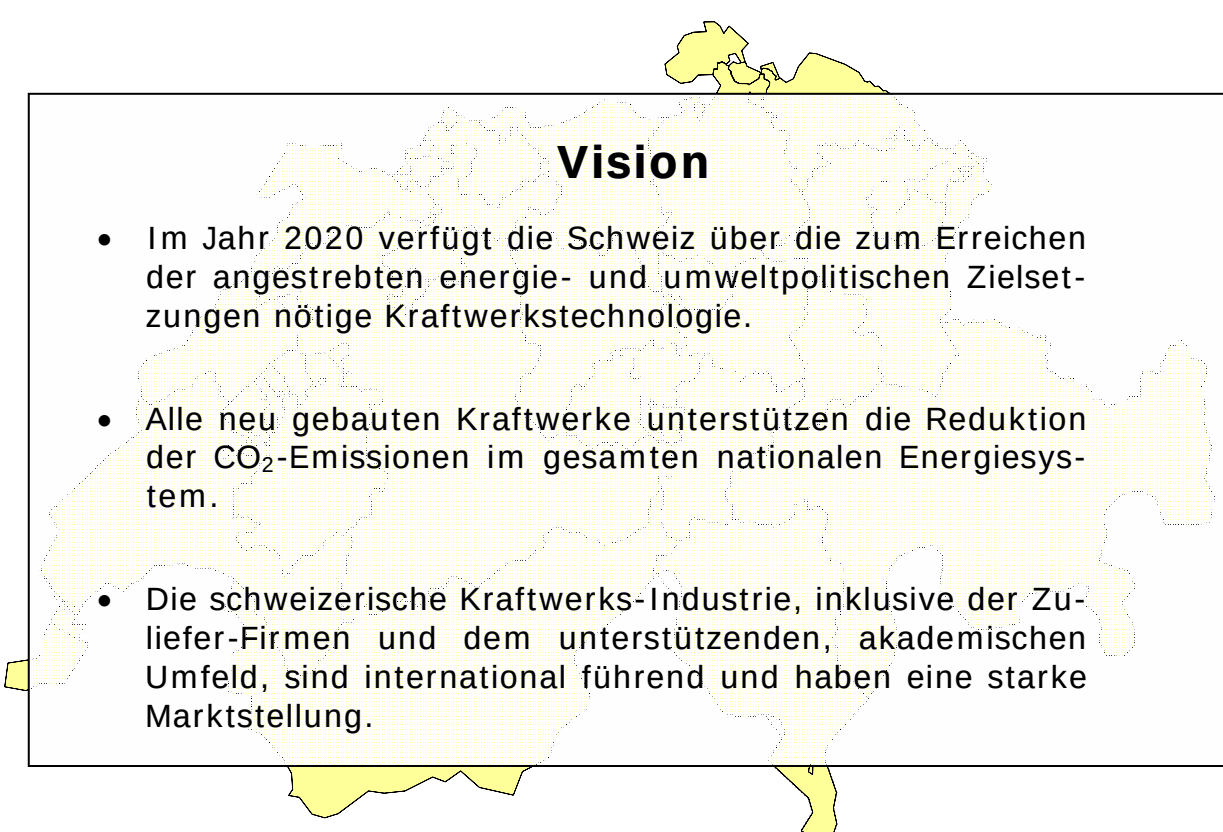


Konzept für das Forschungsprogramm "Kraftwerk2020"

Forschungsprogramm "Kraftwerk 2020"



Vision

- Im Jahr 2020 verfügt die Schweiz über die zum Erreichen der angestrebten energie- und umweltpolitischen Zielsetzungen nötige Kraftwerkstechnologie.
- Alle neu gebauten Kraftwerke unterstützen die Reduktion der CO₂-Emissionen im gesamten nationalen Energiesystem.
- Die schweizerische Kraftwerks-Industrie, inklusive der Zuliefer-Firmen und dem unterstützenden, akademischen Umfeld, sind international führend und haben eine starke Marktstellung.

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE, 3003 Bern

Auftragnehmer:

Paul Scherrer Institut, 5232 Villigen PSI

Autor:

Peter Jansohn, Paul Scherrer Institut (PSI)

Begleitgruppe:

Fabrice Rognon, Bundesamt für Energie BFE

Gerhard Schriber, Bundesamt für Energie BFE

Hansruedi Zeller, Consenec AG

Zur Genehmigung durch die Eidgenössische Energieforschungskommission CORE
und das Bundesamt für Energie BFE.

Bundesamt für Energie BFE

Worblentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen · Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 · office@bfe.admin.ch · www.admin.ch/bfe

Vertrieb: BBL, Vertrieb Publikationen, 3003 Bern · www.bbl.admin.ch/bundespublikationen
Bestellnummer 805.xxx d / 00.00 / 0000

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Rahmenbedingungen.....	5
3	Programm-Ziele	6
4	Programm-Strukturen	7
4.1	Leitung	7
4.2	Begleitgruppe	7
4.3	Teilnehmer-Organisationen, Projekt-Partner	7
4.4	Programmfinanzierung.....	8
5	Vorgehensweise	8
5.1	Zielführungs-Pfade (Programm-Leitlinien).....	8
5.2	Strukturierung nach technischen Disziplinen (Programm-Gruppen)	9
5.3	Zeitlicher Ablauf (Programm-Phasen)	10
5.4	Gesuchsablauf, Zuständigkeiten	10
5.5	Informationsaustausch, Berichterstattung	11

1 Einleitung

Durch den steigenden Strom-Bedarf, das Auslaufen von Strom-Import-Verträgen und das Erreichen der maximalen Betriebsdauer bestehender Kraftwerks-Anlagen, zeichnet sich für den Zeitraum um das Jahr 2020 ein Engpass in der Strom-Versorgung der Schweiz ab. Um diese prognostizierte Versorgungslücke zu schliessen, sind Anstrengungen auf unterschiedlichen Ebenen (rationelle Stromverwendung, Ersatz von Stromerzeugungs-Kapazitäten, ...) zu leisten. Eine wichtige Option für die Elektrizitäts-Erzeugung in der Schweiz stellen dabei Kombi-Kraftwerke auf Erdgas-Basis dar, die aufgrund ihrer für thermische Kraftwerke hohen Effizienz und ihres niedrigen Schadstoff-Ausstosses mittelfristig in der Strom-Erzeugung wichtig bleiben werden. Diese Technik ist auch deshalb für die Schweiz von besonderem Interesse, weil Schweizer Industriefirmen und Forschungs-Organisationen führend in der Weiterentwicklung dieser Technologie tätig sind und sich somit ein hohes Umsetzungs-Potential sowohl in der Schweiz als auch weltweit bietet.

Um auch die klimapolitischen Zielsetzungen der Schweiz zu erfüllen, sind bei einem zusätzlichen Einsatz von Erdgas für die Stromerzeugung flankierende Massnahmen zu ergreifen, die es erlauben, zu einer Netto-Reduktion der CO₂-Emissionen aus dem gesamten schweizerischen Energie-System zu kommen. Die bisherige Strategie der Kombination von modernen, effizienten Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen mit Wärmepumpen muss weiterhin verfolgt und umgesetzt werden.

Weltweit werden sehr grosse Anstrengungen unternommen, um den Wirkungsgrad von gasbefeuerten Kombi-Kraftwerken zu verbessern und um auf Systemebene die CO₂-Emissionen zu senken resp. durch Abscheiden und Lagern ganz zu vermeiden. Ein Programm innerhalb des geplanten finanziellen Rahmens kann nur einen signifikanten Beitrag leisten, wenn eine starke Fokussierung auf Schlüsselkomponenten erfolgt.

Um die sich für das Jahr 2020 abzeichnende Versorgungslücke zu schliessen, können nur Kraftwerks-Technologien betrachtet werden, die innerhalb dieses knappen Zeitraums entwickelt und umgesetzt werden können. Gasbefeuerte Kombi-Kraftwerke erfüllen diese Voraussetzungen.

Um die Erfüllung der klimapolitischen Zielsetzungen zu unterstützen, ist die Prozessführung des Kraftwerks so zu gestalten, dass alternative Brennstoffe eingesetzt werden können und CO₂ ganz oder teilweise abgeschieden werden kann.

In Anbetracht der grossen, insgesamt Anforderungen ist eine starke Fokussierung auf Schlüsselkomponenten unabdingbar.

2 Rahmenbedingungen

Seit 1994 ist im Energieforschungskonzept des Bundes die Strategie der Kombination von Elektro-Wärmepumpen (WP) mit Strom aus (dezentralen) Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen (WKK) verankert. Ziel dieser Strategie ist die maximale Erzeugung von Nutzwärme (mit minimalem Primärenergie-Einsatz) für die Raumheizung und die Aufbereitung von Warmwasser - und nicht die reine Stromproduktion.

Inzwischen wurde aber gezeigt [1], dass neben dieser Strategie der Kombination von WKK+WP auch die Kombination zentraler Kombi-Kraftwerke (KK)+WP die gleichen Vorteile besitzt. Voraussetzung dazu ist, dass die angetriebenen Wärmepumpen einen bestimmten Stand der Technik bezüglich Effizienz erreichen. Diese Bedingung ist seit dem Jahr 2000 erfüllt [2].

Somit ergeben sich im Bereich der Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen folgende Forschungs- und Entwicklungs-Richtungen, welche gleichberechtigt vorangetrieben werden sollen:

- Wärmegeführte WKK mit voller Wärmenutzung (Blockheizkraftwerke (BHKW)); elektrische Wirkungsgrade bis 45% und elektrische Leistung bis etwa 1 MW_{el}.
- Stromgeführte WKK mit fallweiser Wärmenutzung (Kombi-Kraftwerke (KK)); elektrische Wirkungsgrade über 50%, elektrische Leistung über 1 MW_{el} bis 500 MW_{el}.

Um der zeitlichen Zielsetzung des Forschungsprogramms gerecht zu werden, im Jahre 2020 die notwendigen Technologien einsatzbereit entwickelt zu haben, müssen die dazu erforderlichen Basis-Technologien spätestens im Jahr 2015 verfügbar sein. Deshalb ist das Programm vorerst auf einen Zeitraum von ca. 10 Jahren (d.h. bis Ende 2015) ausgerichtet. Dieser Programm-Periode können sich geeignete Fortsetzungsphasen mit erweiterten, angepassten Zielsetzungen anschließen.

Nur Technologien, die im Jahr 2015 industriell ausgereift verfügbar sind, können ab 2020 signifikant zur Stromproduktion beitragen.

Die Konzentration der Programm-Aktivitäten auf Schlüsselgebiete der Dampf- und Gasturbinentechnik inkl. Generatoren ist auch aus diesem zeitlichen Aspekten heraus erforderlich. Prozesse ausserhalb des eigentlichen Kraftwerks, wie z. B. externe Brennstoffaufbereitung oder CO₂-Abtrennung und -Lagerung, sind nicht zentraler Bestandteil des Programms.

Damit das Programm einen spürbaren Einfluss auf die Entwicklung der notwendigen Technologien bewirken kann, ist ein gesamtes Projektvolumen in Höhe von 15 Mio. CHF pro Jahr anvisiert. Diese Kosten sind anteilmässig von der Privatwirtschaft (Firmen, Interessenverbände) und der öffentlichen Hand (BFE, kantonale Wirtschaftsförderungsstellen, KTI, EU) zu tragen. Die operative Lei-

tung des Programms nimmt das Bundesamt für Energie (BFE) wahr, in dessen Organisations-Struktur das Programm im Bereich „Rationelle Strom- und Wärmeerzeugung“ eingebunden wird.

Das Programm vernetzt die maßgeblichen Kompetenzträger aus Industrie und akademischen Institutionen in der Schweiz, ist aber in Einzelfällen auch offen für ausländische Partner, die exklusives Know-how in Projekte einbringen können. Die internationale Verknüpfung wird durch die Einbettung in das 7. Rahmenprogramm der EU sowie durch einen regelmäßigen Abgleich mit ähnlich ausgerichteten nationalen Programmen in Deutschland und den USA stattfinden. Der

periodische Vergleich mit dem internationalen Stand in Forschung und industrieller Umsetzung wird das wesentliche Erfolgskriterium des Programms sein.

Die Vergleichsgrößen für den Programm-erfolg sind der internationale Stand des Wissens und die Marktstellung der beteiligten Industriefirmen.

3 Programm-Ziele

Ein wesentliches Ziel des Programms ist es, durch Bündelung der Aktivitäten und durch Koordination der Ausrichtung individueller Projekte zu einer Stärkung des Forschungs- und Industrie-Standortes Schweiz im Bereich fortschrittlicher Gaskraftwerke zu gelangen. Dadurch soll auch sichergestellt werden, dass stets die bestgeeigneten Technologien bzw. Systeme für die Stromerzeugung zum Einsatz kommen. Die schweizerische Kraftwerks-Industrie, inklusive der Zuliefer-Firmen und dem unterstützenden, akademischen Umfeld, ist international führend und hat eine starke Marktstellung.

Zentrales technisches Ziel ist die Maximierung des elektrischen Wirkungsgrads eines kombinierten Gas- und Dampfturbinen-Prozesses. Ein Wert von deutlich über 60% (Zielbereich: 62-63%) auf Basis Erdgas soll erreicht werden. Dies wird erwartungsgemäß dem im Jahr 2020 weltweit besten Standard entsprechen.

Einhaltung der klimapolitischen Vorgaben durch:

- **Höheren Wirkungsgrad**
- **Einsatz von erneuerbaren, CO₂-neutralen Brennstoffen**
- **Prozesse, die CO₂-Rückhaltung und -Lagerung ermöglichen**

Weiteres Ziel ist die Steigerung des Einsatzes von erneuerbaren, CO₂-neutralen Brennstoffen (insbesondere biomasse-basierenden Vergasungs-Produkten) auf 15% im produktiven Betrieb. Ferner sollen mit dem Einbezug von prozesstechnischen Varianten für die erleichterte Abscheidung und Rückhaltung von Kohlendioxid (CO₂) darüber hinaus gehende CO₂-Emissionsminderungs-Potentiale ausgenützt werden.

Durch den zukünftig verstärkten Einsatz fluktuierender, erneuerbarer Stromerzeugungstechnologien wie Wind und Photovoltaik werden Stromversorgungs-Netzwerke stärken, kurzfristigeren Produktionsschwankungen

Alternative Stromproduktion (Wind, Photovoltaik) weist starke Schwankungen auf, die durch konventionelle Kraftwerke kompensiert werden müssen.

gen unterworfen sein, die durch die anderen Stromerzeuger kompensiert werden müssen. Ein weiteres Ziel des Programms ist es deshalb, Gasturbinen-Kraftwerke noch besser zu befähigen, die Stabilisierung des Stromversorgungs-Netzes zu übernehmen. Dazu müssen Techniken entwickelt werden, die höhere Lastgradienten ($\pm 3\%$ Last pro Sekunde) oder gar eine netzfrequenz-unabhängige Betriebsweise erlauben.

4 Programm-Strukturen

Das Programm ist in die Organisations-Strukturen des Bundesamtes für Energie (BFE) im Forschungsgebiet „Rationelle Strom- und Wärmeerzeugung“, Bereich Wärme-Kraft-Kopplung eingebunden. Der Programmleiter wird durch eine Begleitgruppe beraten.

4.1 Leitung

Die Verantwortung für die Bereichs- und Programmleitung liegt beim BFE. Zur effektiven Führung des Programms und als Ansprechpartner für die jeweiligen Projektträger wird ein Programmleiter beauftragt. Er hat die Möglichkeit, Führungsaufgaben an Vertreter der wichtigsten technischen Disziplinen zu delegieren.

4.2 Begleitgruppe

Die Programm-Leitung wird durch ein begleitendes Gremium beraten. Dieses prüft die Programmfortschritte und die Zielerreichung und gibt eine entsprechende Empfehlung an die Bereichsleitung des BFE ab.

Die Zusammensetzung dieses Gremiums soll repräsentativ für die am Programm teilnehmenden Organisationen sein und Vertreter der Industrie, der privatwirtschaftlichen Interessen-Verbände, der öffentlichen Förder-Institutionen und der akademischen Institute umfassen. Die einzelnen Vertreter werden auf Vorschlag der Programm-Leitung von der BFE-Bereichsleitung berufen.

4.3 Teilnehmer-Organisationen, Projekt-Partner

Die Programm-Ziele sind anwendungs- und umsetzungs-orientiert ausgerichtet, weswegen eine starke Integration und Beteiligung der im angesprochenen Kraftwerks-Bereich tätigen Hersteller-Firmen und Zuliefer-Betriebe unabdingbar notwendig ist.

Ein zentrales Element stellen dabei die Hersteller von Turbomaschinen und Kraftwerksanlagen dar, die mit ihren in der Schweiz angesiedelten Entwicklungs- und Produktions-Zentren den Garant für die Umsetzung der Programm-Ergebnisse bieten und zusammen mit den in der Schweiz angesiedelten Zuliefer-Firmen sicherstellen, dass die Programm-Aufwendungen vollständig der Schweizer Wirtschaft zugute kommen können.

Die Programmleitung strebt daneben auch eine aktive Beteiligung der Strom- und der Gaswirtschaft in der Schweiz an, die als Anwender- bzw. Versorger ebenfalls einen wesentlichen Nutzen aus der zu entwickelnden, fortschrittlichen Technik ziehen sollen.

Die äusserst anspruchsvollen technischen Ziele sind nur mit einem verbesserten Verständnis der technischen Zusammenhänge und auf einer erweiterten Basis von Grundlagen-Kenntnissen erreichbar. Diesen Beitrag zum Programm-Erfolg müssen die akademischen Institutionen der Schweizer Hochschul- und Forschungs-Landschaft leisten und dabei auch ihrem Anspruch gerecht werden, neueste technische Erkenntnisse schnell in marktgerechte Produkte umsetzen zu helfen. Durch die hohe technische Kompetenz der im ETH-Bereich angesiedelten Forschungsinstitute, zusammen mit praxisnaher Unterstützung aus den Fachhochschulen, sind die Voraussetzungen, einen signifikanten Beitrag zum Programm-Erfolg beizutragen, in nahezu idealer Weise in der Schweiz gegeben.

4.4 Programmfinanzierung

Die finanzielle Basis des Programms (insgesamt bis zu 15 Mio. SFr./Jahr) soll sich aus Beiträgen von Institutionen der öffentlichen Hand (BFE, KTI, Kantone, EU: bis zu 5 Mio. SFr./Jahr), Wirtschaftsverbänden (Elektrizitäts- und Gas-Wirtschaft: bis zu 3 Mio. SFr./Jahr) und Industriefirmen (insgesamt bis zu 6 Mio. SFr./Jahr) zusammensetzen.

Die Richtlinien der jeweiligen Förderinstitution werden für die Projekte im Rahmen des Programms „Kraftwerk 2020“ übernommen, Nähere Einzelheiten über die Finanzierungs-Richtlinien sind unter Kap. 5.4. aufgeführt.

5 Vorgehensweise

5.1 Zielführungs-Pfade (Programm-Leitlinien)

Entsprechend der 3 Hauptziele des Programms (Wirkungsgrad-Steigerung, CO₂-Emissionsminderung, Flexibilisierung) werden „Zielführungs-Pfade“ (= Kette individueller Einzelprojektziele) definiert, die zur Erreichung der gesetzten quantitativen Programm-Zielsetzungen notwendig sind. Jedes Einzel-Projekt trägt einen gewissen Anteil an der Erfüllung des Gesamt-Ziels, und nur die Kombination einer ausreichenden Zahl an erfolgreichen Einzel-Projekten führt schliesslich zur Erreichung des Gesamt-Ziels.

Nachfolgend sind die Komponenten (Einzelprojektziele), die zur erfolgreichen Zielerreichung notwendig sind, für die 3 Hauptzielrichtungen des Programms dargestellt.

elektrischer Gesamt-Wirkungsgrad: > 62%

- Steigerung der Komponenten-Wirkungsgrade (Luftverdichter, Gasturbine, Dampfturbine, Generator)
- Reduzierung des Kühlluft-Bedarfs (Gasturbine, Generator)
- Steigerung der Prozess-Parameter (Druck, Temperatur für Gas-/Dampf-Prozess)

CO₂-Emissionsminderung: CO₂ = -15% [-50gCO₂/kWh_e]

- Steigerung der Gesamt-Wirkungsgrade (Strom- und Wärme-Nutzung)
- Einsatz CO₂-neutraler Brennstoffe (gewonnen aus Biomasse)
- Prozess-Modifikationen zur Emissions-Minderung
(Erleichterte CO₂-Abscheidung durch Aufbereitung des Brennstoffs, resp. durch Beeinflussung der Abgas-Zusammensetzung)

Netzstabilisierung: $\Delta P > 3\%$ /s

- Verbesserung der zyklischen Belastbarkeit der Maschinen-Komponenten
- Verbesserung der Maschinen-Dynamik
- Neue Generator-Technologien

In einer ersten Programm-Phase können die Einzelprojekt-Themen ergänzt und verfeinert werden. Bereits aktive, laufende Forschungs-Projekte werden den einzelnen Pfaden zugeordnet und gegebenenfalls in ihrer individuellen, quantitativen Zielsetzung angepasst. Bestehende Lücken (fehlende Einzel-Projekte) können so identifiziert und durch neu zu lancierende Projekte gefüllt werden. Dazu werden von der Programm-Leitung explizite Aufrufe an potentielle Projekt-Partner platziert werden, diese Themengebiete mit Projekt-Anträgen abzudecken.

Die spezifischen Projekt-Themen, die zur Zielerreichung notwendig sind und jeweils einen bestimmten Teilbeitrag leisten, sind im Anhang I aufgelistet.

5.2 Strukturierung nach technischen Disziplinen (Programm-Gruppen)

Um die entsprechenden technischen Kompetenzen der beteiligten Partner über den Rahmen der Einzel-Projekte hinaus nutzbar zu machen und um zu einer verstärkten (technisch orientierten) Vernetzung verwandter Einzelprojekte zu kommen, werden die Projekte in 5 Programm-Gruppen entsprechend folgender technischer Disziplinen eingeordnet:

- **Aerodynamik** (von Turbomaschinen-Komponenten)
umfasst Einzelprojekte in den Themenbereichen
Schaufel-Design, Sekundär-Strömungen, 2-Phasen-Strömungen, Kühlluft-Führung
- **Elektrotechnik** (Generator-Technologien)
umfasst Einzelprojekte in den Themenbereichen
Isolations-Materialien, Leistungselektronik, Kühlung elektrischer Bauteile, Generator-Design
- (Hochtemperatur-) **Materialien** (einschl. Wärmeübertragung u. Kühlung)
umfasst Einzelprojekte in den Themenbereichen
Hochtemperatur-Materialien, thermische Schutzschichten, Herstellungs- und Beschichtungsverfahren;
Kühlungstechnologien von Heissgas-Komponenten
- **Prozesstechnik** (Thermodynamik, Mess- u. Regeltechnik)
umfasst Einzelprojekte in den Themenbereichen
Prozessmodifikationen wie Brennstoff-Vorwärmung, Abgas-Rückführung, CO₂-Abscheidung

- **Verbrennung**

umfasst Einzelprojekte in den Themenbereichen

Verbrennung von (Bio-) Gasgemischen, emissionsarme Verbrennungstechnologien

Jede Programm-Gruppe wird von einem Disziplinen-Leiter koordiniert, der von der Bereichsleitung auf Empfehlung der Programm-Leitung benannt wird und sich aus der Projekt-Gruppe heraus rekrutiert.

5.3 Zeitlicher Ablauf (Programm-Phasen)

Nach Genehmigung des vorliegenden Programm-Entwurfs durch das BFE wird eine Bekanntmachung an alle potentiellen Partner (Industrie, Hochschulen und Interessen-Verbände) lanciert und diese zur Teilnahme am Programm eingeladen.

In einer Eröffnungs-Veranstaltung werden allen teilnehmenden Partnern die Rahmenbedingungen und Zielsetzungen erläutert. Es werden insbesondere die 3 Zielführungspfade und deren Abdeckung durch aktive, laufende Projekte vorgestellt. Eine erste Programm-(Einführungs-)Phase (bis Ende 2005) soll dazu genutzt werden, konkrete Erfolg versprechende Kombinationen von Einzelprojekten zu definieren und bestehende Lücken im Projekt-Portfolio durch Neuanträge zu schließen.

Das Programm wird an den Rhythmus der Phasen des Forschungskonzept des Bundes angepasst d.h. nach einer 2-jährigen Anlaufphase (2006-2007) mit 4-jährigen Programm-Perioden (2008-2011, 2012-2015) definiert, die jeweils mit einem umfassenden Programm-Statusbericht und einer Programm-Konferenz zu einem Zwischenabschluss gebracht werden.

5.4 Gesuchsablauf, Zuständigkeiten

Forschungsgesuche müssen abgestimmt mit der Programm-Leitung bei den verschiedenen Förderinstitutionen eingereicht werden.

Die Projektauswahl erfolgt in einem ersten Schritt durch die Programm-Leitung, wobei geprüft wird, ob die Projektziele konform mit den Programm-Leitlinien sind und das Projekt einen wesentlichen Beitrag zu einem der definierten Zielführungs-Pfade leisten kann. Erst anschließend kann der Projekt-Vorschlag bei einer der Förderinstitutionen mit dem Vermerk „Projekt im Rahmen des Forschungs-Programms Kraftwerk 2020“ eingereicht werden.

Die allgemeinen Förder-Richtlinien der finanzierenden öffentlichen Institutionen (BFE, KTI, Kantone, EU) und der privatwirtschaftlichen Interessen-Verbände (Elektrizitäts- und Gas-Wirtschaft) finden generell auch für Projekt-Anträge im Rahmen des Programms „Kraftwerk 2020“ ihre Anwendung.

Eine Zusammenstellung der wesentlichsten Förderkriterien und Finanzierungsregeln findet sich im Anhang II.

Die Beiträge (inkl. Eigen-Leistungen) der Industrie-Partner sollen im Regelfall mind. 50% der jeweiligen Gesamtkosten des Einzel-Projektes betragen. Einzel-Projekte mit einem Budget-Volumen über 1 Mio. SFr./Jahr bedürfen der Zustimmung durch das Begleit-Gremium.

Im Regelfall wird von den akademischen Partnern auch ein Eigenbeitrag erwartet (mind. 20% des Projektkosten-Anteils des jeweiligen Forschungs-Instituts).

5.5 Informationsaustausch, Berichterstattung

Die verschiedenen Disziplinen-Gruppen treffen sich mind. im halbjährl. Rhythmus zu Status-Meetings über den Projekt-Fortschritt, zum Informations-Austausch und zur Koordination der nachfolgenden Projekt-Phasen. Die Protokolle dieser Status-Meetings zusammen mit Kurz-Berichten (2-3 Seiten) aus den Projekten bilden Halbjahres-Berichte, die auf Programm-Ebene zusammengefasst werden.

Von der Programm-Leitung wird eine jährliche, ganztägige Gesamt-Programm-Konferenz einberufen, welche zur Quer-Information über die Disziplinen-Gruppen hinweg genutzt wird und welche den Programm-Fortschritt beleuchtet. Zusätzlich wird eine Auswahl von Projekten detailliert präsentiert und in einem Tagungsband, der auch als Jahresbericht dient, zusammengefasst.

Eine Begutachtung des Gesamt-Programms (mit Entscheidung zur Weiterführung oder Einstellung des Programms) erfolgt zum Ende einer Programm-Periode (2007, 2011, 2015). Diese Begutachtung erfolgt im Rahmen der Berichterstattung an die Programm-Begleitgruppe. Für die Begutachtung können zusätzliche Experten heran gezogen werden bzw. externe Gutachten/Bewertungen eingeholt werden.

Referenzen

- [1] M. Zogg: **Wärme und Strom aus Brennstoffen – effizient und umweltschonend**, Gas-Wasser-Abwasser gwa 82(2002)12, 907/912; Download ab www.waermepumpe.ch/fe Rubrik **Berichte**.
- [2] M. Erb, M. Ehrbar, P. Hubacher, **Feldanalyse von Wärmepumpen-Anlagen**, Schlussbericht, BFE, Bern, April 2004

Anhang

- I Listen der Einzel-Projekt-Themen
- II Finanzierungsregeln und -kriterien
- III „Infopaket KW2020“

Anhang I

Liste der Einzel-Projekt-Themen

(Programm-Gruppen:

A = Aerodynamik; E = Elektrotechnik; M = Materialien; P = Prozesstechnik; V = Verbrennung)

elektrischer Gesamt-Wirkungsgrad: > 62%

- Steigerung der Komponenten-Wirkungsgrade
(hier: Luft-Verdichter)
 $\eta_{\text{ist}}=89\% \rightarrow \eta_{\text{Ziel}}=92\%$
- Steigerung der Komponenten-Wirkungsgrade
(hier: Heissgas-Turbine)
 $\eta_{\text{ist}}=86\% \rightarrow \eta_{\text{Ziel}}=88\%$
- Steigerung der Komponenten-Wirkungsgrade
(hier: Wasser-Dampf-Kreislauf)
 $\eta_{\text{ist}}=67\% \rightarrow \eta_{\text{Ziel}}=70\%$
- Steigerung der Komponenten-Wirkungsgrade (hier: Generator)
 $\eta_{\text{ist}}=98.5\% \rightarrow \eta_{\text{Ziel}}=99\%$
- Reduzierung des Kühlluft-Bedarfs (hier: Heissgas-Turbine)
 $m_{\text{Kühlluft}}=20\% \rightarrow m_{\text{Luft,ges}} \rightarrow m_{\text{Kühlluft}}=15(10, 0)\%$; andere Medien
- Reduzierung des Kühlluft-Bedarfs (hier: Generator)
 $m_{\text{Kühlluft}}=100\% \rightarrow m_{\text{Kühlluft}}=70\%$; andere Medien
- Steigerung der Prozess-Parameter
(hier: Komponenten für erhöhten Brennkammer-Druck)
 $p_{\text{ist}}=15(30)\text{ bar} \rightarrow p_{\text{neu}}=20(35)\text{ bar}$
- Steigerung der Prozess-Parameter
(hier: Komponenten für erhöhte Heissgas-Temperatur)
 $\Delta T_{\text{IT}}=50(100)^\circ\text{C}$
- Steigerung der Prozess-Parameter
(hier: Komponenten für erhöhte Dampf-Temperatur)
 $\Delta T_{\text{FD}}=50(100)^\circ\text{C}$

A	E	M	P	V
X				
X				
X				
	X			
x		X		
X		X		
X		X		X
X		X		X
x		X	X	

Liste der Einzel-Projekt-Themen

(Programm-Gruppen:

A = Aerodynamik; E = Elektrotechnik; M = Materialien; P = Prozesstechnik; V = Verbrennung)

CO₂-Emissionsminderung: $\Delta\text{CO}_2 = -15\%$

- Steigerung des Gesamt-Wirkungsgrads
 - durch zusätzl. (Niedertemp.)- Abwärme-Nutzung
z.B. Brennstoff-Vorwärmung
- Einsatz „CO₂-neutraler“ Brennstoffe (Biomasse)
 - Zufeuerung von Biogas (mit CO, H₂, CO₂, H₂O, N₂)
 - Zufeuerung von Pyrolyse-Ölen
- Einsatz „CO₂-neutraler“ Brennstoffe (Biomasse)
 - prozesstechnische Integration (Wärmetauscher, Kompressoren)
- Prozess-Modifikationen zur Emissions-Minderung
 - Brennstoff-Reformierung und CO₂-Abscheidung vor der Verbrennung
- Prozess-Modifikationen zur Emissions-Minderung
 - Verbrennung in Sauerstoff(-angereicherter) Atmosphäre mit CO₂-Auskopplung nach der Verbrennung
- Prozess-Modifikationen zur Emissions-Minderung
 - geschlossene Kreislauf-Prozesse mit CO₂-Auskopplung

A	E	M	P	V
			X	X
X		X	X	X
X		X	X	X
X		X	X	X
X		X	X	X
X		X	X	X

Netzstabilisierung: $\Delta P > 3\% / s$

- Verbesserung der zyklischen Belastbarkeit der Maschinen-Komponenten
 - robustes Design gegen Parameter-Abweichungen (Temperaturen) bei transienten Vorgängen (Last-Änderungen)
- Verbesserung der zyklischen Belastbarkeit der Maschinen-Komponenten
 - messtechnische Erfassung kritischer, regelungstechn. Größen
- Verbesserung der Maschinen-Dynamik
 - schnelle, zuverlässige, viel-dimensionale Regelungs-Algorithmen
- Verbesserung der Maschinen-Dynamik
 - schnelle Stellglieder (z.B. variable Leitschaufeln)
- Verbesserung der Maschinen-Dynamik
 - minimierte Verzögerungs-Zeiten (z.B. im Brennstoff-System)
- Netzfrequenz-unabhängige Betriebsweise
 - Generator-Systeme auf Basis von Leistungselektronik

A	E	M	P	V
X		X		X
X			X	X
			X	
X			X	X
X				X
X	X			X

Anhang II

Kriterien und Finanzierungsregeln

Die wesentlichen Kriterien und Richtlinien der Förderinstitutionen sind nachfolgend auszugsweise aufgelistet.

BBT/KTI: vorgesehene Fördermittel: ca. 2 Mio. SFr./Jahr

- Projekt-Gruppen von mind. einem Industriepartner und einer Forschungs-Institution
- Industriepartner deckt mind. 50% der Gesamt-Projektkosten
- Industriepartner leistet einen Deckungs-Beitrag an den akadem. Partner
- Als Eigenleistungen gelten alle projektbezogenen Aufwendungen
- ausschliessliche Förderung der Aufwendungen der akadem. Partner

weitere Details: <http://www.bbt.admin.ch/kti/service/d/index.htm>

Antrags-Formulare: <http://www.bbt.admin.ch/kti/aufgaben/d/formular.htm>

BFE: (inkl. Kantonalen Wirtschaftsförderung) vorgesehene Fördermittel: ca. 2 Mio. SFr./Jahr

- keine Projekt-Gruppen erforderlich (aber erwünscht!)
- eine Förderung industrieller Partner ist möglich (bis max. 35% des Eigenbeitrags)
- Als Eigenleistungen werden nur Personal- und Betriebskosten angerechnet

Antrags-Formulare: <http://www.energie-schweiz.ch/internet/00259/index.html?lang=de>

Rahmenprogramm der Europäische Union: vorgesehene Fördermittel: ca. 1 Mio. SFr./Jahr

Die Programmleitung wird die jeweiligen Ausschreibungen der Europäischen Kommission verfolgen und im Falle einer Übereinstimmung mit den Zielsetzungen des Programms die Schweizer Partner zur Einreichung von Projektvorschlägen auffordern und aktiv bei der Bildung eines europäischen Forschungs-Konsortiums unterstützen.

Fonds der Privatwirtschaft: vorgesehene Fördermittel: ca. 3 Mio. SFr./Jahr

Die Richtlinien des Fonds der Elektrizitäts-Wirtschaft sind derzeit noch nicht letztendgültig definiert. Informationen erfolgen, sobald verfügbar (vorauss. Oktober/November 2005)

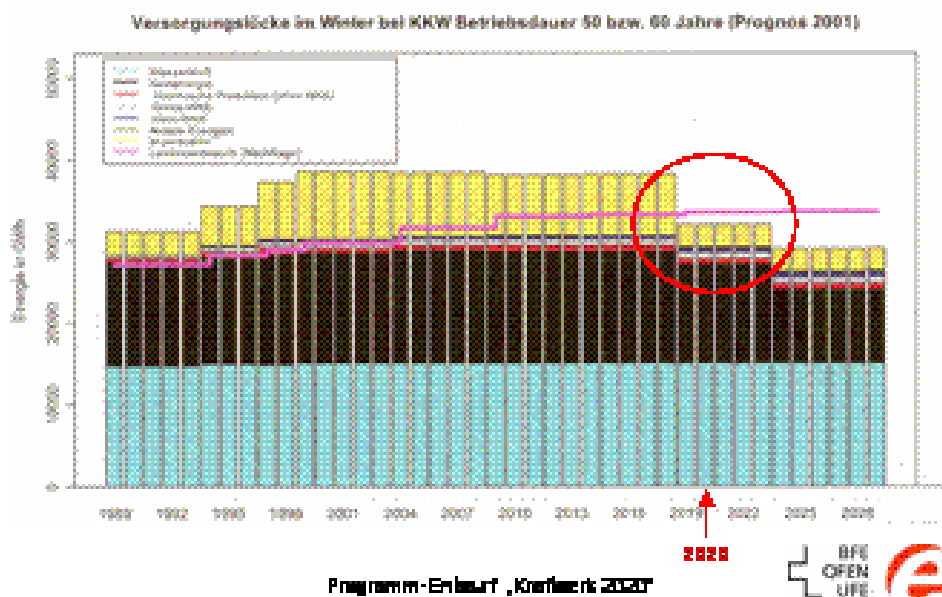
Der Fond der Gaswirtschaft (FOGA) wird ebenfalls als Förderinstitution in Betracht gezogen. Die Förderung von Einzelprojekten ist jeweils individuell zusammen mit der Programm-Leitung und Vertretern der FOGA abzusprechen.

Anhang III

Auszug aus Präsentation „Infopaket KW2020“



Zukünftige Elektrizitäts-Versorgung in der Schweiz



Strategie

- Das Programm konzentriert sich auf **Schlüsselgebiete der Gas- und Dampfturbinen- Technik** (Kompressoren, Turbinen, Brenner/Brennkammer-Systeme, Generatoren), da diese Kraftwerks-Technologie
 - maximalen Wirkungsgrad,
 - minimalen Schadstoff-Ausstoss und
 - mittelfristige Realisierungs-Möglichkeiten bietet.

Zudem besteht in der Schweiz im Bereich der Gas- und Dampfturbinen-Technik schon eine hohe F&E Kompetenz, sowie ein hohes industrielles Umsetzungspotential.

Programm-Entwurf „Kraftwerk 2020“



Strategie

- Das Programm vernetzt die Kompetenzträger der akademischen und industriellen Szene der Schweiz (fallweise auch ausländische Partner) und erhebt den Führungsanspruch in Forschung und industrieller Umsetzung in diesem Technologie-Zweig.
- Das Programm ist international verflochten
 - mit dem 7. Rahmenprogramm der EU
 - der Initiative „Kraftwerk 21“ in Süddeutschland (Baden-Württemberg und Bayern)
 - dem „FutureGen“-Programm in den USA.

Ziele und techn.-wiss. Herausforderungen

- Netto-Reduktion von CO₂-Emissionen durch
 - erhöhten (elektrischen) Wirkungsgrad (> 60% auf Basis Erdgas)
 - flankierende Massnahmen (elektrische Wärmepumpen im Gebäude-Bereich)
 - Einbezug CO₂-neutraler Brennstoffe (insbesondere aus Biomasse-Vergasung)
- Betrieb in Netzwerken mit starken Lastschwankungen
 - erhöhte zulässige Lastgradienten
 - Netzfrequenz-entkoppelte Betriebsweise (durch fortschrittliche Generator-Technologie)

Programm-Entwurf „Kraftwerk 2020“



Programmstrukturen

■ Disziplin „Aerodynamik“

■ Themenbereiche für Einzel-Projekte

Schaufel-Design:	3D blading
Sekundär-Strömungen:	cooling air mixing, tip gap flow
Prozess-Führung:	wet compression, inter-cooling
Strömungstechnik:	2-phase flow, instationary flow
Sekundär-Systeme:	low loss cooling system, minimum impact leakage

Programm-Entwurf „Kraftwerk 2020“



Programmstrukturen

■ Disziplin „Materialien“ (einschl. „Wärmeübertragung / Kühlung“)

■ Themenbereiche für Einzel-Projekte

Hochtemp.-Materialien:	HT alloys
Struktur-Keramik:	ceramic components
Schutzschichten:	TBC, HAT corrosion
Bearbeitung/Herstellung:	casting, repair, LMF
Kühlung:	steam cooling, closed loop cooling (e.g. CO ₂)
Sekundär-Systeme:	low loss cooling system, minimum leakage

Programm-Entwurf „Kraftwerk 2020“



Programmstrukturen

■ Disziplin „Verbrennung“

■ Themenbereiche für Einzel-Projekte

Brennstoff-Spektrum: (incl. Aufbereitung)	liquid/gas, H ₂ /C ₃₊ content, heating value
Emissionen:	NO _x , CO, UHC exhaust gas cleaning
Thermoakustik:	system behaviour (prediction & control), stability/operating range
Verbrennungs-Technik:	catalytic combustion, dilute combustion (ZEP, wet, flameless)

Programm-Entwurf „Kraftwerk 2020“



Führungsstrukturen

■ Begleit-Gruppe

(max. 6 Mitglieder)

■ Zusammensetzung:

Vertreter der Industrie-Partner	ca. 3 Vertreter
Verantwortliche von öffentl. Förderstellen	ca. 2 Vertreter
Hochschul- und Forschungs-Institute	ca. 1 Vertreter

Programm-Entwurf „Kraftwerk 2020“



Finanz-Rahmen (Zielgrössen)

Alle Zahlen pro Jahr

■ Industrie	
■ davon ALSTOM ca. 3 Mio	6 Mio
■ Elektrizitäts- und Energiewirtschaft	
■ Diverse Fonds	3 Mio
■ Öffentliche Institutionen	
■ KTI, BFE, EU, Kantone	5 Mio
■ Bereich ETH-Rat u. Fachhochschulen	
■ ETHZ, EPFL, PSI, EMPA, FHS	1 Mio

Total zirka 15 Mio

Programm-Entwurf „Kraftwerk 2020“



Partner, Auswahl (vorläufiglangefragt)

	Industrie
Alstom	Generator, Gasturbine, Dampfturbine, Kraftwerk
Precicast	Gasturbinenschaufeln
Jean Galley, Genf	Beschichtungen, Guss-Teile, Brenner Komponenten
VonRoll Isola Breitenbach	Hochtemperatur-Isolationsmaterialien
Franke Industrie AG	Brenner Komponenten
Sulzer	(Therm.) Schutzschichten
ABB TurboSystems	Turbomaschinen-Aerodynamik, CFD
Turbomach	(Industrie-)Gasturbinen-Systeme
MAN Turbo	Turbomaschinen (Verdichter)
	Hochschulbereich
EPFL	Thermal engineering, Energiesysteme
ETH Zürich	Computational Fluid Dynamics, Sensorik, Thermal Mgmt., Turbomaschinen-Aerodynamik, Regelungstechnik, reaktive Systeme
PSI, EMPA	Verbrennungsforschung, laseroptische Messtechnik, Hochtemperatur Werkstoffe
Fachhochschulen	Produktionstechnik Schaufeln, Rapid Prototyping, Prozesssimulation, Komponententests
	Programm-Entwurf „Kraftwerk 2020“

