

Stand: 14. April 2005

F&E Programm Verfahrenstechnische Prozesse VTP 04-07



Rektifikationsanlage zur Ethylbenzol-Styrol-Trennung

Inhaltsverzeichnis

1.	Zusammenfassung	3
2.	Analyse des Sektors Industrie	4
2.1	Entwicklung Endenergieverbrauch	4
2.2	Energiemix der Industrie	5
2.3	CO2-Emissionen	5
2.4	Energiestatistik Sektor Industrie– nach Branchen	6
2.5	Elektrizität	8
2.6	Prozess-Energie (Wärme und Kälte)	9
2.7	Vision Energiemix 2025 und 2050	9
2.8	Energieeffizienz in industriellen Prozessen	11
3.	Forschungsbedürfnisse /Erfordernisse	11
3.1	Übergeordnete Ziele	11
3.2	Aktueller Forschungsbedarf im Sektor Industrie	12
3.3	Situationsanalyse Prozessintegration	13
3.4	Energieforschung im EU-Raum	14
4.	Schwerpunkte und Ziele	14
4.1	Vorgaben CORE	14
4.2	Empfehlungen Novatlantis	15
4.3	Programm-Schwerpunkte /Ziele 04-07	16
5.	Projektanforderungen	17
6.	Budgetsituation	17
7.	Organisation	17
7.1	Grundsätzliches	17
7.2	Nationale Zusammenarbeit	17
8.	Eingesetzte öffentliche Mittel	18
9.	Stärken- Schwächen - Chancen	19

1. Zusammenfassung

Das vorliegende Forschungsprogramm richtet sich stark auf die **Forschungsbedürfnisse der energieintensiven Unternehmen des Sektors Industrie/Gewerbe** aus; punktuell auch der Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft. Zielgruppen des Programms sind **Wirtschaftsnetzwerke**, insbesondere die Unternehmensgruppen der Energieagentur der Wirtschaft, EnAW (CO₂-Zielvereinbarungen) und der IGEB (energieintensive Betriebe).

Die **Senkung der Treibhausgase**, speziell des CO₂ aus fossilen Brennstoffen und die **Stabilisierung des Endenergieverbrauchs** im Sektor Industrie bilden die Programmleitziele.

Im vorliegenden Programm stehen jedoch nicht die Gebäude und deren Haustechnik im Zentrum des Interesses, sondern die **Produktionsverfahren, Industrielle- und verfahrenstechnische Prozesse des Sektors Industrie/Gewerbe**. Industrielle Prozesse und Produktionsverfahren umfassen nebst **Wärme- und Kältebedarf** auch **Kraft** in Form **elektrischer Antriebe** zur Förderung oder Verarbeitung von Stoffen. Das mittlere Endenergie-Sparpotenzial in industriellen Prozessen wird auf durchschnittlich 30% geschätzt.

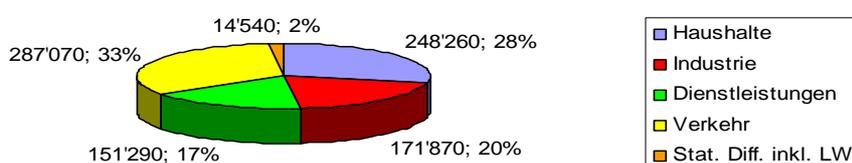
Programmziel ist es, **Fertigungsverfahren durch besseres Prozess-Know-How (Kombination, Koppelung), durch bessere Prozessführung und durch neue Technologien energieeffizienter zu machen**. Als zweite Stossrichtung soll die **Integration von erneuerbaren Energien und deren Techniken** vorangetrieben werden. Das Programm muss – soll es Erfolg haben - zwingend auch auf die schwierigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen der Industrie (Investitionsvermögen, Erneuerungszyklus, kurze Amortisationszeiten) berücksichtigen.

Mit dem vorliegenden Forschungs-Konzept können nur **Forschungsprojekte** der Industrie und öffentlicher Forschungsbetriebe gefördert werden, die über **wesentliche Eigen- und Dritteistung** verfügen und mit deren Umsetzung ein **relevantes Energiesparpotenzial in der Schweizer Industrie wirtschaftlich nutzbar gemacht** werden kann. Ab 2005 stehen jährlich Programmmittel von 300 kFr. zur Verfügung.

2. Analyse des Sektors Industrie

Dieses Kapitel zeigt die Energie- und CO₂-Relevanz sowie die Verteilung und die Entwicklung des Energieverbrauchs dieses Sektors.

Endenergieverbrauch 2003 aller Sektoren in TJ



2.1 Entwicklung Endenergieverbrauch

Der Endenergieverbrauch des Sektors Industrie hat 1999 bis 2003 kumuliert um knapp 4% zugenommen. Der Verbrauch an Erdölbrennstoffen ist in dieser Periode jedoch erfreulicherweise um 15% gesunken. Mehr als kompensiert wurde dieser Abnahme jedoch durch einen Zuwachs bei **Elektrizität (+7,5%)**, Kohle (+60%) **Erdgas (+7%)**, **Abfallbrennstoffe (+20%)**, Energieholz (+17%), Fernwärme (+10%) und sonstigen erneuerbaren Energien (+28%). Der Energieträger Kohle spielt absolut gesehen eine untergeordnete Rolle, fällt aber durch die frappante Zunahme auf. Erklärbar ist diese Zunahme nicht, denn die Teuerung war bei der Kohle in diesem Zeitraum wesentlich grösser als beim Heizöl. Kohle wird vor allem noch in der Zementherstellung verwendet.

Verbrauchszuwachs der einzelnen Energieträger im Sektor Industrie

BFE GES - Werte in TJ

Energiemix	1990	1999	2003	Veränd.99-03 in %
Erdölbrennstoffe	40'720	47'130	44'440	-3,6
Elektrizität	54'600	61'280	65'850	+7,5
Erdgas	31'290	30'950	33'040	+6,8
Kohle	11'790	3'610	5'790	+60
Energieholz	2'960	7'010	8'230	+17,4
Fernwärmebezug	2'300	5'490	6'020	+9,6
Abfallbrennstoffe	7'850	10'000	11'950	+19,5
Übrige EE	-	430	550	+27,9
Total	151'510	165'900	171'870	+3,6

Werte 1990: anderer Erfassungsmethodik

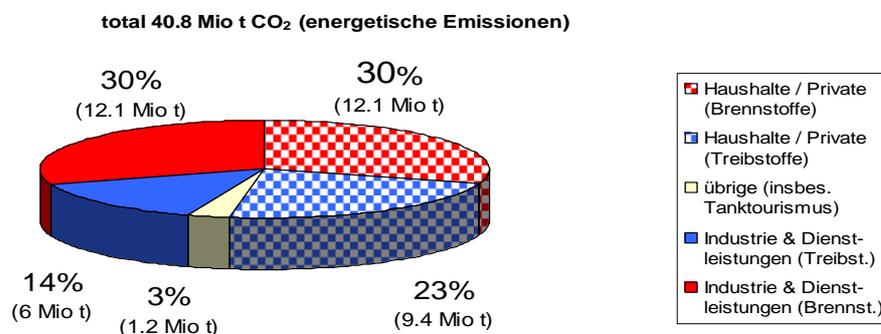
2.2 Energiemix der Industrie



2.3 CO₂-Emissionen

Die Sektoren **Industrie/Gewerbe & Dienstleistungen (DL)** sind gemeinsam für knapp **die Hälfte der CO₂-Emissionen** aus **fossilen Brennstoffen** (Heizöl, Erdgas) verantwortlich. Davon macht der **Sektor Industrie** wiederum **knapp die Hälfte** aus. Im Sektor Dienstleistungen werden fossile Brennstoffe (Heizöl und Erdgas) hauptsächlich für die Beheizung von Gebäuden und für die Trinkwassererwärmung eingesetzt. Diese Forschungsaspekte werden in den F&E-Programmen *Rationelle Energienutzung in Gebäuden* und *Umweltwärme/Kälte* behandelt. Es wird davon ausgegangen, dass im **Sektor Dienstleistungen keine relevanten verfahrenstechnischen Prozesse** betrieben werden. Damit ist für das **F&E-Programm VTP** der **Sektor Industrie/Gewerbe massgebend**, der immerhin **für einen Viertel der CO₂-Emissionen aus den fossilen Brennstoffen** verantwortlich ist.

CO₂-Emissionen Schweiz 2002



2.4 Energiestatistik Sektor Industrie– nach Branchen

1999 wurde in der **GES** letztmals eine Verbrauchszuordnung nach Branchen gemacht. Die damaligen Hochrechnungen hatten aber mit qualitativen Datenproblemen zu kämpfen. Zwischenzeitlich ist das BFE daran, mit neuen Top Down und Bottom up Modellen und besserem Zahlenmaterial, die Zuteilung nach Energieträgern und Branchen neu zu vollziehen. Sobald die Zahlen verfügbar sind, werden diese hier aufgenommen. **Novatlantis** (2000 Watt Gesellschaft) hatte seinerseits Branchen-Analysen durchgeführt und eigene Werte publiziert. Diese sind in der nachfolgenden Tabelle ebenfalls dargestellt. Ebenfalls sind die Zwischenergebnisse der Aktualisierung der **Industriestatistik 2003 (Helbling Ing.)** aufgeführt, jedoch nur die wichtigsten Energieträger.

Endenergieverbrauch GES 1999 / Novatlantis 1999 und vorläufige Werte Helbling Studie 2003

Werte in TJ

Energiemix Branche	Er- dölpro- dukte ¹	Erdöl- brenn- stoffe	Elektizi- tät.	Erdgas/ FlüssigG.	Kohle	Ener- gieholz	Fern- wärme	Abfall- brenn- stoffe	Andere Energien (EE)	GES 1999	Novatlantis 1999	Studie Helbling 2003
Lebensmittel	5'981	5'872	5'780	5'420	66	13	430	2	13	17'705	17'700	15'182
Textil, Leder	2'713	2'706	1'901	783	0	44	3	1	0	5'445	5'400	2'662
Papier, Druck	5'565	5'518	8'339	6'805	0	787	2'825	2'756	0	27'077	27'100	17'341 ²
Chemie Ind.	3'998	3'630	8'233	7'605	5	2	-104	1'346	35	21'120	21'100	30'305
Zement/Beton	5'341	4'693	1'575	348	3'153	2	-56	3'797	8	14'168	18'100	13'041
NM-Mineralien	1'249	1'176	1'289	1'347	0	3	13	82	0	3'983	-	3'137
Eisen Metalle	724	587	3'020	2'339	149	0	-4	0	0	6'228	(6'250)	8'053
NE-Metalle	288	248	4'489	1'451	0	0	9	42	8	6'287	(6'250)	4'819
Metall/Geräteerz.	5'862	4'891	7'305	2'426	0	70	120	10	0	15'793	(15'800)	11'498
Maschinenbau	3'508	2'882	3'162	1'208	231	94	356	1	0	8'560	(8'600)	6'378
Übrige Industrie	10'386	6'934	10'595	2'427	4	2'909	14	7	1	26'343	-	16'318
Bau	8'502	3'784	2'667	664	0	1'705	65	249	0	13'852	(13'900)	5'176
Total GES 1999	54'117	42'921	58'355	32'823	3'608	5'629	3'671	8'293	65	166'562	-	-
Total GES 2003	40'440	40'440	65'850	33'040	5'790	8'230	6'020	11'950	550	171'870	-	132'900

¹ inkl. Treibstoff werksinterner Verbrauch

² zum Vergleich: Zielwert EnAW-ZVG ZPK 1+2 für 2003: Endenergie 19'400 TJ davon 11'000 TJ fossile Brennstoffe und 5'800 TJ Elektrizität

Zu den grössten Endenergieverbrauchern gehören die Branchen **Papier, Chemie, Lebensmittelindustrie** gefolgt von **Metall-/Geräteherzeugung**, Zement und Bau. Die so genannte **"Übrige Industrie"** (tausende von KMUs) lagen 1999 in der **gleichen Verbrauchsgrössenordnung wie die Papierindustrie**. Nach Trendstudie Helbling mit den Indikatoren "thermische Energie" und "Elektrizität" steht für 2003 die Chemie an erster Stelle, gefolgt von Papier der Übrigen Industrie, Lebensmittel, Zement und Metall/Geräteherzeugung. Im Baubereich prognostiziert die Studie nicht mal mehr den halben Verbrauch wie 1999. Auffallend ist der relativ **grosse Energieverbrauch der Komplementärmenge "Übrige Industrie"**. Dieses Segment ist stark heterogen und müsste deshalb im Forschungsschwerpunkt **"Querschnittstechnologien"** angegangen werden. Der gemeinsame Nenner dürfte hier jedoch gering sein und zudem ist dieser eher im Infrastrukturbereich (Druckluftanlagen, Lüftungsanlagen, Bedarfsregelung) und auf Komponentenebene, z.B. effizientere Elektromotoren (Programm Elektrizität) zu suchen.

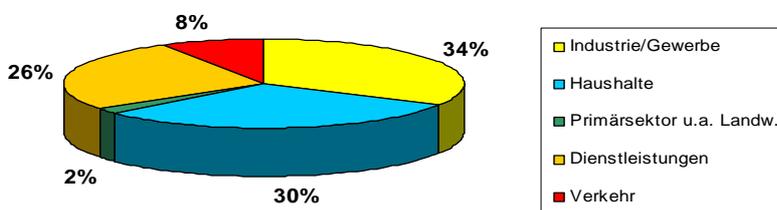
Im Prozessbereich ist immerhin eine "Querschnittstechnologie" identifiziert. Es handelt sich um **"allgemeine Trocknungsprozesse"**. Dieser Schlüsselbereich ist in vielen Branchen (Lebensmittel, Chemie, Papier, Baustoffe, Biomasse u.a.) anzutreffen und stellt ein grosser Energieverbraucher dar. Inwieweit **"Trennverfahren"** (thermische, mechanische) auch eine Querschnittstechnologie darstellen, muss durch eine gezielte Branchenbefragung noch erhärtet werden.

2.5 Elektrizität

Von allen Sektoren verbraucht die **Industrie** (noch) am meisten elektrische Energie. Elektrizität spielt auch innerhalb des Sektors Industrie von allen Energieträgern die grösste Rolle. Der Bedarf der Industrie wird auch langfristig noch weiter zunehmen. Die Einführung einer CO₂-Abgabe auf fossilen Brennstoffen würde diesen Trend vermutlich noch verstärken (Substitution durch Elektrizität). Elektrische Energie wird in erster Linie für Antriebe (Motoren, Ventilatoren und Pumpen, Druckluftherzeugung, Förderung und Verarbeitung von Stoffen) verwendet. Diese Aspekte werden im Forschungsprogramm *Elektrizität* behandelt. Die Programme sollen sich aber ergänzen. Die Eigenstromproduktion mittels grösseren WKK-Anlagen hat in den letzten Jahren im Sektor Industrie stetig abgenommen. Eine Trendwende fand 2002 statt, mit einem erfreulichen Zuwachs der Elektrizitätsproduktion aus WKK-Anlagen von 1,6 % und deckte 2002 rund 5% des Elektrizitätsverbrauchs des Sektors ab.

Elektrizitätsverbrauch 2003

Gesamtverbrauch 55'122 GWh resp. 198'440 TJ



2.6 Prozess-Energie (Wärme und Kälte)

In Anlehnung an das CORE-Road Map "thermische Prozesse" (nur Wärme und Kälte) wird davon ausgegangen, dass im Sektor Industrie **thermische Energie weitgehend für Prozesse verwendet** wird (80% Prozesse; 20% Gebäude). Der thermische Energiebedarf der Infrastruktur (Betriebsstätten und Verwaltungsgebäude) spielt also hier eine untergeordnete Rolle. Diese Gebäude werden mehrheitlich mit anfallender Prozessabwärme beheizt oder haben gar keine eigene Wärmeverteilung. Der Elektrizitätsverbrauch dürfte vollumfänglich den industriellen Prozessen (90% Elektroprozesse/mech. Antriebe; 10 % Beleuchtung) zugeschrieben werden.

Der Bedarf an Heizöl für den Betrieb von thermischen Prozessen hat in den letzten 10 Jahren deutlich zu Gunsten von Erdgas und Propan abgenommen. Dieser Trend ist einerseits erklärbar durch attraktive Marktangebote der Gasbranche, begünstigt zudem durch die konstant hohen Erdölpreise. Die Substitution mit Erdgas ist eine der besten kurz- und mittelfristigen Massnahmen den CO₂-Ausstoss in der Industrie zu senken.

Eigenproduktion Wärme

Die direkte thermische Nutzung von Industrieabfällen (Abfallbrennstoffe, Lösungsmittel) hat heute nur in der Zementindustrie ein ansehnliches Niveau (ca. 60%) erreicht. Dieser Bereich wäre für andere Branchen ebenfalls nutzbar.

Eigenproduktion Elektrizität

Die Eigenproduktion von Elektrizität mit grösseren WKK-Anlagen (Gas-/Dampfturbinen) ist mit 5% Deckungsgrad noch auf tiefem Niveau. Dieser Bereich muss besonders mit dem kohlenstoffärmeren Erdgas und dem CO₂-neutralen Biogas zusammen ausgebaut werden. Ein weiteres Potenzial könnte mit der ORC-Technik - organic rankin cycle ist ein spezieller Kreisprozess- erschlossen werden. Mit ORC-WKK-Anlagen könnte die letztlich verbleibende Abgaswärme (Kamin) von Industriefeuerungen zur Stromproduktion genutzt werden.

2.7 Vision Energiemix 2025 und 2050

Mit einem jährlichen Wirtschaftswachstum von 1,3 % und einer Elastizität von eins (Energiebedarf wächst proportional mit der Wirtschaftsproduktivität) wird sich der **Nutzenergiebedarf für thermische Prozesse** (Wärme und Kälte) gemäss vorläufigem CORE-Szenario bis 2025 um rund 30% und **bis 2050 um über 60% zunehmen**. Unter Annahme einer unbeeinflussten Entwicklung würde also auch der Endenergiebedarf bis 2050 ebenfalls um rund 60% zunehmen. Dieser Zuwachs muss in erster Linie **mit massiv höherer Energieeffizienz** der Prozesse und der Produktionsverfahren **kompensiert werden**. Anschliessend müsste der Energiemix umweltfreundlicher und vor allem kohlenstoffärmer werden. Wärmeerzeugungstechnologien, die einen hohen Exergie-Wirkungsgrad ermöglichen, sollen die herkömmlichen Techniken verdrängen.

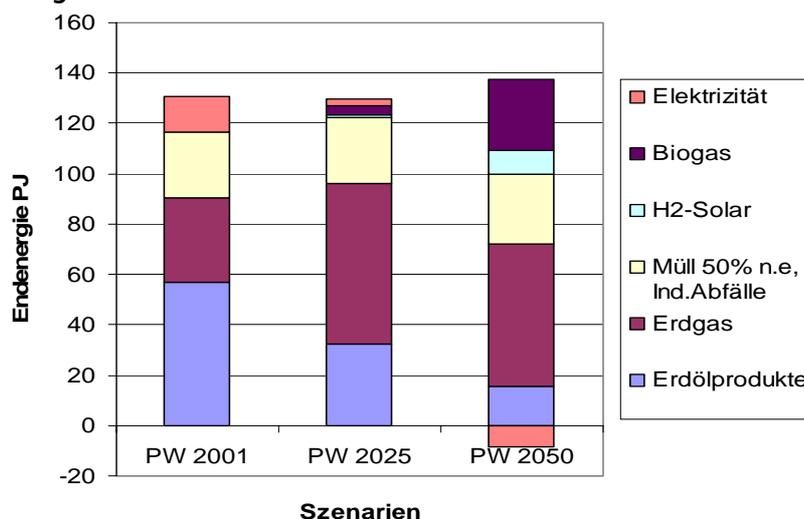
Mittelfristig (2025) soll **40% der fossilen flüssigen Brennstoffe durch Erdgas substituiert** werden. Damit müsste sich die Erdgasbereitstellung gegenüber heute etwa verdoppeln. Die thermische Verwertung von (neuen) Industrieabfällen (z.B. Tiermehl, Tierfette) sollte vorangetrieben werden. Die energieintensiven Industriebetriebe, die eine CO₂-Zielvereinbarung mit der EnAW eingegangen sind, deckten 2000 bereits 19% ihres Wärmebedarfs mit Abfallbrennstoffen (Cemsuisse inkl. mit einem Abfallbrennstoff-Deckungsgrad von 60%). Die Bereitschaft, flüssige Brennstoffe durch das kohlenstoffärmere Erdgas/Biogas zu substituieren nimmt in der Industrie spürbar zu.

Der Elektrizitätsbedarf für thermische Prozesse - im Vordergrund steht die Industrie- und gewerbliche Kälte - **müsste um rund 75% reduziert**, resp. alternativ gedeckt **werden**. Der verstärkte Einsatz von sehr effizienten Absorbtions-Kältemaschinen (AKA) mit Leistungsziffer von mindestens 2,2 mit Prozessabwärme als Wärmequelle wäre eine Möglichkeit. Es gilt aber auch hier, die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen zu berücksichtigen, sonst finden die erarbeiteten Lösungen keine ernsthafte Umsetzung in der Industrie.

Schlussfolgerung

Dem künftigen, wirtschaftsbedingten Energiebedarfszuwachs im Prozessbereich muss als erstes mit **Rationalisierung und Energieeffizienz** begegnet werden. Anschließend sollen **kohlenstoffreiche Energieträger** durch **kohlenstoffarme respektive – freie Energieträger** ersetzt werden. Das vorläufige CORE-Szenario "Road map - Prozesswärme" weist bis 2025 einen stabilen Endenergieverbrauch "Prozesswärme" auf Niveau 2001 aus. Der Elektrizitätsbedarf für Antriebe wie Ventilatoren, Pumpen, Fördertechnik, Automatisierung und Beleuchtung beträgt etwa 40 PJ (Differenz GES 171 PJ zu CORE 130 PJ im 2001). Die neusten Hochrechnungen der Energieperspektiven des Bundes gehen **im Jahre 2020 im Industriesektor von total 185 PJ Endenergieverbrauch** aus. Letztlich werden sich nur Forschungsergebnisse (neu Methoden/Werkzeuge und neue Techniken) durchsetzen, die nahe an der Wirtschaftlichkeit liegen respektive Produktionsverfahren in absehbarer Zeit kostengünstiger machen. Soll das vorliegende Programm von Nutzen sein, muss es speziell auf die Bedürfnisse der energieintensiven Industriebetriebe eingehen.

Endenergiebedarf Prozesswärme und -kälte



2.8 Energieeffizienz in industriellen Prozessen

Hier sei nur eine beschränkte Aussage gemacht: Erfahrungsgemäss kann durch konsequente Betriebsoptimierung auch in industriellen Prozessen, ähnlich wie im Infrastrukturbereich (HLKE) durchschnittlich 10% der Endenergie gespart werden. Im Durchschnitt kann aber von 30% Endenergiesparpotenzial ausgegangen werden. In der Regel gilt: je anspruchsvoller und komplizierter die Prozesse sind, desto grösser ist die Hürde, sich noch um Energieeffizienz zu kümmern. Meistens braucht es entsprechend aufwändige Prozess-Analysearbeit, deren Finanzierung erfahrungsgemäss eher schwierig ist. Industrielle Prozesse und Verfahren sind heute nur punktuell auf Energieeffizienz untersucht worden (die Ausnahme bestätigt auch hier die Regel), da bis anhin die Energiekosten oft eine untergeordnete Rolle spielten und daher kein Bedarf vorlag. Mit der Verknappung und damit der Verteuerung fossiler Energieträger, unterstützt durch die drohende CO₂-Abgabe, verbessert sich die Bereitschaft im Sektor Industrie für vertiefte Abklärungen und die Erprobung neuer Lösungen. Aber auch hier, darf "die Rechnung nicht ohne Wirt" gemacht werden: Investitionsvermögen, -zyklus, enge Amortisationszeiten sind zwingende Spielregeln der Industrie, die es zu berücksichtigen gilt.

3. Forschungsbedürfnisse /Erfordernisse

3.1 Übergeordnete Ziele

Als Grundlage für die strategische Ausrichtung des Programms gelten das Konzept der Energieforschung des Bundes und das Weissbuch von Novatlantis (2000 Watt Gesellschaft). Daraus leiten sich die **Senkung der CO₂-Emissionen und Steigerung der Energieeffizienz** als übergeordnete Ziele ab. Diese strategische Zielsetzung ist ebenfalls im Einklang mit den Vorgaben des CO₂ Gesetzes, Energiegesetzes und des Aktionsprogramms EnergieSchweiz (15% Senkung der CO₂-Emissionen aus Brennstoffen unter das Niveau 1990). Die **Dämpfung des Verbrauchszuwachses** bei der **Elektrizität** auf max. 5% von 2000 bis 2010 ist eine weitere wichtige Zielsetzung, die das vorliegende Programm als Ziel aufnimmt. Damit ist dem Programm die allgemeine Marschrichtung vorgegeben:

Stabilisierung des Endenergiebedarfs durch Verbesserung der Energieeffizienz und Integration CO₂-armer Energieträger und Technologien in die Herstellungsprozesse und -verfahren der Industrie - flankiert durch verbesserte Prozessführungsinstrumente.

Das vorliegende Programm will der energieintensiven Industrie mittelfristig Perspektiven für die Zeit nach Kyoto öffnen. Das heisst, gemeinsam sollen neue Sparpotenzialfelder im Bereich Prozesse/Verfahren identifiziert, die nötigen Grundlagen und Instrumente für eine möglichst breite Umsetzung bereitgestellt werden. Kurzfristig unterstützt das Programm den eingeschlagenen **Energie- und CO₂-Absenkpfad der Wirtschaft**.

3.2 Aktueller Forschungsbedarf im Sektor Industrie

Während des Sommers/Herbst 2004 führte die Programmleitung eine Bedarfsabklärung bei den energieintensiven Unternehmen und bei den entsprechenden Wirtschaftsverbänden durch. **Rückmeldungen und konkrete Vorschläge kamen praktisch nur aus den Zielvereinbarungsgruppen der Energieagentur der Wirtschaft.** Diese zur Economiesuisse gehörende Agentur führt - zumindest aus energetischer Sicht - das **wichtigste Industrie-Netzwerk** der Schweiz. Initiiert durch die EnAW ist in den letzten drei Jahren ein Netzwerk von grösseren Industrie- und Dienstleistungs-Unternehmen entstanden. Die rund 700 grösseren Unternehmen sind in über 50 Zielvereinbarungsgruppen eingebunden. **Die eingebundenen Unternehmen sind für 40% des CO₂-Ausstosses der Wirtschaft verantwortlich** und haben sich verpflichtet, mit wirtschaftlichen Sparmassnahmen ihre Energieeffizienz entsprechend zu verbessern und die CO₂-Intensität zu senken. Die Komplementärmenge, also 60 % des Wirtschafts-CO₂ wird durch tausende von mittleren und Kleinunternehmen (KMU) ausgestossen. Konkrete Forschungsprojekte in diesem energetisch gewichtigen Segment zu entwickeln ist mit extremem Aufwand verbunden, die Finanzierung ist äusserst heikel und die Breitenwirkung allfälliger Forschungsergebnisse ist fraglich.

Aus der Umfrage ergaben sich:

Thermische Prozesse

Die technische Verbesserung sowie optimierte Prozessführung von thermischen Prozessen inkl. eine bessere WRG und Abwärmenutzung Aufheiz- und Abkühlvorgängen sowie in Trocknungsprozessen bilden hier das Hauptanliegen.

Energetische Optimierung von Batch-Prozessen

Mehrprodukte Batchbetriebe: Chemische Reaktoren werden mit Grundstoffen und Zusätzen gefüllt, geheizt, gerührt, gekühlt entleert und wieder von neuem beschickt. Solche nicht-kontinuierliche Prozesse (Chargen) sind energieintensiv (Dampf, Strom). Die Verbesserung der Energieeffizienz solcher Prozesse durch den frühen Einbezug der Energieaspekte (Planung, Realisierung, Betrieb) ist ein Anliegen der Chemie.

Kälte aus Prozessabwärme

Bei Industrie und Gewerbebetrieben mit thermischen Prozessen fällt oft mehr Abwärme an als direkt genutzt werden kann. Die Produktion von Absorptionskälte aus überschüssiger Prozessabwärme (Koppelprozesse) sollte im Industriesektor vorangetrieben werden (Schnittstelle zu F+E-Programm Umweltwärme/Kälte).

Dekontaminierung von Industriellen Abwässern

Entwicklung von energieextensiven Alternativen zur thermischen Dekontaminierung von industriellen Abwässern (Trennverfahren).

Batch-Destillation

Grundlagen für bessere Prozessführung von Batch-Destillationen.

Prozessintegration Gewächshäuser

Bessere Ausnutzung der beheizten und daher kostspieligen Gewächshäuser ist ein Anliegen der Gemüseanbauer. Erwünscht ist ein Planungsinstrument, das optimales Wachstum durch optimales Klima bei minimalem Energieaufwand verbindet.

Abwärmenutzung auf tiefem Temperaturniveau

Brachliegende Abwärme auf tiefem Temperaturniveau (Abwärme Kaminabgase) mit einem Organic Rankine Cycle (ORC) für die Stromproduktion nutzbar machen.

Prozessintegration von effizienten und erneuerbaren Energietechnologien

Für eine optimale Integration effizienter und erneuerbarer Energietechnologien sowie eine bessere Nutzung der Exergie im Bereich Zellstoff- und Papierherstellung fehlen die Methoden/Planungswerkzeuge.

3.3 Situationsanalyse Prozessintegration

Die Prozess Integration wird im CORE-Konzept als Schwerpunkt genannt. Deshalb ist nachfolgend die heutige Situation dargestellt.

Markt:

Die Prozessintegration (PI) erfuhr in den 90-er Jahren national und international verstärkte Beachtung. PI ist im angelsächsischen Raum gut verankert und nachgefragt. In der Schweiz hat sich die Methode der Prozessintegration nicht etablieren können. Gemäss Äusserungen von Branchenvertretern, haben Unternehmen das spezifische Know How bereits im Betrieb oder kaufen dieses bei Bedarf direkt im Ausland ein oder gehen die Probleme pragmatisch, d.h. punktuell an. Es scheint, in der Schweiz keinen Marktnachfrage für Prozessintegrations-Dienstleistungen zu geben. Dies dürfte auch der Grund sein, wieso sich die im Rahmen des früheren Forschungsprogramms entwickelte *Pinch-Design-Methode* (Pinch LENI) bis heute praktisch nur in bundfinanzierten P+D Projekten Umsetzung fand. Eine erneute Umfrage der Programmleitung im 2004 bei Nutzern und Anbietern von PI-Dienstleistungen hat ein ähnliches Stimmungsbild der Prozessindustrie ergeben. Man ist zwar der Ansicht, dass in industriellen Prozessen noch grosses Sparpotenzial brach liegt, aber für einen etwas aufwändigeren ganzheitlichen, systemischen Lösungsansatz und der damit verbunden höheren Initialkosten kann man sich meistens dann nicht entscheiden. Die Prozess-Integrationsmethodik hat viel mit *System Thinking* zu tun und diese Disziplin müsste in die Grundausbildung der Hochschulen und Fachhochschulen verankert werden. Damit könnten das Verständnis und auch die Nachfrage nach diesen Dienstleistungen in Zukunft steigen.

IEA-Aktivitäten:

Bei der IEA gibt es ein *Implementing Agreement on Process Integration Technologies*. In einem Annex I (Survey and Strategy an secretariat) wurden bis 1998 die Grundlagen zur PI aufbereitet (Primer) und ein weltweiter Überblick über die Anbieter von PI-Dienstleistungen und Werkzeuge veröffentlicht. Im Rahmen eines *Briefing Package on the Nature and Advantages of Process Integration* wurden neun Fallbeispiele aus der Industrie aufbereitet und publiziert.

Annex III *PI in the pulp and Paper Industry* sowie Annex V *Energy systems Integration between Society and Industry including Cogeneration Systems and Powerplants* fand kein Interesse und Unterstützung bei der Schweizer Industrie. Dies führte im Jahr 2000 zum Ausstieg des BFE aus dem IA Process Integration. Der Annex II *Disemination* ist bei der IEA seit mehreren Jahren im Status "Abklärung" . Annex IV, *PI Methodologies accounting for Sustainability Facotors* ebenfalls. Der einzige Annex, der für die Schweizer Chemie interessant gewesen wäre, Annex VI, *PI in Batch Processing* wurde erneut zurückgestellt. Im *Implementing Agreement on Process Integration* machen z.Z. Brasilien, Kanada, Finnland, Portugal, Mexiko und Schweden mit. Website unter www.iea-pi.org. Die IEA reorganisiert z.Z. den Sektor Industrie, verwandte IA sollen zusammengelegt werden. Der Kontakt respektive Informationsaustausch ist über P. Cunz (BFE intern) als Chairman der End User Energy Working Party gewährleistet. Inwieweit das UNO-Programm *Cleaner production* einen Bezug zur IEA hat ist noch abzuklären.

3.4 Energieforschung im EU-Raum

(wird später noch ergänzt)

4. Schwerpunkte und Ziele

4.1 Vorgaben CORE

Im Sektor Industrie macht das CORE-Konzept 04-07 unter den Stichworten "Prozesse inkl. Abwärme" Vorgaben. Diese sind integraler Bestandteil des vorliegenden Programms und werden auf die aktuellen Forschungsbedürfnissen der Industrie respektive auf das zur Verfügung stehenden Budgets abgestimmt. s

Prozessintegration

Verbesserung der Methoden der Prozessintegration zur Reduktion des Energie- und Rohstoffbedarfs sowie der Schadstoffemissionen in verfahrenstechnischen Prozessen. Dabei sollen Batch-Prozesse in erster Priorität angegangen werden.

Querschnittstechnologien

Identifikation von Querschnittstechnologien, die für die Schweizerindustrie von Bedeutung sind und Abklärung des entsprechenden Forschungsbedarfs.

Abwärmenutzung

Potenzialabschätzung der Abwärmenutzung mit klassischen und innovativen Nutzungstechnologien.

Neue Produktionstechnologien

Untersuchung des Einflusses neuer Produktionstechnologien wie Automatisierung, Robotik, High Speed Cutting u.a. sowie Prozesskontrolltechnologien auf den Energieverbrauch.

4.2 Empfehlungen Novatlantis

Novatlantis unterscheidet folgende thermische Prozesse:

- ❖ **Hochtemperaturprozesse** > 500 °C (Zement-, Stahl- Kalk und Glas)
- ❖ **Mitteltemperatur-Prozesse** < 500°C (Investitions- Güter-Industrie, Chemie)
- ❖ **Tiefemperatur-Prozesse** < 200°C (Lebensmittel- Textil- und Pharma-Industrie).

Gewichtung der Forschungsbereiche:

Forschungsbereich	Branche	CH F&E-Bereich	EU F&E-Bereich	Industr.-Projekte	Langfristig	kurz-/ mittelfristig
Prozess Design und Produkte-Entwicklung	Chemie, Textil, Maschinenindustrie	++++	++	+++	++	+
Methoden/Techniken zur Prozess-Rationalisierung/ -Optimierung	Div. Branchen, speziell Chemie	+++		++		++
Alternativen zu herkömml. Trenn- und Trocknungsprozessen	Lebensmittel, Textil, Chemie		++			+
Mechanische Trennverfahren: Grinding Technik	Zement, Lebensmittel, Chemie, Recycling Industr.	++	+	++	+	

4.3 Programm-Schwerpunkte /Ziele 04-07

Energetische Prozess-Integration/-rationalisierung

- ❖ Modellierung des Energiebedarfs von Mehrprodukte-Batchbetrieben der Grundstoff- und Spezialitäten-Chemie.
Ziel: Genügend genaues Rechenmodell inkl. Simulationstool zur Vorausbestimmung und Optimierung des Energiebedarfs dieser Prozesse in der Planungs- und Betriebesphase. Energieeffizienzpotenzial bis 30-50%.
- ❖ Förderung von Effizienztechnologien und Integration erneuerbarer Energietechniken mittels Prozess-Integrationsmethode in den Produktionsverfahren der Zellstoff- und Papierindustrie.
Ziel: Verbesserung der Energieeffizienz und vergrössern des Anteils an erneuerbaren Energien (Exergie). Energieeffizienzpotenzial: 30%.
- ❖ Rechenmodell inkl. Entwicklung eines Simulationstools zwecks Optimierung des pflanzlichen Wachstums und Energiebedarfs in landwirtschaftlichen Produktionsprozessen.
Ziel: Neue Gewächshauskulturen brauchen künftig 15% weniger Endenergie.

Nachhaltiger Umgang mit Energie und Ressourcen

- ❖ Bereitstellung der nötigen Grundlagen (Ökoinventare) und Werkzeuge für die ökologische Beurteilung der Verwertungsmöglichkeiten von Abfalllösungsmittel in der Chemie u.a.
Ziel: Der Lösungsmittel verarbeitenden Branchen ein Entscheidungswerkzeug bereitstellen, damit nebst betriebswirtschaftlichen Indikatoren auch ökologische einbezogen werden können.

Verbesserung schwieriger Produktionsverfahren (thermisch)

- ❖ Gewichtige thermische Prozesse oder Produktionsverfahren mit "Querschnittstechnologie-Charakter", die schwierig zu beherrschen sind und deshalb u.a. suboptimal laufen und hohe Energieintensität aufweisen, werden ganzheitlich untersucht und die Prozessführung mit Hilfe eines Optimierungstool verbessert.
Ziel: Die Energieeffizienz der Backstein-/Ziegelherstellungsprozesse Keramik-/ Glasherstellung soll um 20% verbessert werden.

Energieeffizientere Verfahren für allg. Trocknungs-Prozesse

- ❖ Erarbeitung der Grundlagen zu neuen energieeffizienteren Trocknungstechnologien für Biomasse und Prozesse der Papier, Chemie, Textil- und Lebensmittelbranche.
Ziel: Die Energieeffizienz soll 30% verbessert werden. Bei der Biomassetrocknung soll der WRG-Wirkungsgrad mindestens verdoppelt werden.

5. Projektanforderungen

Der Dreischritt "*schwerpunktkonform*", "*energetisch relevant*", "*genügend Marktpotenzial*" sind die nötigen Eigenschaften für eine Projektunterstützung seitens Bund. Grundsätzlich müssen Forschungsprojekte aber auch genügend Eigen- und Drittleistungen aufweisen. Forschungsanträge aus der Industrie mit hohem Eigenfinanzierungsgrad haben also Vorrang, denn solche Projekte bringen ein starkes Engagement der Industrie mit und haben somit grössere Chance auf industrielle Umsetzung. Mittelfristig soll der Bundesbeitrag unter 35% der gesamten Projektkosten zu liegen kommen. Die Industriepartner haben somit den überwiegenden Anteil der Projektaufwendungen selber zu tragen. Dieser Modus auch nötig um die knappen Programmmittel optimal einzusetzen.

6. Budgetsituation

Das Programm kann ausschliesslich über Forschungsbeiträge ausrichten. Klassische Dienstleistungs-Aufträge an externe Experten sind somit nicht möglich. Das BFE-Budget beträgt 300 kFr./Jahr. Damit können jährlich etwa fünf Projekte unterstützt werden. Dem Programmleiter ist es aus zeitlichen Gründen bisher nicht möglich, andere Forschungsprojekte der öffentlichen Hand (ohne BFE-Beteiligung) zu beeinflussen respektive auf die Programmziele auszurichten, wenn dies gelänge, wäre der Programmhebel möglicherweise etwas grösser. Das Programm kann jedoch mit dem zur Verfügung stehenden Budget in der Industrie als "Katalysator" wirken, d.h. im Produktionsbereich neue Energieeffizienz-Felder angehen, die von der Industrie noch nicht beachtet wurden, respektive deren Umsetzung noch nicht wirtschaftlich ist. Auf eine Programm-Begleitgruppe wird aus finanziellen Gründen verzichtet. Sollten die Projektmöglichkeiten jedoch in den nächsten Jahren steigen und die verfügbaren Programmmittel massiv wachsen, könnte eine Begleitgruppe und auch eine externe Programmleitung erwogen werden.

7. Organisation

7.1 Grundsätzliches

Die Programmverantwortung liegt vorderhand intern bei der Sektion Rationelle Energieverwendung des BFE. Das Programm wird in der Industrie über Wirtschaftsnetzwerke „angeboten“. Eine regelmässige Bedürfnisabklärung und Austausch mit den energieintensiven Industriezweigen (EnAW, IGEB) ist gewährleistet und massgebend für die richtige Schwerpunktsetzung.

7.2 Nationale Zusammenarbeit

National arbeitet das Programm vorwiegend mit den **Zielvereinbarungs-Gruppen der Energieagentur der Wirtschaft** zusammen. Diese Unternehmen sind sehr motiviert, Ihre CO₂-Emissionen und den Gesamtenergieverbrauch zu senken. Die Pro-

grammleitung möchte den Forschungsbedarf der Industrie und die Forschungskompetenzen besser kombinieren respektive näher zusammen bringen. Auch will das Programm Plattform bieten und helfen, im Prozessbereich die richtigen Forschungsschwerpunkte zu setzen. Grundsätzlich muss jedoch die Industrie selber ihren Forschungsbedarf identifizieren und formulieren, sonst besteht das Risiko einer falschen Programm- und Mittelausrichtung.

Kontakte zu **ETHZ** und **EPFL** sind vorerst nur im Rahmen gemeinsamer Projekte institutionalisiert. Mit Organisationen und deren Projekte (Liste der Projekte) im Bereich der allgemeinen Verfahrenstechnik, welche nicht vom BFE mitfinanziert werden, findet aus Kapazitätsgründen keine Koordination statt. Zudem haben diese Projekte (BFE-Liste der Projekte) wenig Bezug auf die Ziele des vorliegenden Programms respektive hatten die Energieeffizienz nicht direkt im Fokus.

Neu dazu kommen die **FH Wallis** und **Genf. FH Luzern** in Horw, welche selber Forschungsvorhaben beim BFE eingegeben haben oder in solchen Projekten involviert sind. Der gegenseitige Informationsaustausch BFE-KTI betreffend Prozessenergieprojekte ist sichergestellt (M. Zogg).

8. Eingesetzte öffentliche Mittel

Die hier dargestellten Mittel decken die Forschungsaufwendungen der Sektoren Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft inkl. Abwärme ab. Wobei die Projektzuteilung von nicht BFE-finanzierten Projekten (BFE-Liste der Projekte) mangelhaft wenn nicht sogar falsch ist. Die Zahlen ausser dem BFE-Budget sind somit nicht belastbar.

Mittel in kFr.

Organisationen	2003	2004	2005
BFE	72	121	300
KTI	150		
ETH-Rat	1'478		
BBW (EU-Projekte)	545		
Total	1'700	1'500	

9. Stärken- Schwächen - Chancen

Schwächen:

National gibt es momentan nur wenig wirklich energiebezogene Forschung im Bereich der industriellen Prozesse. Die von der KTI unterstützten Projekte in diesem Bereich hatten in letzter Zeit praktisch keinen Bezug zu Energiefragen. Das Pogrammm betreibt im Moment keinen Technologietransfer Hochschule –Industrie (Top down).

Stärken:

Die Programmleitung will **hohe Qualität** der F&E Projekte sicherstellen und eine möglichst **breite industrielle Umsetzung** der Resultate erreichen.

Forschungsprojekte der Industrie sind sehr stark gerichtet und konkret und weisen ein hohes Mass an Engagement der Industriepartner auf. Das BFE unterstützt nur Projekte, die genügend Umsetzungspotenzial für andere ähnlichen Unternehmen ausweisen.

Chancen:

Die zwingende Beschränkung auf wenige und innovative Projekte von engagierten Industriezweige/-Unternehmen (Bottom up Ansatz) hilft, das Programm zweckgerichtet zu betreiben und zu entwickeln. Dabei nimmt die EnAW und die IGEB eine wichtige Mittlerrolle war. Je nach Problemstellung können geeignete Hochschule gezielt in die Projekte einbezogen werden.

Übersicht Projekt: siehe separate Excel-Liste
