesen, die sich in die drei Gruppen «Erneuerbare Energien», «Energieeffizienz» und «Gesellschaft und Wirtschaft» unterteilen lassen. Das Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprogramm des BFE (P+D+L) wird von der Sektion Cleantech verwaltet, wobei der Grossteil der Projekte von den Programmleiter\*innen der Energieforschung fachlich begleitet wird. Die Sektion Energieforschung ist somit bei der Evaluation der Anträge eng einbezogen.

#### Betreuung der Forschungsprogramme

Die Budgets für die Forschungsprogramme (F+E) des BFE werden von der Sektion Energieforschung, jenes für das Programm Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte (P+D+L) von der Sektion Cleantech verwaltet. Die nachfolgend aufgeführten drei Forschungsprogramme sind anderen Sektionen des BFE unterstellt und werden durch diese direkt betreut.

#### Organisation der Forschungsprogramme

Jedes der Forschungsprogramme wird von einer Fachperson aus der zuständigen Sektion betreut (Bereichsleiter bzw. Bereichsleiterin Forschung), die für sämtliche, das Forschungsprogramm betreffende administrativen und koordinativen Belange zuständig ist. Dieser Person steht ggf. ein mandatiertes Programmleiter bzw. eine mandatierte Programmleiterin zur Seite. Um die Koordination mit den marktorientierten Umsetzungs- und Förderprogrammen des BFE (Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprogramm, EnergieSchweiz) sicherzustellen, verfügen die Forschungsprogramme in der Regel über eine Ansprechperson im Marktbereich des BFE (Bereichsleiter bzw. Bereichsleiterin Markt), die auch in der Begleitgruppe des entsprechenden Forschungsprogramms Einsitz hat.

- das Forschungsprogramm Energie–Wirtschaft–Gesellschaft wird durch die Sektion Marktregulierung der Abteilung Energiewirtschaft betreut;
- das Forschungsprogramm Talsperren wird durch die Sektion Talsperren der Abteilung Recht und Sicherheit betreut;
- das Forschungsprogramm Radioaktive Abfälle wird durch die Sektion Entsorgung radioaktiver Abfälle der Abteilung Recht, Wasserkraft und Entsorgung betreut.

Im Bereich der Kernenergie (Kerntechnik und Nukleare Sicherheit, Regulatorische Sicherheitsforschung und Kernfusion) nimmt das BFE ausschliesslich die Aufgabe der Kontaktstelle wahr. Sowohl die Zielsetzungen als auch die Verwaltung der Budgets dieser Forschungsprogramme liegen in der Kompetenz der entsprechenden zuständigen Stellen. Beim Forschungsprogramm *Kerntechnik und Nukleare Sicherheit* ist dies das PSI, bei der *Regulatorischen Sicherheitsforschung* das ENSI und bei der *Kernfusion* die EPFL.

Um die Koordination zwischen den Forschungs- und Marktaktivitäten des BFE und anderen wichtigen Schweizer Akteuren im Bereich der Energieforschung (z.B. ETH-Bereich, Fachhochschulen, Universitäten, SCCER, KTI, SBFI, Euresearch) sicherzustellen, organisiert die Energieforschung des BFE zweimal jährlich eine Programmleiter\*innentagung, wobei jene im Winterhalbjahr jeweils zusammen mit der CORE durchgeführt wird.

## 6.2 Begleitkommissionen und -gruppen

Die Energieforschung des BFE kann auf ein weites und umfassendes Beziehungsnetz sowohl innerhalb der Schweiz als auch im internationalen Umfeld zurückgreifen. Durch diese Vernetzung ist das BFE in der Lage, kurzfristig zu den meisten Fragestellungen aus allen Themenkreisen der Energieforschung fachtechnische

Stellungnahmen einzuholen. Daneben verfügt das BFE mit der ausserparlamentarischen Eidgenössischen Energieforschungskommission CORE über ein beratendes Gremium für strategische Fragen.

### 6.2.1 Commission fédérale pour la recherche énergétique (CORE)

1986 wurde die ausserparlamentarische Eidgenössische Energieforschungskommission CORE als beratendes Organ für die Energieforschung durch den Bundesrat eingesetzt. Unter anderem erarbeitet sie alle vier Jahre das *Konzept der Energieforschung des Bundes*, welches als Planungsinstrument für sämtliche Förderinstanzen des Bundes dient. Daneben soll es den kantonalen und kommunalen Stellen, die mit der Umsetzung von energiepolitischen Vorgaben betraut sind oder über eigene Förderinstrumente für die Energieforschung verfügen, als Orientierungshilfe dienen.

Ferner nimmt die CORE regelmässig zur schweizerischen Energieforschung Stellung und äussert sich zur energiebezogenen Ressortforschung des Bundes.

Der CORE gehören 15 vom Bundesrat gewählte Mitglieder an, welche die wichtigsten Akteure der Schweizer Energieforschung vertreten, wie etwa Industrie, Energiewirtschaft, ETH-Bereich, Fachhochschulen, Universitäten und Kantone. Neben dem BFE haben das BAFU, das SBFI und die KTI als Beobachter Einsitz. Die vollständige und nachgeführte Liste der Mitglieder der CORE kann auf dem Internet unter [www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch) eingesehen werden.

Das Sekretariat der CORE wird durch das BFE wahrgenommen. In der Regel tagt die CORE jährlich an vier Halbtagen und führt jeweils im Sommer eine zweitägige Retraite durch.

### 6.2.2 Begleitgruppen

Soweit sinnvoll, verfügen die Forschungsprogramme des BFE über eigene Begleitgruppen, organisieren projektspezifische Arbeitsgruppen oder führen regelmässig nationale Tagungen durch,

an welchen sich die Akteure mit den Förderinstitutionen austauschen können.

## 6.3 Qualitätssicherung

Das BFE richtet sich bei der Forschungsförderung nach den Richtlinien der Qualitätssicherung in der Ressortforschung des Bundes<sup>20</sup>. Gemäss dieser Richtlinie umfasst die Qualitätssicherung im Wesentlichen die drei Teilbereiche Forschungsmanagement, Berichterstattung und Wirksamkeitsüberprüfung (Evaluation).

Für die Periode 2017–2020 wird ein Projektkontrollsystem aufgebaut. Damit sollen einerseits die Abläufe effizienter und redundanzfrei abgewickelt und andererseits die einzelnen Bearbeitungsschritte transparenter dargestellt werden können.

### Forschungsmanagement

Die Bewertung der Projektanträge Forschung und Entwicklung (F+E) erfolgt über die Bereichs- bzw. Programmleitungen in Absprache mit der Sektionsleitung. Pilot- und Demonstrations- und Leuchtturmprojekte (P+D+L) werden in fachspezifischen ad-hoc-Gruppen bewertet und der Geschäftsleitung des BFE vorgelegt.

Die Energieforschung des BFE beschäftigt rund 12 Vollzeitäquivalente an internen und rund sieben Vollzeitäquivalente an mandatierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, welche die

<sup>20</sup> Qualitätssicherung in der Ressortforschung des Bundes, 09. November 2005, Steuerungsausschuss BFT; [www.resortforschung.admin.ch/html/dokumentation/publikationen\\_de.html](http://www.resortforschung.admin.ch/html/dokumentation/publikationen_de.html)

[sortforschung.admin.ch/html/dokumentation/publikationen\\_de.html](http://www.resortforschung.admin.ch/html/dokumentation/publikationen_de.html)

Forschungsprojekte evaluieren und begleiten. Sie decken ein breites Spektrum an Wissenschaften ab, haben meist promoviert und verfügen über eine grosse Erfahrung im Projektmanagement.

Den Mitarbeitenden der Energieforschung bietet das BFE zudem die Teilnahme an dem von der Universität Bern angebotenen CAS-Studiengang<sup>21</sup> Forschungsmanagement (oder Modulen davon) und weitere Fortbildungen an.

## Berichterstattung

Sämtliche Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte des BFE sind in der öffentlich zugänglichen Datenbank des Bundes ARAMIS<sup>22</sup> abgelegt. Weiterführende Informationen zu den Forschungsprogrammen und deren Organisation sind auf der Internetseite des BFE unter [www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch) abrufbar.

## 6.4 Wissens- und Technologietransfer

Neben der Unterstützung von innovativen Projekten von Unternehmen und Hochschulen fördert das BFE den Wissens- und Technologietransfer (WTT) im Energiebereich mit verschiedenen Instrumenten und Massnahmen. Der WTT spielt für die Energiezukunft und die Energiestrategie 2050 eine zentrale Rolle, indem er die Diffusion von innovativen Technologien und Geschäftsmodellen unterstützt und beschleunigt. Die vier Hauptstossrichtungen des WTT-Programms des BFE sind die Förderung von Innovationsbemühungen, die Katalysatorfunktion, die Koordination und die Information. Die Programmleitung für den Wissens- und Technologietransfer ist in der Sektion Cleantech des BFE angesiedelt und koordiniert die zahlreichen WTT-Aktivitäten über die verschiedenen Abteilungen des BFE sowie mit anderen Bundesstellen.

Der Wissenstransfer aus den Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekten des BFE erfolgt unter anderem durch die Publikation von Fachartikeln<sup>24</sup> und Infoclips<sup>25</sup>. Diese beschreiben in kurzer Form die gewonnenen Erkenntnisse und Anknüpfungspunkte. Sie richten sich in erster Linie an Unternehmen, Gemeinden und Städte, welche die neuen Erkenntnisse umsetzen können sowie an Wissenschaftsjournalisten. Die Fachartikel sind allgemein verständlich formuliert und deshalb für den Wissenstransfer für ein breites Publikum und nicht nur für Fachpersonen geeignet.

Ausgewählte, vom BFE unterstützte P+D+L-Projekte sind auf der Cleantech-Karte<sup>23</sup> des BFE dargestellt. Daneben organisieren die Forschungsprogramme des BFE fachspezifische Tagungen und Konferenzen, an welchen die Erkenntnisse aus den durch das BFE unterstützten Forschungsprojekten vorgestellt und diskutiert werden. Schliesslich veröffentlicht das BFE jährlich die Aufwendungen der öffentlichen Hand für die Energieforschung ([www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch)). Zur Verbreitung der Forschungsergebnisse hat das BFE eine Wissens- und Technologietransferstelle eingerichtet (Kapitel 6.4).

## Evaluation der Energieforschung

Es erfolgt keine regelmässige Evaluation der Ressortforschung des BFE. Eine umfassende interne Evaluation der Energieforschung ist mittelfristig vorgesehen.

Neue Fachartikel werden über einen von Wissenschaftsjournalisten und Unternehmen rege genutzten Twitter-Kanal<sup>26</sup> angekündigt.

Das BFE fördert den WTT auch mit Innovationsgruppen, mit Cleantech-Radar-Seminaren und mit einem Start-up-Wettbewerb. Im Rahmen von Innovationsgruppen bringt das WTT-Programm in Zusammenarbeit mit externen Partnern wie beispielsweise dem [energie-cluster.ch](http://energie-cluster.ch)<sup>27</sup> Unternehmen und Hochschulen in spezifischen Geschäftsfeldern zusammen. Dabei werden neue Innovationsprojekte angestossen, die Best Practice in Bezug auf Energieaspekte definiert und gemeinsame Aktivitäten und Strategien entwickelt. So existieren beispielsweise Innovationsgruppen in den Bereichen Hochleistungswärmedämmung, Plusenergiegebäude, Komfortlüftung, Hausautomation oder Wärmespeicherung und Wärmetauscher. Mit Cleantech-Radar-Seminaren wird der Wissenstransfer von Wirtschafts- und Forschungsvertretern zu den Regulatoren und der Verwaltung sichergestellt. 2014 wurde im Rahmen des ImpactHub<sup>28</sup> Fellowships Energy-Cleantech erstmals auch ein Wettbewerb für junge Geschäftsideen im Energiebereich erfolgreich durchgeführt.

<sup>21</sup> CAS: Certificate of Advanced Studies

<sup>22</sup> [www.aramis.admin.ch](http://www.aramis.admin.ch)

<sup>23</sup> [www.bfe.admin.ch/geoinformation](http://www.bfe.admin.ch/geoinformation)

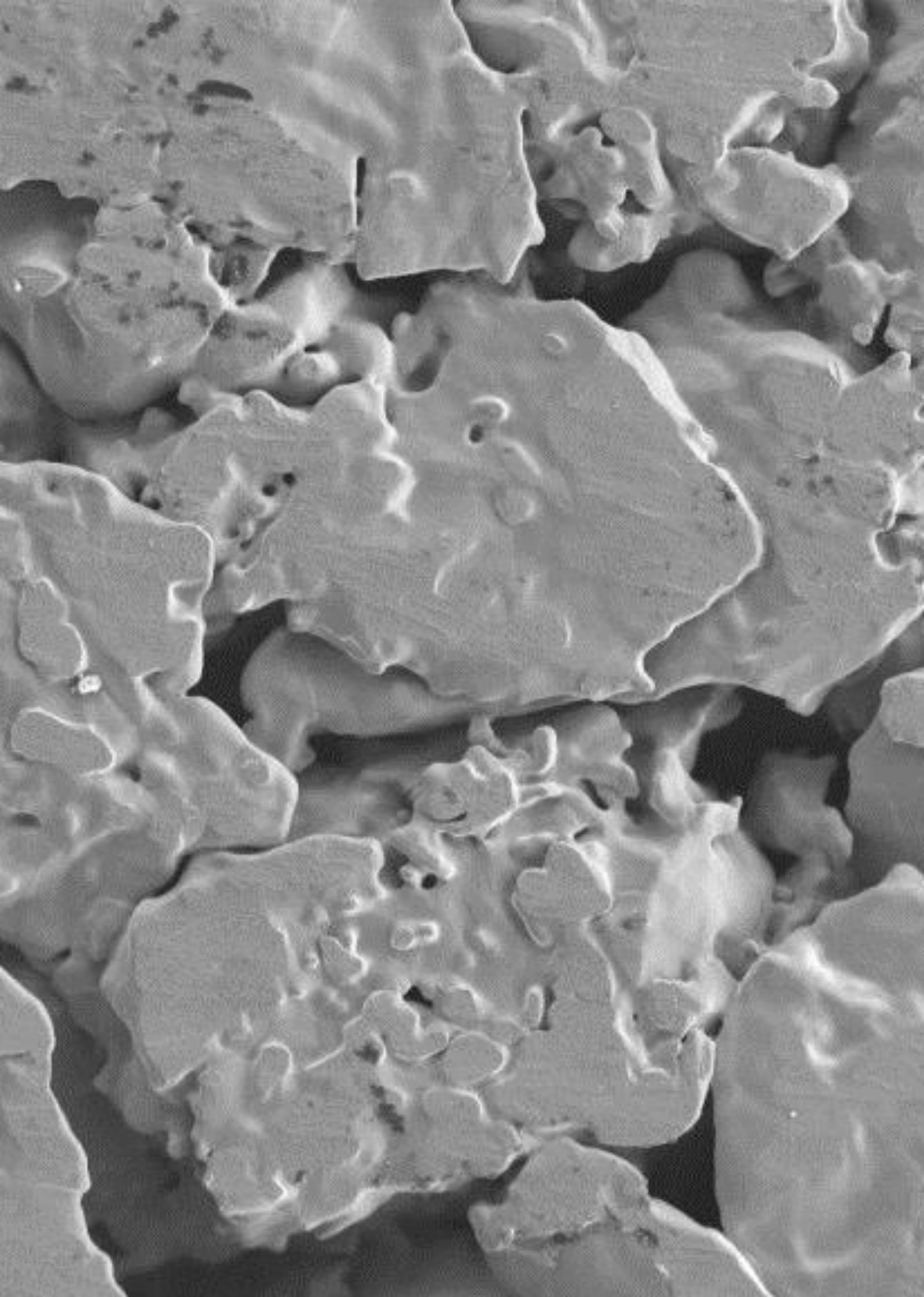
<sup>24</sup> [www.bfe.admin.ch/ct/printmedien](http://www.bfe.admin.ch/ct/printmedien)

<sup>25</sup> [www.bfe.admin.ch/infoclips](http://www.bfe.admin.ch/infoclips)

<sup>26</sup> [www.twitter.com/bfecleantech](https://twitter.com/bfecleantech)

<sup>27</sup> [www.energie-cluster.ch](http://www.energie-cluster.ch)

<sup>28</sup> [www.zurich.impacthub.net](http://www.zurich.impacthub.net)



# Anhänge

---

## A Ressortforschung

---

Die Forschung der Bundesverwaltung wird als Ressortforschung<sup>29</sup> bezeichnet. Es handelt sich dabei um Forschung, deren Ergebnisse von der Bundesverwaltung bzw. der Bundespolitik für die Erfüllung ihrer Aufgaben benötigt werden, oder die sie initiiert, weil sie im öffentlichen Interesse liegt. Die Forschung der Bundesverwaltung umfasst im Einzelnen:

- Forschung «intramuros» der Bundesverwaltung, bzw. den Betrieb von bundeseigenen Forschungsanstalten;
- die Durchführung eigener nationaler Forschungsprogramme, namentlich in Zusammenarbeit mit Hochschulen, Forschungsförderungsinstitutionen, der KTI oder weiteren Förderorganisationen;
- Beiträge an Hochschulforschungsstätten für die Durchführung von Forschungsprogrammen, soweit diese der Erfüllung der Aufgaben der Bundesverwaltung dienen sowie Aufträge der Bundesverwaltung an Dritte.

Nicht zur Ressortforschung gehören die Ausgaben der vom Bund finanzierten Hochschulen und deren Annexanstalten, Beiträge des Bundes an den SNF, an die KTI und an wissenschaftliche Institutionen gemäss Forschungs- und Innovationsförderungsgesetz FIFG (SR 420.1) (Akademien, wissenschaftliche Hilfsdienste usw.) sowie Beiträge an internationale wissenschaftliche Institutionen und Organisationen und Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte gemäss Art. 12 Abs. 2 EnG (SR 730.0). Die Ressortforschung ist im FIFG beschrieben.

Die Aufgabe der Energieforschung des BFE geht über die eigentliche Ressortforschung hinaus: die Forschungsprogramme des BFE haben die Koordination der gesamten Energieforschung in der Schweiz zum Ziel und unterstützen subsidiär Forschungsvorhaben und Pilot- und Demonstrationsprojekte, die den Zielsetzungen der Energiestrategie 2050 dienen.

## B Spezialgesetzliche Grundlagen

---

Neben der übergeordneten Verankerung im FIFG ist die Forschung der Bundesverwaltung auf rund 40 spezialgesetzliche Bestimmungen abgestützt. In diesen werden direkte Forschungsaufträge oder Finanzierungsverpflichtungen durch den Bund vorgegeben, bzw. direkte Evaluations-, Erhebungs-, oder Prüfungsaufträge formuliert, welche entsprechende wissenschaftlichen Arbeiten voraussetzen.

Zudem werden Forschungsaufgaben in zahlreichen Verordnungen präzisiert. Darüber hinaus setzt selbst dort, wo kein expliziter gesetzlicher Auftrag zur Forschung besteht, die Anwendung und Umsetzung geltenden Rechts oft Fachwissen voraus, welches aktuell sein soll und daher mittels Forschung erarbeitet werden muss, etwa beim Erlass von Richtlinien und Verordnungen.

Neben den spezialgesetzlichen Bestimmungen enthalten oder implizieren auch rund 90 internationale Verträge, Konventionen oder Mitgliedschaften Verpflichtungen zur Forschung oder zu nationalen Forschungsanstrengungen in den jeweils relevanten Themenfeldern. Aber auch in Fällen, wo keine expliziten Forschungsverpflichtungen aus Verträgen existieren, ist die in Auftrag gegebene Forschung für einige Ämter zentral, um notwendige internationale Kontakte aufrecht erhalten zu können. Die Forschung der Bundesverwaltung ermöglicht so einen Austausch auf gleicher «Augenhöhe», dem die eigenen aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisse zu Grunde liegen.

Vom Parlament selbst werden durch parlamentarische Initiativen, Motionen, Postulate, Interpellationen oder Anfragen Aufträge zur

---

<sup>29</sup> [www.ressortforschung.admin.ch](http://www.ressortforschung.admin.ch)

Erarbeitung von Entwürfen für Erlasse, zur Erarbeitung von Prüfungsberichten und Auskünften erteilt, deren Behandlung eine mehr oder weniger grosse Aktivität in der Forschung der Bundesverwaltung nach sich ziehen kann.

Eine Übersicht über die Spezialgesetze, die internationalen Verpflichtungen und parlamentarischen Aufträge ist unter [www.ressortforschung.admin.ch](http://www.ressortforschung.admin.ch) einsehbar.

## C Koordinationausschuss Ressortforschung

---

Der Koordinationausschuss Ressortforschung<sup>30</sup> nimmt für den Bundesrat allgemeine Steuerungsaufgaben in Zusammenhang mit der Forschung der Bundesverwaltung wahr, namentlich bei der Koordination der Forschungskonzepte sowie bei Fragen der Qualitätssicherung<sup>31</sup>. Er unterstützt die Bundesämter bei der Umsetzung der Qualitätssicherungsrichtlinien und kann Evaluationen initiieren<sup>32</sup>.

Die Mitglieder des Koordinationausschusses Ressortforschung sind die Direktorinnen bzw. Direktoren der Bundesämter mit eigener Forschung, der Bundeskanzlei und der eidgenössischen Finanzverwaltung sowie je ein Vertreter des SNF, der KTI und des Rats der Eidgenössischen Technischen Hochschulen (ETH-Rat). Der Koordinationausschuss Ressortforschung stellt die strategische Koordination der Forschung der Bundesverwaltung sicher

und unterstützt sein Präsidium in der Wahrnehmung der Verantwortung für das Gesamtsystem. Er verabschiedet Richtlinien auf Vorschlag des Präsidiums, nimmt Aufgaben wahr bei der Auswahl von NFP und Nationalen Forschungsschwerpunkten (NFS) und erhebt jährlich den personellen und finanziellen Forschungsaufwand und den Budgetrahmen der Forschungskredite der Bundesverwaltung für die Berichterstattung an den Bundesrat. Zudem informiert er den Bundesrat über laufende und geplante Massnahmen im Bereich der Forschung der Bundesverwaltung wie beispielsweise Evaluationen und Aktivitäten im Zusammenhang mit parlamentarischen Vorstössen.

Die Ämter und Departement übergreifende Steuerung der finanziellen Ressourcen der Forschung der Bundesverwaltung fällt nicht in den Aufgabenbereich des Koordinationausschusses Ressortforschung.

## D Datenbank ARAMIS

---

Das Informationssystem ARAMIS<sup>33</sup> enthält Informationen über Forschungsprojekte und Evaluationen, die der Bund selber durchführt oder (mit-)finanziert. Die Ziele und Aufgaben des Systems werden in der Verordnung über das Informationssystem ARAMIS betreffend Forschungs- und Entwicklungsprojekte des Bundes (SR 420.31) beschrieben:

- Sichtbarmachen der Forschungstätigkeiten und der Evaluationen der Bundesverwaltung;
- Vermeidung von Doppelspurigkeiten;
- Werkzeug für die Bundesstellen zur einfachen Verwaltung von Forschungsprojekten.

Das Informationssystem funktioniert als eine einfache Datenbankanwendung, in welcher alle Forschungsvorhaben und Wirksamkeitsüberprüfungen bzw. Evaluationen der Bundesverwaltung als einzelne oder miteinander verknüpfte Projekte abgebildet werden. ARAMIS dient daher als ein Pfeiler in der Qualitätssicherung bezüglich der Forschung der Bundesverwaltung und ist entsprechend in den Richtlinien des Koordinationausschusses Ressortforschung über die Qualitätssicherung verankert. Für die Koordination der Forschung unter den Bundesstellen werden auf der Basis von ARAMIS jährlich detaillierte Informationen über die Art der Forschung (intramuros, Forschungsauf- und -beiträge), die Auftragnehmer sowie die Aufwendungen der Ämter im Rahmen der For-

<sup>30</sup> Ehemals: Steuerungsausschuss BFT

<sup>31</sup> Grundsätze für die Erstellung der Konzepte 2013–2016 betreffend die Forschungsaktivitäten der Bundesverwaltung in den 11 Politikbereichen, Steuerungsausschuss BFT, Mai 2011

<sup>32</sup> Controlling- und Evaluationsberichte unter [www.ressortforschung.admin.ch](http://www.ressortforschung.admin.ch)

<sup>33</sup> [www.aramis.admin.ch](http://www.aramis.admin.ch)

schungskonzepte zuhanden des Koordinationsausschusses Ressortforschung zusammengestellt. Damit wird sichergestellt, dass dieser jährlich über die Mittelentwicklung und -verwendung bei den

einzelnen Ämtern informiert ist und dass er die Forschungsplanung und den effizienten Mitteleinsatz unterstützen kann.

## E Qualitätssicherung in der Forschung der Bundesverwaltung

---

Die Geschäftsprüfungskommission des Nationalrates (GPK-N) empfahl im Bericht *Steuerung der Ressortforschung des Bundes* vom 23. August 2006<sup>34</sup> die Umsetzung der vom Koordinationsausschuss Ressortforschung im Jahr 2005 erlassenen Qualitätssicherungsrichtlinien in der Forschung der Bundesverwaltung zu evaluieren. Der Steuerungsausschuss BFT hat darauf die beiden Evaluationsobjekte *Umsetzung der Qualitätssicherungsrichtlinien der Forschung bei den Ämtern* und die *Nutzung der Forschungsergebnisse der Forschung der Bundesverwaltung in den jeweiligen Kontexten* festgelegt und entschieden, die Evaluation entsprechend den internationalen Standards in Form einer internen Selbstevaluation und einer externen Evaluation durchzuführen. In der Folge

wurde der Schweizerische Wissenschafts- und Technologierat (SWTR)<sup>35</sup> vom Steuerungsausschuss BFT mit der Durchführung der externen Evaluation unter Einbezug internationaler Experten mandatiert.

Die Evaluationsergebnisse zeigen, dass die Qualitätssicherung in den Ämtern, welche zusammen mehr als 90 % der Forschungsinvestitionen des Bundes tätigen, nach Grundsätzen erfolgt, die in den Richtlinien des Steuerungsausschuss BFT festgehalten sind<sup>36</sup>.

## F Nationale und internationale Gremien mit Einsitz des BFE

---

Eine aktualisierte Zusammenstellung der Gremien, in welchen die Energieforschung des BFE Einsitz hat, ist auf der Website [www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch) publiziert.

Die aufgeführten Funktionen Beirat, Mitglied, Stiftungsrat, Vertreter verfügen jeweils über das Stimmrecht im entsprechenden Gremium. Die nachfolgende Zusammenstellung gilt für den Stichtag 31.12.2016.

### Nationale Gremien auf Bundesebene

- Mitglied des Koordinationsausschusses Ressortforschung
- Mitglied des Förderbereichs Ingenieurwissenschaften der Kommission für Technologie und Innovation (KTI)
- Mitglied des Evaluationspanels SCCER sowie des Steering Committee SCCER der Kommission für Technologie und Innovation (KTI)
- Beobachter in den Leitungsgremien der Swiss Competence Centers in Energy Research (SCCER)
- Mitglied des Evaluationspanels der NFP 70 und 71 NFP des Schweizerischen Nationalfonds (SNF)

---

<sup>34</sup> BBl 2007 771 ([www.admin.ch/ch/d/ff/2007/771.pdf](http://www.admin.ch/ch/d/ff/2007/771.pdf))

<sup>35</sup> Seit Ende 2014: Schweizerischer Wissenschafts- und Innovationsrat (SWIR)

<sup>36</sup> Abschlussbericht des Steuerungsausschusses BFT, *Evaluation der Umsetzung der Qualitätssicherungsrichtlinien und der*

*Nutzung der Forschungsergebnisse in der Ressortforschung*, April 2010; [www.ressortforschung.admin.ch/html/dokumentation/publikationen\\_de.html](http://www.ressortforschung.admin.ch/html/dokumentation/publikationen_de.html)

- Mitglied des Koordinationsorgans des Bundes für Geologie (KBGeol)
- Mitglied der Geothermie Garantiekommission
- Vertreter des BFE in der Arbeitsgruppe Untergrund der Bundesverwaltung
- Beobachter in der Eidgenössischen Energieforschungskommission CORE
- Mitglied des Organs für Umweltforschung (OFU)

### Weitere nationale Gremien

- Beirat des Nationalen Kompetenznetzwerk Gebäudetechnik und Erneuerbare Energien (Brenet)
- Mitglied des Steuerungsausschusses der Energieforschung der Stadt Zürich
- Vorstandsmitglied der Schweizerischen Gesellschaft für Netzinfrastrukturforschung (SGN)
- Stiftungsrat der Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation (FSM)
- Vertreter BFE in der Kommission 2040 Effizienzpfad Energie des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenverein (SIA)
- Vertreter des BFE bei der Schweizerischen Vereinigung für Geothermie (SVG)
- Fachrat Energie beim Schweizerischen Ingenieur- und Architektenverein (SIA)
- Beobachter im Vorstand SuisseEole
- Vertreter des BFE bei Electrosuisse
- Vertreter des BFE bei Newride
- Jury-Mitglied beim Swiss Technology Award

### Internationale und multilaterale Gremien

- Mitglied folgender Gremien der IEA: Governing Board, CERT, EUWP, REWP, Executive Committees der ETI mit Schweizer Beteiligung
- Mitglied der Steuergruppe DACH Smart grids
- Schweizer Vertreter in Steuerungsgremien für spezifische Projekte des INTERREG
- Schweizer Vertreter im European Rail Research Advisory Council (ERRAC)
- Schweizer Vertreter bei GEOELEC
- Vorsitz der International Partnership for Geothermal Technology (IPGT)
- Schweizer Vertreter bei Cigré

## G Technologiereifestufen (TRS)

Technologiereifestufen (TRS) und zugelassene Segmente für Energieforschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte.

TRS	Forschung		P	D	L	Definition	Zielsetzungen	Finanzielle Beteiligung der Industrie
	Grundlagen	anwendungsorientiert						
1						Erfassen und Darlegen der Grundlagen.	Es handelt sich hier um die niedrigste TRS. Dabei wird die wissenschaftliche Grundlagenforschung ansatzweise in anwendungsorientierte F+E überführt. Hierzu gehören z. B. Studien zu den Grundeigenschaften der Technologie sowie Experimente, die auf der Beobachtung sichtbarer Phänomene beruhen. Zu den vorhandenen Informationsbeilagen zählen Publikationen und andere Referenzen, welche die der Technologie zugrundeliegenden Prinzipien bestimmen.	nicht verlangt
2						Festlegen des Konzepts bzw. der Anwendungsmöglichkeit der Technologie.	Nach dem Erfassen der zugrundeliegenden Beobachtungen können praktische Anwendungsmöglichkeiten ausformuliert werden. Diese sind spekulativer Art. Es liegen für die geäußerten Annahmen nicht unbedingt Beweise und Detailanalysen, stattdessen aber analytische Studien vor.  Zu den vorhandenen Informationsbeilagen zählen Publikationen und andere Referenzen, welche die mögliche Anwendung umreißen und Analysen enthalten, die das Konzept stützen. Mit dem Übergang von TRS 1 zu TRS 2 gelangt die Idee von der Grundlagenforschung zur anwendungsorientierten Forschung. Die Hauptarbeit liegt hier in analytischen oder deskriptiven Studien mit dem Hauptaugenmerk darauf, die wissenschaftlichen Hintergründe besser zu verstehen. Mit Experimenten werden die zugrundeliegenden wissenschaftlichen Beobachtungen aus TRS 1 erhärtet.	nicht verlangt
3						Analytischer und experimenteller Nachweis der wichtigsten Funktionen bzw. charakteristischer Konzeptnachweis.	Die aktive F+E wird eingeleitet. Dazu gehören analytische Studien und Laboruntersuchungen, um die analytischen Vorhersagen zu den Einzelkomponenten konkret nachzuweisen. Zu den vorhandenen Informationsbeilagen zählen Resultate der Labortests, mit denen zweckmäßige Parameter gemessen wurden, und für wichtige Subsysteme der Vergleich mit den analytischen Vorhersagen. Mit TRS 3 verlässt die Arbeit den Schreibtisch und gelangt in die experimentelle Phase, in der geprüft wird, ob das Konzept erwartungsgemäß funktioniert. Die Systemkomponenten werden ohne Integration in ein Gesamtsystem validiert. Als Ergänzung zu den konkreten Experimenten können Modellierung und Simulation eingesetzt werden.	nicht verlangt
4						Validierung der Komponenten bzw. des Systems im Laborumfeld.	Die zugrundeliegenden Komponenten werden in einem System integriert, um sicherzustellen, dass sie zusammen funktionieren. Dabei wird eine relativ geringe Wiedergabe des Soll-Systems erreicht. Hierzu gehören z. B. eigens gebaute Komponenten im Labor und Tests im kleinen Umfang. Zu den vorhandenen Informationsbeilagen zählen die Resultate der integrierten Experimente und Schätzungen der bestehenden Abweichungen zwischen den Experimentkomponenten und -Resultaten und den erwarteten Leistungszielen. TRS 4–6 stellen den Übergang von der wissenschaftlichen Forschung zur ingenieurtechnischen Entwicklungsarbeit dar. TRS 4 ist der erste Schritt hin zur Funktionserprobung der Einzelkomponenten im Gesamtsystem. Das Laborsystem setzt sich meist aus vorliegenden Elementen und aus wenigen, eigens entwickelten Komponenten, zusammen. Für letztere ist eine spezifische Bearbeitung, Kalibrierung und Anordnung erforderlich.	P+D+L: mind. 60 % der nicht amortisierbaren Projektkosten  E+F: nicht verlangt

5					Validierung eines ähnlichen Labor-modells in relevanter Umgebung.	Die zugrundeliegenden Komponenten werden so zusammengebaut, dass die Systemkonfiguration in fast jeder Hinsicht der Soll-Anwendung entspricht. Hierzu gehören z. B. Tests an hochgetreuen Laboranordnungen in einer simulierten Umgebung. Zu den vorhandenen Informationsbeilagen zählen Resultate aus den Laborversuchen, die Analyse der Unterschiede zwischen Labor- und Soll-System bzw. -Umfeld sowie die Interpretation der Experimentergebnisse hinsichtlich dem Soll-System bzw. -Umfeld. Der Hauptunterschied zwischen TRS 4 und 5 ist die grössere Übereinstimmung des Systems und der Umgebung mit der Soll-Anwendung. Das Testsystem erreicht dabei beinahe Prototypstatus.	P+D+L: mind. 60 % der nicht amortisierbaren Projektkosten E+F: erwünscht
6					Validierung eines gleichartigen Modells oder Pilotsystems (Prototyp) in einer relevanten Umgebung.	Die Modelle bzw. Prototypen werden in einer relevanten Umgebung geprüft. Dies ist ein wichtiger Schritt hin zur Demonstration der Technologiereife. Zu den vorhandenen Informationsbeilagen zählen die Testresultate aus den Ingenieurprüfungen und die Analyse der Unterschiede zwischen Modell bzw. Prototypensystem und seinem Umfeld. Des Weiteren ist die Interpretationsanalyse der Experimentergebnisse hinsichtlich des Soll-Systems bzw. -Umfeldes ein wichtiger Bestandteil. Ab TRS 6 beginnt die eigentliche ingenieurtechnische Entwicklungsarbeit der Technologie hin zu einem betriebsbereiten System. Der Hauptunterschied zwischen TRS 5 und 6 liegt im Schritt vom Laborversuch zum Ingenieurmodell sowie in der Festlegung der Grössenverhältnisse, welche die Skalierung des Soll-Systems ermöglichen sollen. Der Prototyp sollte in der Lage sein, alle Funktionen zu erfüllen, die für das Soll-System geplant sind. Die Testumgebung sollte möglichst genau der Soll-Umgebung entsprechen.	P+D+L: mind. 60 % der nicht amortisierbaren Projektkosten E+F: nicht anwendbar
7					Demonstration eines Prototyp-Systems in Vollgrösse in einer relevanten Umgebung.	Zwischen TRS 6 und 7 besteht ein grosser Sprung, da nun ein Prototyp besteht, der in einem relevanten Umfeld demonstriert wird. Hierzu gehören z. B. Prototypen in Lebensgrösse, die im Feld getestet werden. Zu den vorhandenen Informationsbeilagen zählen die Testresultate aus den Feldversuchen und die Analyse der Unterschiede zwischen den Test- und Soll-Umgebungen, sowie die Interpretation dieser Ergebnisse hinsichtlich ihrer Bedeutung für das Soll-System. Das definitive Design ist damit praktisch erreicht.	P+D+L: mind. 60 % der nicht amortisierbaren Projektkosten E+F: nicht anwendbar
8					Vollständige Qualifikation des Soll-Systems durch Tests und Demonstration.	Die Betriebsfähigkeit der Technologie in ihrer endgültigen Form ist für die erwarteten Betriebsbedingungen nachgewiesen. In fast allen Fällen wird mit TRS 8 das Ende der eigentlichen Entwicklungsarbeit erreicht. Zu den vorhandenen Informationsbeilagen zählen die praktisch fertiggestellten Betriebsverfahren.	
9					Erfolgreicher Einsatz des Soll-Systems unter allen erwarteten Betriebsbedingungen.	Die Technologie hat den angestrebten Entwicklungsstand erreicht und wurde unter allen erwarteten Betriebsbedingungen erfolgreich eingesetzt.	Leuchttürme und EnergieSchweiz

**Tabelle 5** Definitionen der Technologiereifestufen

F+E: Forschung und Entwicklung; P: Pilotprojekt; D: Demonstrationsprojekt; L: Leuchtturmprojekt.

Quelle: U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, Golden Field Office, Geothermal Technology Advancement for Rapid Development of Resources in the U.S., Issue Date: June 8, 2011.

Die vom BFE unterstützte anwendungsorientierte Forschung deckt je nach Forschungsprogramm die TRS 3 bzw. 4 bis 5 ab, in Ausnahmefällen auch TRS 2. Die höheren TRS werden durch Pilotprojekte (TRS 5 bis 7), Demonstrationsprojekte (TRS 6 bis 8) und Leuchtturmprojekte (TRS 9) abgedeckt.

# H Checkliste für die Forschungsförderung

Die Checkliste ist für technologieorientierte **Forschungsprojekte** – insbesondere gemäss den Kapiteln 0 und 3.2 – anzuwenden. Bei nicht-technologieorientierten Projekten (Kapitel 3.3) sind die mit \* gekennzeichneten Kriterien nicht anwendbar. Ein Projekt muss sämtliche Zulassungsbedingungen erfüllen, damit es qualitativ bewertet werden kann. Sind eines oder mehrere Zulassungskriterien nicht erfüllt, wird das Projekt zurückgewiesen. Für **Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte** existiert eine separate Vollzugsweisung<sup>37</sup>

## Zulassungskriterien

Formale Kriterien:

Kriterium		Erfüllt
F1	Sind die eingereichten Unterlagen vollständig (Gesuch plus allfällige Beilagen)?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
F2	Sind die benötigten Angaben und Informationen vollständig (Budgetplan, Zahlungsplan, usw.)?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
F3	Ist der Antrag verständlich geschrieben? Sind die Zielsetzungen klar formuliert und ersichtlich?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
F4	Ist die Einwilligung von allen involvierten Projektpartnern schriftlich nachgewiesen?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
F5	Bei Ausschreibung: Wurde das angegebene Eingabedatum eingehalten?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein

## Inhaltliche Kriterien:

Kriterium		Erfüllt
I1*	Richtet sich das Vorhaben an der Versorgungssicherheit der Schweiz aus und hat es das Potenzial zur mittel- oder langfristigen Reduktion des Energieverbrauchs bzw. der Treibhausgasemissionen oder der Substitution nicht erneuerbarer Energie?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
I2	Stimmt das Vorhaben mit den wissenschaftlich anerkannten Grundsätzen überein (z.B. physikalische Gesetze)?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
I3	Dürfen die Projektergebnisse öffentlich zugänglich gemacht werden?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
I4	Liegt das Vorhaben im Kompetenzbereich des BFE bzw. innerhalb der ausgeschriebenen Themen?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
I5*	Ist das Vorhaben zweckgerichtet und anwendungsorientiert und dienen die Resultate einer praktischen Anwendung (staats-, geschäfts- oder kundengetriebene Zielsetzung)?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
I6*	Liegt die aktuelle Technologiereife im für das Programm passenden Wertschöpfungssegment (Anhang G)?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein

Begründung bei Nichterfüllung der Zulassungskriterien:

<sup>37</sup> [www.bfe.admin.ch/pilotdemonstration](http://www.bfe.admin.ch/pilotdemonstration)

## Qualitative Kriterien

Die Bewertung erfolgt auf einer Skala von 1 bis 5 mit folgender Bedeutung: 1 ungenügend; 2 unbefriedigend; 3 ausreichend; 4 gut; 5 sehr gut

Um ein Projekt fördern zu können, müssen die Mindestbewertungen pro qualitativem Kriterium (Q1 bis Q5) erreicht oder übertroffen werden. Die darunter stehenden Aspekte fliessen in die Bewertung ein, stellen aber keine Sub-Kriterien dar. Sie dienen als Anhaltspunkte für eine gesamtheitliche Bewertung.

Kriterium	Mindestbewertung
<b>Q1 Organisation</b>	<b>3</b>
<b>Kompetenzen, Organisation</b> Sind alle für das Projekt wesentlichen Kompetenzen abgedeckt? Ist eine klare Projektorganisation vorhanden?	
<b>Vorgehensweise, Methodik</b> Ist die vorgeschlagene Vorgehensweise für die angesprochene Fragestellung geeignet? Ist die Methodik adäquat zur Lösung der Fragestellung?	
<b>Arbeitsplan</b> Ist der vorgeschlagene Arbeitsplan realistisch und effizient angelegt? Sind klare und überprüfbare Etappenziele vorhanden?	
<b>Q2 Exzellenz</b>	<b>3</b>
<b>Vorarbeiten, Qualität der Inputs</b> Kann das Projektteam auf geleisteten Vorarbeiten aufbauen? Sind die Inputs von guter Qualität?	
<b>Erfahrung, Anerkennung</b> Weist das Projektteam breite Erfahrung auf oder geniesst breite Anerkennung (anerkannte Fachleute auf ihrem Gebiet)?	
<b>Potenzial</b> Ist im Projektteam Erfolgspotenzial erkennbar?	
<b>Q3 Projektinhalt</b>	<b>3</b>
<b>Politische/strategische/wissenschaftliche Relevanz</b> Ist das Projekt relevant und trägt zu einem Schwerpunkt des Energieforschungskonzepts des BFE inhaltlich bei? Ist es Teil einer internationalen Zusammenarbeit im Rahmen der IEA, der EU-Forschungsprogramme oder anderer Kollaborationen (z.B. DACH)?	
<b>Wertschöpfung, Innovationsgehalt</b> Lassen die Ergebnisse eine hohe Wertschöpfung für die Schweiz – in wirtschaftlicher oder wissenschaftlicher Hinsicht – erwarten? Baut das Projekt wesentliches Wissen oder Know-how auf und/oder verfolgt innovative, neuartige Ansätze?	
<b>Kosten/Nutzen-Verhältnis, Subsidiarität</b> Stiftet das Projekt einen hohen Nutzen im Verhältnis zu den damit verbundenen Kosten? Sind Eigen- und Drittmittel in angemessener Höhe zugesagt?	

<b>Q4</b>	<b>Chancen, Risiken</b>	<b>3</b>
	<p><b>Energetisches Potenzial</b> Weist die Technologie/das Verfahren ein energetisches Potenzial auf oder hat Potenzial dazu, entsprechendes gesellschaftliches Verhalten zu beeinflussen?</p>	
	<p><b>Akzeptanz</b> Wird die Technologie/das Verfahren nicht kontrovers diskutiert und/oder sind keine ausgeprägten Opponenten erkennbar?</p>	
	<p><b>Nachhaltigkeit</b> Tragen die Ergebnisse zur nachhaltigen Entwicklung auf nationaler oder globaler Ebene bei?</p>	
<b>Q5*</b>	<b>Diffusion</b>	<b>keine</b>
	<p><b>Umsetzungspotenzial</b> Ist im Projektantrag ein Umsetzungsplan vorhanden? Ist das Projektteam für die weitere Technologieentwicklung selber kompetent oder hat bereits mögliche Abnehmer? Sind für die Umsetzung Wirtschaftspartner adäquat zur Technologiereife (vergleiche Anhang G, TRS) eingebunden?</p>	
	<p><b>Multiplikationspotenzial</b> Weist die Technologie/das Verfahren technische oder wirtschaftliche Vorteile auf?</p>	
	<p><b>Öffentliches Interesse, Internationale Zusammenarbeit</b> Löst das Vorhaben/Projekt Fragen im öffentlichen Interesse?</p>	

Begründung bei Nichterfüllung der Qualitätskriterien:

# I Glossar

4E	TCP Energy Efficient End-Use Equipment	EJPD	Eidgenössisches Justiz- und Polizeidepartement
Aktionsplan	Aktionsplan Koordinierte Energieforschung Schweiz	EnG	Energiegesetz
ARAMIS	Administration Research Actions Management Information System	ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
ARE	Bundesamt für Raumentwicklung	ENSIG	Bundesgesetz über das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat
ASTRA	Bundesamt für Strassen	EPFL	École polytechnique fédérale de Lausanne
BABS	Bundesamt für Bevölkerungsschutz	ERA-Net	European Research Area Network
BAFU	Bundesamt für Umwelt	ERA-Net CFA	ERA-Net Cofund Action
BAG	Bundesamt für Gesundheit	ERRAC	European Rail Research Advisory Council
BAKOM	Bundesamt für Kommunikation	ESC	Energy Science Center
BAV	Bundesamt für Verkehr	ETH	Eidgenössische Technische Hochschule
BFE	Bundesamt für Energie	ETH-Rat	Rat der Eidgenössischen Technischen Hochschulen
BFS	Bundesamt für Statistik	ETHZ	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
BIT	Bundesamt für Informatik und Telekommunikation	ETP	Energy Technology Perspectives
BLW	Bundesamt für Landwirtschaft	EUWP	End-Use Technologies Working Party
Brenet	Nationalen Kompetenznetzwerk Gebäudetechnik und Erneuerbare Energien (Building and Renewable Energies Network of Technology)	EWGs	Energie–Wirtschaft–Gesellschaft
BV	Bundesverwaltung	EZV	Eidgenössische Zollverwaltung
CAS	Certificate of Advanced Studies	F+E	Forschung und Entwicklung
CCS	Carbon Capture and Storage	FACTS	Flexible AC Transmission System (flexibles Drehstromübertragungssystem)
CERT	Committee on Energy Research and Technology	FIFG	Forschungs- und Innovationsförderungsgesetz
Cigré	Conseil International des Grands Réseaux Électriques	FPCC	Fusion Power Co-ordinating Committee
CIGS	Copper-Indium-Gallium-(Di)Selenid	FSM	Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation
CORE	Eidgenössische Energieforschungskommission	GPK-N	Geschäftsprüfungskommission des Nationalrates
CT	Cleantech	GEOELEC	Geothermal Electricity Platform des European Geothermal Energy Council (EGEC)
DACH	Deutschland–Österreich–Schweiz	HCCI	Homogeneous Charge Compression Ignition (homogene Kompressionszündung)
DEZA	Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit	IEA	Internationale Energieagentur
EAV	Eidgenössische Alkoholverwaltung	IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
EDA	Eidgenössisches Departement für auswärtige Angelegenheiten	INTERREG	Grenzübergreifende Projekte, die den Dialog zwischen den Regionen in der EU und deren Nachbarländern fördern
EDI	Eidgenössisches Departement des Innern		
EF	Energieforschung		
EFD	Eidgenössisches Finanzdepartement		
EGRDPSE	Expert Group on R&D Priority Setting and Evaluation		
EGK	Eidgenössische Geologische Fachkommission		
EGS	Enhanced Geothermal Systems		
EGSE	Expert Group on Science for Energy		

IPGT	International Partnership for Geothermal Technology	SED	Schweizerischer Erdbebendienst
KBGeol	Koordinationsorgan des Bundes für Geologie	SET-Plan	Strategic Energy Technology Plan
		SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
KEG	Kernenergiegesetz	SGN	Schweizerische Gesellschaft für Netzinfrastukturforschung
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen	SGV	Schweizerische Geothermie-Vereinigung
KNS	Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit		
KTi	Kommission für Technologie und Innovation	SIA	Schweizerischen Ingenieur- und Architektenverein
METAS	Eidgenössisches Institut für Metrologie	SNF	Schweizerischer Nationalfonds
		SOFC	Solid Oxide Fuel Cell
MoU	Memorandum of Understanding	SPC	Swiss Plasma Center
NFP	Nationales Forschungsprogramm	SR	Systematische Sammlung des Bundesrechts
NFS	Nationaler Forschungsschwerpunkt	STE	Solarthermische Kraftwerke
OFU	Organ für Umweltforschung		
ORC	Organic Rankine Cycle	SuG	Subventionsgesetz
P+D+L	Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte	Swisstopo	Bundesamt für Landestopografie
		SWRI	Schweizerischer Wissenschafts- und Innovationsrat
PEFC	Polymer Electrolyte Fuel Cell	SWTR	Schweizerischer Wissenschafts- und Technologierat
PPP	Public Private Partnership		
PSI	Paul-Scherrer-Institut	TCP	Technology Collaboration Programme
PV/T	Photovoltaisch–thermisch		
PV/WP	Photovoltaik–Wärmepumpe	UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
REWP	Renewable Energy Technologies Working Party	VBS	Eidgenössisches Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport
RVOG	Regierungs- und Verwaltungsorganisationsgesetzes		
SCCER	Swiss Competence Centers in Energy Research	WBF	Eidgenössisches Departement für Wirtschaft, Bildung und Forschung
SBFi	Staatssekretariat für Bildung, Forschung und Innovation	WKK	Wärme-Kraft-Kopplung
SECO	Staatssekretariat für Wirtschaft	WTT	Wissens- und Technologietransfer

## **Bildnachweis**

- Titelbild      Copyright: Dr. Stefan Oberholzer, BFE
- Bild Seite 11    Copyright: Meyer Burger Technology AG
- Bild Seite 16    Copyright: Laboratory Materials for Energy Conversion, EMPA
- Bild Seite 24    Copyright: Dr. Erik Koepf, Solar Technology Laboratory, Paul-Scherrer-Institut
- Bild Seite 39    Copyright: Colas Suisse SA
- Bild Seite 43    Copyright: Dr. Felix Büchi, Electro Chemistry Laboratory, Paul-Scherrer-Institut

Bundesamt für Energie  
Mühlestrasse 4  
CH-3603 Ittingen  
Postadresse: CH-3003 Bern

Telefon: ++41 31 322 56 11  
Fax: ++41 31 322 25 00

[contact@bfe.admin.ch](mailto:contact@bfe.admin.ch)  
[www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch)