



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
**Bundesamt für Energie BFE**

# POTENTIAL ERNEUERBARER ENERGIEN IN GRÖSSEREN FOSSILEN FEUERUNGEN

## Schlussbericht

Ausgearbeitet durch

**Reto Dettli, Martin Baur, Daniel Philippen, e concept AG**  
Lavaterstrasse 66, 8002 Zürich, [econcept@econcept.ch](mailto:econcept@econcept.ch)

**Martin Kernen, Planair SA**  
Rue du Crêt 108a, 2314 La Sagne

**Begleitgruppe:**

Lukas Gutzwiller, Bundesamt für Energie, Programmleiter Energiewirtschaftliche Grundlagen

Daniel Binggeli, Bundesamt für Energie

Andrea Paoli, Abteilung Energie, Kanton TG

Stephan Peterhans, Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz FWS

Fabrice Rognon, Bundesamt für Energie

Christoph Rutschmann, Holzenergie Schweiz

Alain Schilli, Fachstelle Energie, Kanton AG

Den Mitgliedern der Begleitgruppe wird an dieser Stelle für Ihre Mitarbeit herzlich gedankt!

**Impressum**

720\_be\_Schlussbericht def\_2.doc / 25. Januar 2007

**Im Auftrag des Bundesamtes für Energie**, Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen

Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. +41 31 322 56 11, Fax +41 31 323 25 00

[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

BFE-Projektleiter: Lukas Gutzwiller, [lukas.gutzwiller@bfe.admin.ch](mailto:lukas.gutzwiller@bfe.admin.ch)

Projektnummer: 101 506

Bezugsort der Publikation: [www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch) und [www.ewg-bfe.ch](http://www.ewg-bfe.ch)

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die AutorInnen dieses Berichts verantwortlich.

# Inhalt

<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>1</b>
<b>Résumé .....</b>	<b>5</b>
<b>1 Ausgangslage und Ziele des Projekts.....</b>	<b>11</b>
1.1 Ausgangslage.....	11
1.2 Zielsetzungen .....	12
1.3 Vorgehen.....	12
<b>2 Datenbank grosser fossiler Feuerungen .....</b>	<b>15</b>
2.1 Datenkategorien.....	15
2.2 Vorgehen.....	16
2.3 Ergebnisse der Datenerhebung.....	16
<b>3 Substitutionspotential fossiler Feuerungen .....</b>	<b>21</b>
3.1 Vorgehen .....	21
3.2 Fossile Grossfeuerungen in der Schweiz.....	21
3.2.1 Fokus Leistung.....	22
3.2.2 Fokus Kantone .....	24
3.2.3 Fokus Brenneralter .....	25
3.2.4 Fokus Brennstoffe.....	26
3.3 Fazit zur Potentialanalyse .....	28
<b>4 Wirtschaftlichkeit von Holzfeuerungen und Wärmepumpen .....</b>	<b>31</b>
4.1 Holzfeuerungen .....	31
4.2 Wärmepumpen.....	34
4.3 Fazit zur Wirtschaftlichkeit.....	35

<b>5 Hemmnisanalyse.....</b>	<b>37</b>
5.1 Vorgehen .....	37
5.2 Analyse der Planungs- und Entscheidungsabläufe .....	38
5.3 Gesprächsleitfaden.....	39
5.4 Stichprobe: Eigenschaften und Auswahlkriterien .....	40
5.5 Ergebnisse der Befragung.....	41
5.5.1 Übersicht Datensatz.....	41
5.5.2 Gründe für Erneuerung der Feuerungsanlage.....	43
5.5.3 Vorgehen bei Erneuerung der Feuerungsanlage.....	44
5.5.4 Vorgehen bei Auswahl des Energieträgers.....	45
5.5.5 Hemmnisse während der Projektphasen .....	48
5.5.6 Bewirtschaftung/Betrieb .....	48
5.5.7 Ergänzungen der Befragten.....	49
5.5.8 Zusammenfassung der Ergebnisse .....	50
5.6 Fazit zur Hemmnisanalyse .....	52
<b>6 Fazit und Empfehlungen .....</b>	<b>55</b>
<b>Anhang.....</b>	<b>59</b>
<b>A-1 Markakteure Wärmepumpen und Holzfeuerungen .....</b>	<b>59</b>
A-1.1 Holzfeuerungen .....	59
A-1.2 Wärmepumpen .....	59
<b>A-2 Gesprächsleitfaden für die telefonische Befragung .....</b>	<b>61</b>
<b>A-3 Literatur .....</b>	<b>67</b>

# Zusammenfassung

Als Basis für eine verbesserte und zielgruppenspezifische Marktbearbeitung zur Förderung erneuerbarer Energien durch Substitution fossiler Energien bei einem Anlagenersatz umfasst das Projekt folgende Zielsetzungen:

- Bestimmen des Marktvolumens der Nahwärmenetze bzw. der grösseren fossilen Feuerungen. Ermitteln der Altersstruktur der Feuerungen hinsichtlich des Ersatzbedarfs nach Ablauf der Lebensdauer.
- Vergleich der Wirtschaftlichkeit der erneuerbaren Energien im Vergleich zu konventionellen Energieträgern.
- Identifikation von technischen und administrativen Hindernissen beim Ersatz fossiler Feuerungen durch erneuerbare Energien.
- Identifikation der nötigen Hilfsmittel für eine verbesserte Promotion einer Umrüstung auf erneuerbare Energien.

In einem ersten Schritt wurde eine umfassende Datenbank aller fossilen Feuerungen mit einer Anlagenleistung >350 kW erstellt. In einem zweiten Schritt wurde die Wirtschaftlichkeit der Anlagen basierend auf bestehenden Untersuchungen bewertet. Mit Hilfe der Datenbank wurden in einem dritten Schritt Anlagen ermittelt, welche in den letzten Jahren erneuert wurden. Mit 20 EigentümerInnen solcher Anlagen wurden vertiefende Interviews zu den Planungsabläufen und den Hemmnissen für den Einsatz erneuerbarer Energien geführt.

Das Substitutionspotential erneuerbarer Energien beim Ersatz fossiler Feuerungen ist beträchtlich. Aufgrund der Altersverteilung und der durchschnittlichen Lebensdauer der Anlagen ist ab ca. 2010 mit einem Ersatz von über 500 Anlagen pro Jahr zu rechnen. Diese Anlagen haben einen Energiebedarf von ca. 400 - 500 GWh jährlich. Der Grossteil der Anlagen steht in den Kantonen Zürich, Basellandschaft, Bern und Aargau.

Die Datenbank zu fossilen Feuerungen mit einer Feuerungswärmeleistung ab 350 kW, die im Rahmen dieser Arbeit erstellt wurde, liegt dem BFE als Auftraggeber zur weiteren Verwendung vor.

*Ziel*

*Vorgehen*

*Substitutions-  
potential*

**Wirtschaftlichkeits-  
aspekte**

Die finanziellen Rahmenbedingungen sind im Fluss. Allgemeine Aussagen über die Wirtschaftlichkeit von Holzfeuerungen und Wärmepumpen zu treffen, ist schwierig, da standortspezifische Bedingungen relevant sind. Modellrechnungen aus der Literatur zeigen, dass bei Holzfeuerungen mit Feinstaubabscheidung die Wärmegestehungskosten für typische Energiepreise vom Frühjahr 2006 (Holz: 5 Rp./kWh, Öl: 8 Rp./kWh) für Anlagen bis 1 MW über denen von Ölfeuerungen liegen. Bei steigender Leistung nähern sich die Wärmegestehungskosten in den Modellrechnungen jedoch an und treffen sich in etwa bei 12 Rp./kWh für Leistungen von 1 MW. Die Wärmegestehungskosten von Wärmepumpen variieren stark und liegen in einem Bereich von 3 - 27 Rp./kWh. Generelle Aussagen zur Wirtschaftlichkeit sind deshalb problematisch. Die Schwankungen bei den Wärmepumpen röhren daher, dass sie massgeblich von den Kosten für die Erschliessung der Niedertemperaturquelle (Umweltwärme) beeinflusst werden. Mit einer zusätzlichen Nutzung zu Kühlzwecken im Sommer lässt sich die Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen erhöhen.

**Ergebnisse Hemm-  
nisanalyse**

Die Hemmnisanalyse und die Analyse des Planungsablaufes basierend auf Interviews mit den EigentümerInnen zeigen:

- Das Durchschnittsalter der ersetzen Anlagen liegt mit einer grossen Streuung bei 19 Jahren.
- Planungsbüros und Installateure sind für die Eigentümer fossiler Feuerungsanlagen die wichtigsten Berater bei einer Erstellung oder Erneuerung ihrer Feuerungsanlage.
- Für Eigentümer fossiler Anlagen sind bei der Entscheidungsfindung vor allem wirtschaftliche und technische Gründe ausschlaggebend.
- Bei Holzfeuerungen treten gegenwärtig vor allem technische Probleme bei der Erstellung und bei der Inbetriebnahme der Anlage auf („Kinderkrankheiten“). Auch die Qualität des Brennholzes kann ungenügend sein.
- Eigentümer von Holzfeuerungen äussern häufig Bedenken wegen der eventuellen Pflicht zur Filternachrüstung kleinerer Anlagen im Rahmen einer Verschärfung der Luftreinhalteverordnung. Als Folge wird eine Verschlechterung der Wirtschaftlichkeit von Holzfeuerungen befürchtet.

- Die Daten aus dem Jura und aus Neuenburg geben einen Hinweis darauf, dass in den Westschweizer Kantonen in der Diskussion um ökologische Energieträger selten erneuerbare Energien berücksichtigt werden. Offensichtlich wird hier häufig Erdgas als ökologische Alternative zu Heizöl gewählt.

Aus diesen Ergebnissen lassen sich folgende Schlüsse für das weitere Marketing erneuerbarer Energie für die Substitution fossiler Feuerungen bei der Sanierung von Anlage ableiten:

*Empfehlungen für das weitere Marketing*

- Die Anstrengungen sind spätestens in 3 - 4 Jahren zu verstärken, da ab 2010 die Sanierung vieler Anlagen aus den 90er Jahren (LRV Sanierungen) ansteht.
- Mit finanziellen Fördermassnahmen könnten die gegenwärtigen Vorbehalte und Befürchtungen, die sich aus der anstehenden Filzpflicht für kleinere Holzfeuerungen ergeben, entschärft werden.
- In der Deutschschweiz sollten sich die Anstrengungen auf die wichtigsten Marktmittler, die Installateure und Planer, konzentrieren. In der Romandie braucht es zusätzlich mehr Basiskampagnen, um die Vorteile von erneuerbaren Energien gegenüber Erdgas aufzuzeigen.
- Es soll evaluiert werden, ob Marketingmassnahmen stärker die AnlageneigentümerInnen oder die wichtigsten Marktmittler betreffen sollen.
- Der Grossteil der zu sanierenden Anlagen konzentriert sich auf die 4 Kantone ZH, BE, BL und AG. Insbesondere die AnlageneigentümerInnen der hier installierten Anlagen sollen als Zielgruppen vertieft analysiert werden. Eine enge Zusammenarbeit mit diesen Kantonen drängt sich auf.

Die AutorInnen empfehlen als erste Schritte für die Umsetzung der Erkenntnisse dieser Arbeit folgendes Vorgehen:

*Empfehlungen für die Umsetzung*

- **Bund, Verbände** (Holzenergie Schweiz sowie Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz FWS) und **Netzwerke EnergieSchweiz**:
  - präzisieren die Marketingstrategie in den einzelnen Regionen der Schweiz (Unterschiede Deutschschweiz /Romandie, grosse Kantone /kleine Kantone, Marktmittler /Anlageneigentümer)

*Koordiniertes Vorgehen*

- erarbeiten die nötigen Hilfsmittel und Produkte für die Marktbearbeitung (Werbeunterlagen, Unterstützungsangebote vor Ort)
- bearbeiten zuerst die bezüglich Anlagenersatz wichtigsten Kantone zusammen mit den betreffenden kantonalen Stellen (in erster Linie ZH, BE, BL, AG). Mit Hilfe der Datenbank werden die Eigentümer der Anlagen mit Sanierungsbedarf ausgefiltert und direkt bearbeitet (passiv mit Werbeunterlagen, aktiv mit Unterstützungsangeboten).
- Bearbeiten aufgrund der Erfahrungen anschliessend die übrigen Kantone.
- integrieren die Fachverbände das Thema Anlagenersatz mit erneuerbaren Energien vermehrt in ihre Weiterbildungsangebote für Planer (wichtigste Marktmittler).

➤ **Holzenergie Schweiz**

- Prüft das Erarbeiten eines vereinfachten Qualitätsmanagementsystems als Ergänzung zum QM Holzheizwerke.

➤ **Kantone**

- Definieren zusammen mit Bund und Verbänden die spezifische Marktbearbeitung in ihrem Kanton mit Hilfe der erarbeiteten Datenbank und den neuen bzw. angepassten Hilfsmitteln (Siehe unter Bund, Verbände und EnergieSchweiz)
- Integrieren das Thema Anlagenersatz von fossilen Feuerungen durch erneuerbare Energien vermehrt in ihre Weiterbildungsangebote für Planer (wichtigste Marktmittler) ein.

Ein Anlagenersatz einer fossilen Feuerung stellt eine grosse Chance für erneuerbare Energien dar. Mit den vorgeschlagenen Massnahmen können diese Potentiale schrittweise genutzt werden.

# Résumé

La présente étude sert de base de référence afin de mieux prospectioner le marché en tenant compte des groupes-cibles visés dans le cadre de la promotion des énergies renouvelables lors du remplacement d'installations utilisant les énergies fossiles. Elle a pour objectifs de:

- déterminer la part du marché des réseaux de chauffage à distance et des grosses chaudières fonctionnant à l'énergie fossile. Etablir la pyramide d'ancienneté des chaudières pour connaître le volume et l'échéance des remplacements nécessaires;
- comparer la rentabilité des énergies renouvelables à celle des agents énergétiques traditionnels;
- identifier les obstacles techniques et administratifs au remplacement des chaudières à énergie fossile par des installations recourant aux énergies renouvelables;
- identifier les instruments nécessaires pour mieux promouvoir les énergies renouvelables lors d'un changement d'équipement.

Une première étape a consisté à constituer une base de données complète recensant toutes les chaudières à énergie fossile d'une puissance supérieure à 350 kW. Ensuite, la rentabilité des installations a été évaluée grâce aux résultats d'enquêtes effectuées auparavant. Dans une troisième étape, la base de données a permis de recenser les installations renouvelées durant les dernières années. Des entretiens fouillés ont alors été menés avec 20 propriétaires d'installations récemment renouvelées, qui ont raconté le déroulement de la planification et parlé des obstacles entravant le recours aux énergies renouvelables.

Le potentiel de substitution par des énergies renouvelables au moment du remplacement de chaudières à énergie fossile est considérable. Etant donné la pyramide d'ancienneté des installations et leur durée de vie moyenne, plus de 500 installations devront être remplacées chaque année à partir de 2010 environ. Ces installations représentent des besoins énergétiques annuels de 400 à 500 GWh et sont en majeure partie situées dans les cantons de Zurich, de Bâle-Campagne, de Berne et d'Argovie.

*Objectif*

*Procédure*

*Potentiel de substitution*

En tant que mandataire, l'OFEN pourra utiliser à d'autres fins la base de données sur les chaudières à énergie fossile d'une puissance supérieure à 350 kW qui a été constituée dans le cadre de ces travaux.

*Aspects économiques*

Les conditions financières générales sont en cours d'examen. Il est difficile de se prononcer sur la rentabilité des chaudières à bois et des pompes à chaleur car des facteurs locaux entrent en jeu. Selon les modèles de calcul proposés dans les ouvrages de référence, le prix de revient de la chaleur produite dans des installations d'une puissance inférieure ou égale à 1 MW avec des agents énergétiques aux prix courants du printemps 2006 (bois: 5 ct./kWh, huile de chauffage: 8 ct./kWh) est plus élevé avec les chaudières à bois équipées d'un séparateur de poussières fines qu'avec les chauffages à l'huile. Toutefois, ces mêmes modèles montrent que les prix de revient des deux types de chaudières convergent lorsque la puissance augmente, et qu'ils se rejoignent autour de 12 ct./kWh pour les puissances de 1 MW. Le prix de revient de la chaleur issue des pompes à chaleur varie fortement entre 3 et 27 ct./kWh. Il est donc difficile de se prononcer de manière générale sur la rentabilité. Les fluctuations observées dans le cas des pompes à chaleur sont dues à l'incidence massive des coûts d'exploitation des sources d'énergie à basse température (chaleur ambiante). Une utilisation complémentaire pour le refroidissement en été permet d'augmenter le rendement des pompes à chaleur.

*Résultats de l'analyse des obstacles*

L'analyse des obstacles et celle du déroulement de la planification, effectuées à partir des entretiens menés avec les propriétaires, mettent en évidence les faits suivants:

- L'âge moyen des installations remplacées est de 19 ans avec une forte dispersion.
- Les bureaux de planification et les installateurs représentent les principales sources de conseil pour les propriétaires qui souhaitent installer ou remplacer leurs installations de chauffage à énergie fossile.
- Pour les propriétaires d'installations à énergie fossile, les critères déterminants sont avant tout d'ordre économique et technique.
- Actuellement, les problèmes rencontrés avec les chaudières à bois sont surtout techniques et surgissent à l'installation et à la mise en

service (défauts de jeunesse). Il arrive aussi que le bois combustible soit de médiocre qualité.

- Les propriétaires de chaudières à bois sont nombreux à exprimer leur préoccupation quant à l'obligation qui pourrait leur être faite d'équiper de filtres les petites installations pour les adapter, le cas échéant, aux exigences renforcées de l'ordonnance sur la protection de l'air. Ils craignent en conséquence une détérioration de la rentabilité des chaudières à bois.
- Au vu des données recueillies dans les cantons du Jura et de Neuchâtel, il apparaît que les énergies renouvelables sont rarement intégrées au débat sur les agents énergétiques écologiques dans les cantons romands. Il semble que le gaz naturel y soit souvent choisi comme une alternative écologique à l'huile de chauffage.

Les résultats exposés ci-dessus permettent de tirer les conclusions suivantes pour poursuivre la promotion des énergies renouvelables comme substitution aux chauffages à énergie fossile lors de l'assainissement des installations:

- Les efforts doivent être multipliés au plus tard dans les trois ou quatre ans à venir puisque de nombreuses installations datant des années 90 devront être assainies à partir de 2010 (assainissements prescrits par l'OPAir).
- Des mesures d'encouragement d'ordre financier pourraient atténuer les craintes et les réserves nourries actuellement par la perspective d'une obligation d'équiper de filtres les petites installations à bois.
- En Suisse alémanique, les efforts devraient être concentrés sur les principaux intermédiaires, soit les installateurs et planificateurs. En Suisse romande, il faut compléter l'action par des campagnes plus nombreuses, visant à souligner les avantages des énergies renouvelables par rapport au gaz naturel.
- Il faut évaluer vers qui orienter les mesures de promotion envisagées (propriétaires d'installations ou principaux intermédiaires).
- La majorité des installations devant être assainies se trouve concentrée dans quatre cantons: ZH, BE, BL, AG. Les propriétaires des installations de ces cantons constituent donc un important

*Recommandations pour la poursuite de la promotion*

groupe-cible qui devrait, à ce titre, faire l'objet d'une analyse spécifique plus approfondie. Une collaboration étroite avec ces cantons s'impose.

*Recommandations de mise en œuvre*

Comme première étape dans la mise en œuvre des éléments dégagés par la présente étude, les auteurs recommandent de procéder comme suit:

*Approche coordonnée*

➤ **La Confédération, les associations professionnelles** (Energie-bois Suisse et le Groupement promotionnel suisse pour les pompes à chaleur GSP) et les **réseaux de SuisseEnergie**:

- précisent la stratégie de promotion pour chaque région de Suisse (en distinguant Suisse alémanique / Suisse romande, grands cantons / petits cantons, intermédiaires commerciaux / propriétaires d'installations);
- élaborent les instruments et les produits nécessaires pour la prospection du marché (documentation promotionnelle, soutien concret sur le terrain);
- commencent à agir dans les cantons les plus concernés, en collaboration avec les services cantonaux compétents (en premier lieu ZH, BE, BL, AG). La base de données permettra de recenser les propriétaires d'installations nécessitant un assainissement et de s'adresser directement à eux (de manière générale grâce à la documentation, et plus spécifiquement grâce au soutien proposé localement);
- poursuivent l'action dans les autres cantons en s'appuyant sur les expériences faites;
- veillent à ce que les associations spécialisées accordent plus de place dans leurs offres de formation continue destinées aux planificateurs (principaux intermédiaires), au thème des énergies renouvelables lors du remplacement d'installations.

➤ **Energie-bois Suisse**

- examine l'élaboration d'un système de gestion de la qualité simplifié, complétant le « QM Chauffages au bois ».

## ➤ **Les cantons**

- définissent, en collaboration avec la Confédération et les associations, la prospection du marché leur convenant, en recourant à la base de données et aux instruments créés ou adaptés (voir la rubrique Confédération, associations professionnelles et SuisseEnergie);
- accordent plus de place dans leurs offres de formation continue destinées aux planificateurs (principaux intermédiaires), au thème du remplacement des chaudières à agents énergétiques fossiles par des installations à énergie renouvelable.

Le remplacement d'une chaudière à énergie fossile est une excellente occasion de promouvoir les énergies renouvelables. Les mesures proposées permettent d'exploiter progressivement ce potentiel.



# 1 Ausgangslage und Ziele des Projekts

## 1.1 Ausgangslage

In der Schweiz werden gemäss Volkszählung knapp 10% der Gebäude über eine Zentralheizung für mehrere Gebäude mit Wärme versorgt. Zusätzlich beziehen zahlreiche Betriebe ebenfalls Wärme über Nah- und Fernwärmennetze. Somit werden über Nah- und Fernwärmennetze bedeutende Wärmemengen abgesetzt. Das genaue Marktvolumen, die Grösse der jeweiligen Netze und ihre Standorte sind jedoch nicht systematisch erfasst und bekannt.

Wärmennetze

Nah- und Fernwärmennetze werden aus zwei Gründen erstellt. Einerseits zur Nutzung von standortgebundenen Energien (z.B. Abwärme aus KVA oder ARA) und andererseits aus rein wirtschaftlichen Überlegungen zur Nutzung von Skaleneffekten bei der Energieerzeugung und Verringerung der Unterhaltskosten. Skaleneffekte sind heute vor allem bei effizienten Energienutzungstechnologien (z.B. WKK) oder erneuerbaren Energien (Wärmepumpen, Schnitzelfeuerungen) von Bedeutung. In früheren Jahren waren diese Skaleneffekte auch bei fossilen Feuerungen von Bedeutung, so dass zahlreiche Anlagen mit fossilen Energien bestehen.

Gründe für Wärmennetze

Diese mit fossilen Energien betriebenen Anlagen stehen in einem energiepolitischen Fokus, da die Lebensdauer der Netze deutlich höher ist als diejenige der Energieerzeugung. Bei einem Ersatz der Energieerzeugungsanlagen bestehen günstige Voraussetzungen für eine Umstellung der Anlage auf WKK oder erneuerbare Energien.

Beim ursprünglichen Ziel der Arbeit standen die Wärmennetze in der Schweiz im Zentrum. Im Verlauf der Arbeit wurde aber bald klar, dass erstens keine Informationen zu Wärmennetzen bestehen, welche eine Identifikation zulassen, und zweitens das Kriterium Wärmennetze für die Auswahl der Anlage von untergeordneter Bedeutung ist. Vielmehr ist die Grösse der Anlage für das energiepolitische Ziel, die Substitution der fossilen Energien beim Ersatz der Feuerung, wichtiger. Der Fokus der Arbeit wurde deshalb auf alle grösseren fossilen Feuerungen erweitert.

Änderung Projektfokus auf fossile Energien

*Substitution fossiler Energien finanziell attraktiv*

In den nächsten Jahren werden zahlreiche grössere fossile Feuerungen ersetzt werden müssen, da sie ihre Lebensdauer erreichen werden. Aufgrund der hohen Preise für fossile Energien sind Anlagen mit erneuerbaren Energien, insbesondere Wärmepumpen und Holzenergie, wirtschaftlich deutlich attraktiver als noch vor wenigen Jahren. Die Zeit ist günstig, die Substitution von fossilen Energien voranzutreiben.

## 1.2 Zielsetzungen

Als Basis für eine verbesserte und zielgruppenspezifische Marktbearbeitung zur Förderung erneuerbarer Energien umfasst das Projekt folgende Zielsetzungen:

- Bestimmen des Marktvolumens der Nahwärmennetze bzw. der grösseren fossilen Feuerungen. Ermitteln der Altersstruktur der Feuerungen hinsichtlich des Ersatzbedarfs nach Ablauf der Lebensdauer
- Vergleich der Wirtschaftlichkeit der erneuerbaren Energien im Vergleich zu konventionellen Energieträgern
- Identifikation von technischen und administrativen Hindernissen beim Ersatz fossiler Feuerungen durch erneuerbare Energien
- Identifikation der nötigen Hilfsmittel für eine verbesserte Promotion einer Umrüstung auf erneuerbare Energien.

## 1.3 Vorgehen

Zur Bestimmung der installierten Leistung und somit dem Marktvolumen von grossen fossilen Feuerungen in der Schweiz wird im ersten Teil der vorliegenden Arbeit eine Datenbank aller fossilen Feuerungen in der Schweiz mit Feuerungswärmeleistungen ab 350 kW erstellt. Hierfür wird auf Datensätze der Kantone zurückgegriffen. Mit Hilfe der Datenbank wird der Anlagenpark in der Schweiz charakteri-

siert und das Substitutionspotential für erneuerbare Energieträger und viel versprechende Anlagenkategorien bestimmt.

Im zweiten Teil wird die aktuelle Wirtschaftlichkeit von Holzfeuerungen und Wärmepumpen für Anlagengrössen ab 350 kW untersucht und derjenigen von fossilen Energieträgern (Öl und Gas) gegenübergestellt. Für diese Untersuchung der Wirtschaftlichkeiten wird auf aktuelle Daten aus der Literatur zurückgegriffen.

Hemmisse, die Anlageneigentümer von der Erstellung einer erneuerbar betriebenen Anlage abhalten und Probleme, die bei der Projektierung, der Erstellung und dem Betrieb solcher Anlagen auftreten, werden im dritten Teil dieser Arbeit untersucht. Dafür werden AnlageneigentümerInnen telefonisch befragt und so ein aktueller Überblick über die Situation in der Schweiz erhalten.

Im letzten Teil werden anhand der erhaltenen Ergebnisse Empfehlungen an die relevanten Akteure des Bundes und der Kantone und an involvierte Netzwerke formuliert.



## 2 Datenbank grosser fossiler Feuerungen

Die Datenbank, die im Rahmen des vorliegenden Projekts erstellt wurde, beinhaltet Informationen über die fossil betriebenen Feuerungsanlagen in der Schweiz mit einer Feuerungswärmeleistung ab 350 Kilowatt. Mit der Datenbank können Anlagentypen und Zielgruppen identifiziert werden, bei denen die Förderung der Umstellung auf erneuerbare Energieträger bei Sanierungen Erfolg versprechend erscheint.

### 2.1 Datenkategorien

Die Datenbank beinhaltet ausschliesslich Anlagen mit einer Feuerungswärmeleistung ab 350 kW, die mit fossilen Energieträgern befeuert werden. Da aus Datenschutzgründen keine Angaben in die Datenbank eingehen dürfen, die eine direkte Identifikation der Anlagen oder der Eigentümer zulassen, werden statt dessen Identifikationsnummern (Anlagen-Codes) eingefügt. Mit Hilfe der Anlagen-Codes können die Informationen der Datenbank den Anlagen EigentümerInnen durch die Kantone eindeutig zugeordnet werden.

Die Datenbank enthält folgende Datenkategorien:

1. Anlagen-Code (die Namen der Eigentümer/Betreiber bzw. die genauen Adressen liegen aus Datenschutzgründen nicht vor)
2. Standort der Anlage (Kanton; falls vorliegend, ist auch die Standortgemeinde mit aufgeführt)
3. Alter der Anlage (falls vorliegend als „Baujahr Brenner“ und „Baujahr Kessel“ aufgeführt)
4. Leistung (Feuerungswärmeleistung in kW)
5. Anlagenart (Prozess-/Heizwärme, Art des Brennstoffs)
6. Anschluss an Wärmeverbund (ja/nein)
7. Innerhalb Gasversorgungsgebiet (ja/nein)

## 2.2 Vorgehen

Da die Kantone gemäss LRV (2005) Art. 13 für die Kontrolle von grösseren Feuerungsanlagen zuständig sind, kann für anlagenspezifische Informationen (Datenkategorien 1-6, Kapitel 2.1) auf Datensätze der jeweiligen Kantone zurückgegriffen werden. Hierfür wurden die zuständigen Amtsstellen telefonisch oder mit einem Anschreiben kontaktiert. Nach Abklärung etwaiger Datenschutzfragen konnten die Datensätze von den kantonalen Stellen in der Regel zur Verfügung gestellt werden.

Ob eine Anlage in einem Gasversorgungsgebiet steht (Kategorie 7), wurde von **e c o n c e p t /Planair** anhand des Anlagenstandortes und der Versorgungsliste mit Erdgas für Gemeinden bestimmt.

Die Datensätze der Kantone wurden in einer Excel-Tabelle zusammengefügt. Für die Analyse wurden die Daten teils kategorisiert und verrechnet.

## 2.3 Ergebnisse der Datenerhebung

In die Datenbank sind 10'433 Datensätze von 21 Kantonen eingegangen. Zu diesen Kantonen gehören Zürich, Bern, Basel-Land und Aargau, von denen anzunehmen ist, dass sie für die total installierte Leistung am bedeutendsten sind.

In allen Kantonen bis auf Appenzell Innerrhoden sind Feuerungsanlagen mit Leistungen über 350 kW installiert. Von den Kantonen OW, SZ, TI und VD konnten keine Daten erhalten werden, weswegen auch diese Kantone nicht in der Datenbank aufgeführt sind.

In der Regel wurden die Daten von den Lufthygieneämtern oder von den Umweltämtern zur Verfügung gestellt. Nicht alle Datensätze sind von 2005/2006. Dies kommt teils daher, dass manche Kantone ihre Datenerfassungssysteme umstellen oder die Datenerfassung für Anlagen unter 1 MW an die Gemeinden ausgelagert haben. In diesen Fällen musste auf ältere Daten zurückgegriffen werden, die alle Anlagen ab 350 kW enthalten. Die ältesten Daten in der Datenbank sind von 2004 (ZH).

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die in die Datenbank eingegangenen Datensätze. Die Tabelle zeigt, dass nicht für alle Kantone Daten vorliegen und die vorhandenen Daten nicht den gleichen Detaillierungsgrad haben.

Die Datenbank liegt dem Bundesamt für Energie als Auftraggeber vor. Ihre Verwendung unterliegt dem Datenschutz, weswegen sie nicht veröffentlicht wird. Die Zuordnung von Datensätzen zu AnlageneigentümerInnen könnte mittels Anlagencode nur durch die Kantone erfolgen (Ansprechpartner gemäss Tabelle 1).

Kanton	Anzahl Daten-sätze	Daten vorhanden							Quelle
		Leistung 350 kW - 1 MW	Leistung > 1 MW	Art des Brenn-stoffs	Alter des Brenners	Angabe Prozess-/Heiz-wärme	Wärme-verbund	Standort-gemeinde (Gasver-sorgung)	
AI	0 <sup>1)</sup>	-	-	-	-	-	-	-	Lufthygieneamt
AG	283	teilweise	ja	ja	ja	teilweise	nein	ja	Abteilung für Umwelt
AR	73	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	Amt für Umwelt
BE	1668	ja	ja	ja	teilweise	nein	nein	ja	Feuerungskontrolle
BL	695	ja	ja	ja	ja	ja	nein	ja	Lufthygieneamt beider Basel
BS	213	ja	ja	ja	teilweise	nein	nein	ja	Amt für Umwelt und Energie
FR	876	ja	ja	ja	teilweise	nein	nein	ja	Section protection de l'air
GE	287	ja	ja	ja	teilweise	nein	nein	ja	Section protection de l'air
GL	75	ja	ja	ja	ja	nein	nein	ja	Departement Bau + Umwelt, Abt. Umwelt und Energie
GR	716	ja	ja	ja	ja	teilweise	ja	ja	Amt für Natur und Umwelt Graubünden
JU	136	ja	ja	ja	teilweise	nein	nein	ja	Inspecteur de la protection de l'air
LU	637	ja	ja	teilweise	teilweise	teilweise	nein	ja	Umwelt und Energie, Feuerungskontrolle
NE	70	ja	ja	teilweise	ja	nein	nein	ja	Service de la protection de l'environnement
NW	53	ja	ja	teilweise	teilweise	nein	nein	ja	Amt für Umwelt
OW	Keine Daten erhalten								
SG	194	ja	ja	ja	ja	nein	nein	ja	Amt für Umweltschutz
SH	113	ja	ja	ja	ja	nein	nein	ja	Amt für Lebensmittelkontrolle und Umweltschutz
SO	265	ja	ja	ja	nein	ja	nein	ja	Amt für Umwelt
SZ	Keine Daten erhalten								
TG	386	ja	ja	ja	teilweise	nein	teilweise	ja	Amt für Umweltschutz
TI	Keine Daten erhalten								

Kanton	Anzahl Daten- sätze	Daten vorhanden							Quelle
		Leistung 350 kW - 1 MW	Leistung > 1 MW	Art des Brenn- stoffs	Alter des Brenners	Angabe Prozess- /Heiz- wärme	Wärme- verbund	Standort- gemeinde (Gasver- sorgung)	
UR	16	ja	ja	ja	ja	nein	nein	ja	Amt für Umweltschutz
VD	Keine Daten erhalten								
VS	540	ja	ja	ja	teilweise	ja	nein	ja	
ZG	26	ja	ja	ja	teilweise	teilweise	nein	ja	Amt für Umweltschutz
ZH	3120	ja	ja	teilweise	ja	nein	nein	nein	AWEL / Abteilung Lufthygiene / Industrie & Gewerbe

<sup>1)</sup> Laut Aussage Lufthygieneamt gibt es im Kanton AI keine fossilen Anlagen >350 kW

*Tabelle 1 Übersicht über die Datensätze der Kantone, die in die Datenbank eingegangen sind.*



## 3 Substitutionspotential fossiler Feuerungen

Um das Substitutionspotential fossil betriebener Feuerungsanlagen zu bestimmen, wird der Anlagenpark der fossilen Grossfeuerungen >350 kW charakterisiert. Dazu wird die Datenbank unter verschiedenen Gesichtspunkten analysiert. Es werden diejenigen Anlagenkategorien bestimmt, die für eine Umstellung auf erneuerbare Energien geeignet erscheinen. Mit der Untersuchung kann gezeigt werden, in welchem Ausmass die erneuerbaren Energieträger in Zukunft bei der Substitution fossiler Energieträger rational eingesetzt werden können.

### 3.1 Vorgehen

Die Daten aus der vorliegenden Datenbank werden mit Excel analysiert und der Anlagenpark charakterisiert. In der Analyse werden das Leistungsspektrum, die Verteilung in den Kantonen, die Altersstruktur der Anlagen und die eingesetzten Brennstoffe untersucht.

Mit Hilfe dieses Überblicks sollen geeignete Kriterien erarbeitet werden, mit denen diejenigen Anlagen bzw. Anlagengruppen ausgewählt werden, für die eine Förderung von erneuerbaren Energieträger am meisten Erfolg versprechend erscheint.

### 3.2 Fossile Grossfeuerungen in der Schweiz

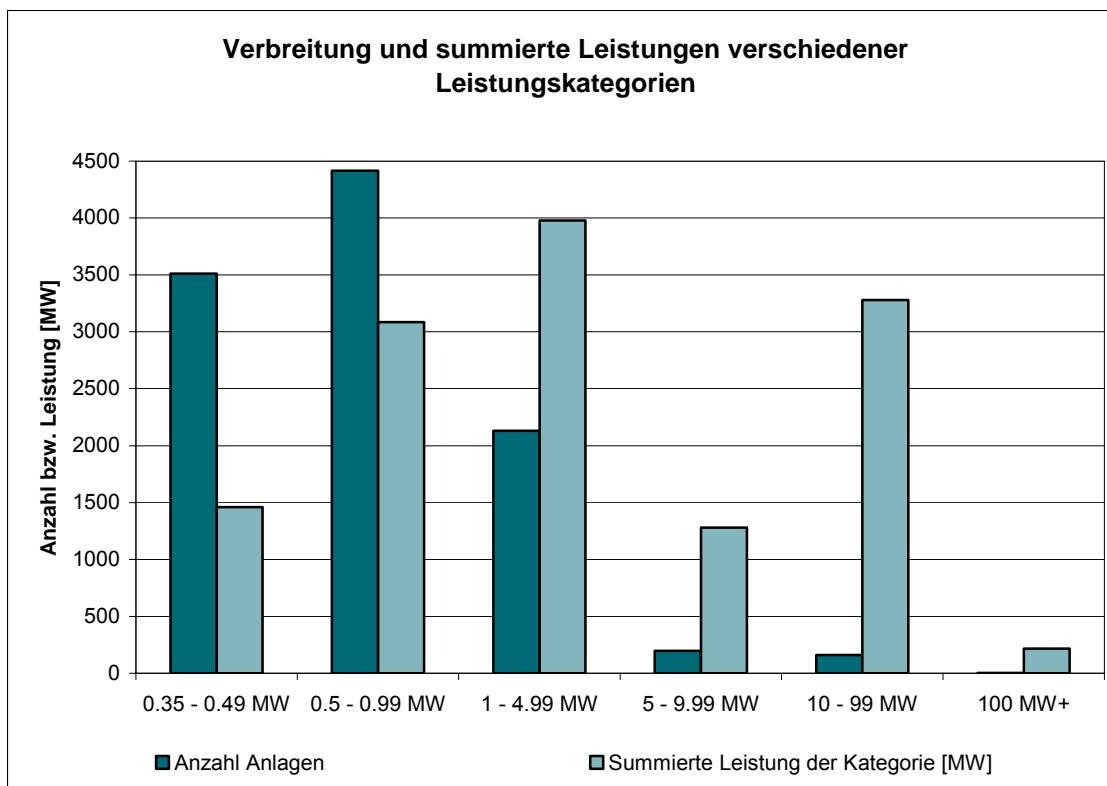
In den folgenden Analysen werden die Datensätze der Grossfeuerungen unter verschiedenen Gesichtspunkten untersucht. Alle Anlagen haben Leistungen ab 350 kW und werden fossil befeuert.

Da aus den erhaltenen Datensätzen nicht die Jahresbetriebstunden der Feuerungen ersichtlich sind, sind im Datensatz auch Notfeuerun-

gen in unbekannter Anzahl eingegangen. Aus diesem Grund kann das sich aus der Datenbank ergebende Bild etwas verfälscht sein.

### 3.2.1 Fokus Leistung

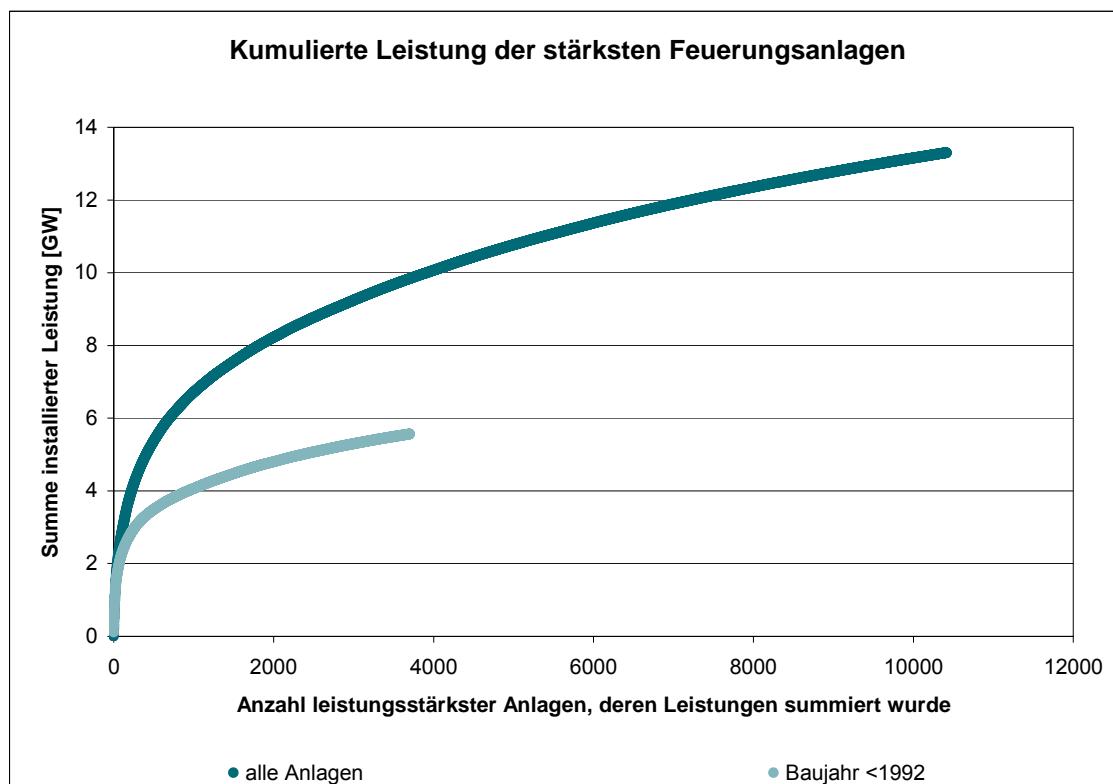
Die Summe der gesamten installierten Leistung der in die Datenbank eingegangenen Anlagen beläuft sich auf 13,3 Gigawatt. Das Spektrum der Anlagenleistungen erstreckt sich über knapp 3 Größenordnungen von 350 kW bis 113 MW.



Figur 1 Häufigkeit und installierte Leistung verschiedener Leistungskategorien im Schweizer Anlagenpark fossiler Feuerungen >350 kW (N = 10'415).

Aus Figur 1, in der die Anlagen nach ihren Leistungen klassifiziert sind, lässt sich entnehmen, dass die Leistungen der meisten Anlagen im unteren Bereich des Leistungsspektrums liegen. Anhand der summierten Leistungen der verschiedenen Kategorien ist wiederum ersichtlich, dass die grösseren Leistungskategorien teilweise einen wichtigen Anteil an der gesamten installierten Leistung des Schweizer

Anlagenparks haben. Die drei Kategorien ab 5 MW bis über 100 MW, in denen nur 3% der Anlagen liegen, machen 36% der installierten Leistung aus. Zusammen mit den Anlagen ab 1 MW sind in 24% der Anlagen 66% der Leistung installiert. Die Kategorien unter 1 MW, in denen 76% der Anlagen liegen, machen lediglich 34% der installierten Leistung aus.



Figur 2 Kumulierte Leistung der leistungsstärksten Anlagen aus dem Schweizer Anlagenpark fossiler Feuerungen >350 kW ( $N = 10'415$  resp. 3'702).

Für die Darstellung der kumulierten Leistung in Figur 2 wurden die Anlagen nach ihrer Feuerungsleistung geordnet und ausgehend von der leistungsstärksten Anlage die Feuerungsleistungen schrittweise aufsummiert (kumuliert). Es ist sowohl der gesamte Anlagenpark dargestellt, als auch die Auswahl derjenigen Anlagen, die älter als 15 Jahre sind<sup>1</sup>. In 9% der leistungsstärksten Anlagen (917 Stück) sind

<sup>1</sup> Gemäss Kapitel 5.5.2 (Hemmnisanalyse) liegt das Durchschnittsalter von Feuerungsanlagen, die ersetzt werden, bei 19 Jahren. Rechnet man 4 Jahre für allfällige Fördermassnahmen seitens der Kantone und des Bundes und für die

50% der gesamthaft installierten fossilen Leistung von 13,3 GW installiert. Bei der Auswahl von Anlagen, die älter als 15 Jahre sind, sind in 5% der leistungsstärksten Anlagen (203 Stück) 50% der fossilen Leistung von 5,6 GW installiert.

Mit der Betrachtung der Leistungskategorien und der kumulierten Leistung des Schweizer Anlagenparks lässt sich zeigen, dass mit der Umstellung relativ weniger Anlagen bereits eine bedeutsame Substitution fossiler Energieträger erreicht werden könnte.

### 3.2.2 Fokus Kantone

Da die Datensätze von den Kantonen zur Verfügung gestellt wurden und bei späteren Massnahmen die Datensätze nur durch die Kantone den Anlagen zugeordnet werden können, bietet sich ein Vergleich der Kantone bezüglich Anzahl und Leistung der Feuerungsanlagen an. Kantone mit vielen Anlagen und viel installierter Leistung können so ausgewählt werden.

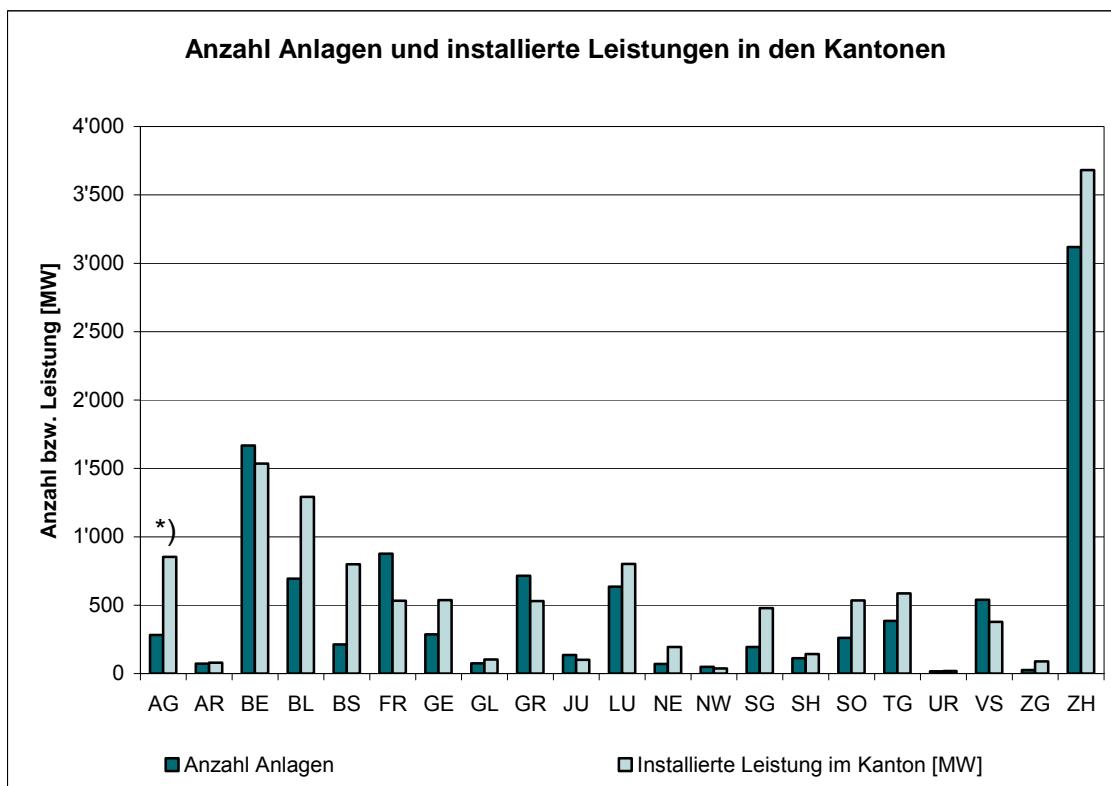
Es zeigen sich grosse Unterschiede in der Anzahl der in den Kanton installierten Anlagen (Figur 3). Im Kanton Zürich (inkl. Stadt Zürich) sind mit Abstand die meisten Anlagen installiert ( $N = 3'120$ ; 30%). Mit grossem Abstand folgen die anderen Kantone. Im Kanton Bern sind 1'668 Anlagen installiert (16%). Im unteren Drittel liegen die Kantone Freiburg, Graubünden, Basel-Land, Wallis und Luzern mit jeweils ca. 700 Anlagen (ca. 7%). In den anderen Kantonen sind jeweils weniger als 400 Anlagen installiert. Da vom Kanton AG kein vollständiger Datensatz vorliegt, ist davon auszugehen, dass in diesem Kanton deutlich mehr Leistung installiert ist.

Durch die grosse Zahl an Anlagen ist der Kanton Zürich auch bei der installierten Leistung Spitzensreiter mit 3,7 GW bzw. 28% der gesamten Leistung. Neben Bern gehört auch Basel-Land (und höchstwahrscheinlich Aargau) zu den Kantonen mit relativ viel installierter Feuerungsleistung um jeweils 1,5 GW (11%). Weniger installierte Leistung haben die Kantone Basel-Stadt, Freiburg, Genf, Graubünden, Luzern, Sankt Gallen, Solothurn und Thurgau mit jeweils zwischen 0,5 und 1

---

Planung der Anlage durch den Eigentümer ein, sind Anlagen mit einem Alter über 15 Jahren für allfällige Massnahmen besonders interessant.

GW (4 - 8%). Die anderen Kantone haben jeweils weniger als 200 MW installiert.

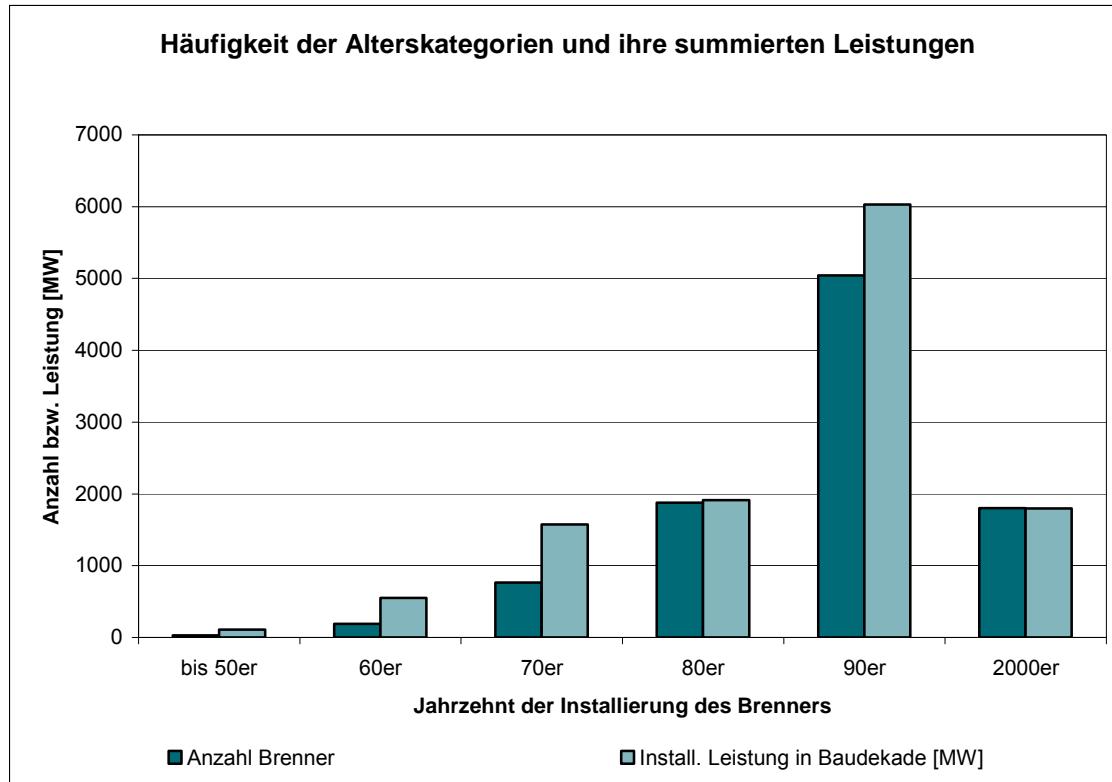


*Figur 3 Verteilung der fossilen Feuerungen >350 kW und ihrer summierten installierten Leistungen auf die Kantone (N = 10'433). Dargestellt sind nur diejenigen Kantone, von denen Datensätze vorliegen.*

### 3.2.3 Fokus Brenneralter

Figur 4 gibt die Häufigkeit verschiedener Alterskategorien der fossilen betriebenen Brenner wieder. Es ist ersichtlich, dass der Grossteil (70%) der Brenner zwischen 1990 und 2006 installiert worden ist. Da in den 1990er-Jahren die Luftreinhalteverordnung (LRV 2005) revidiert wurde, mussten in diesem Jahrzehnt viele Anlagen saniert bzw. neu erstellt werden, weswegen sich hier in der Graphik ein deutliches Maximum zeigt. Betrachtet man die Brenner, die älter als 15 Jahre

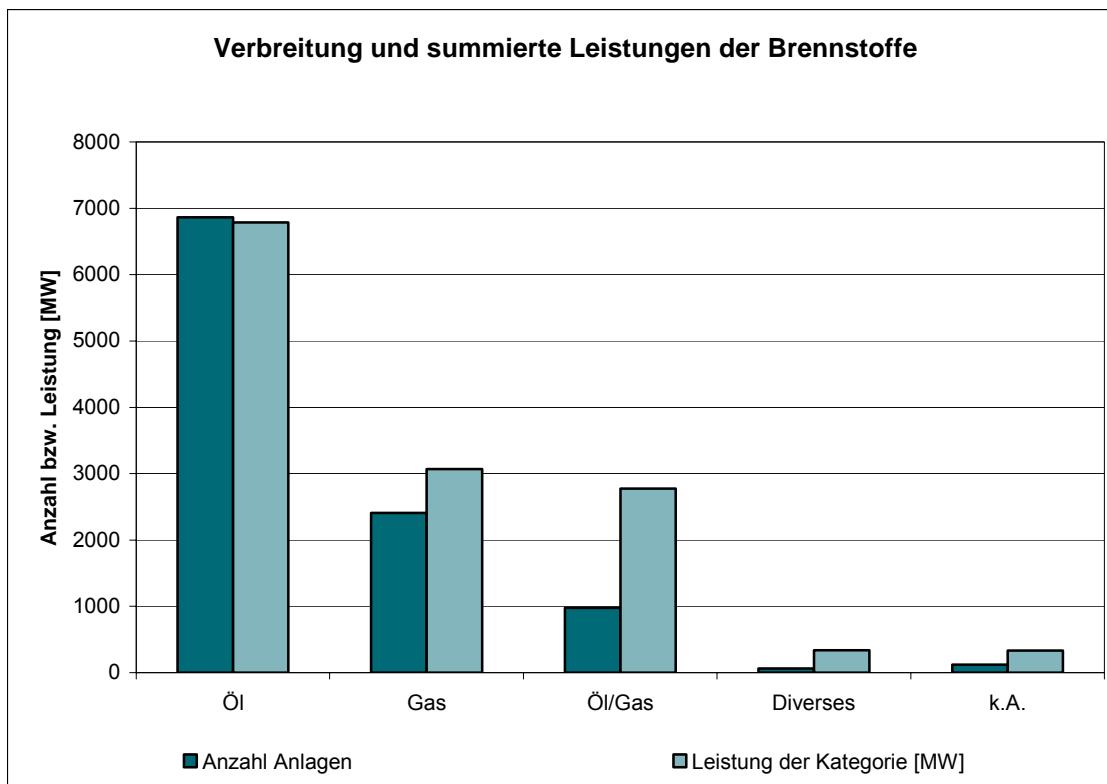
sind (wegen des Sanierungszyklus aus Kapitel 5.5.2), so ergibt sich, dass diese knapp 40% der gesamten Brenner >350 kW in der Schweiz ausmachen.



*Figur 4 Altersstruktur der fossil betriebenen Brenner mit Leistungen >350 kW in der Schweiz und die zugehörigen Leistungen der Kategorien (N = 9'705).*

### 3.2.4 Fokus Brennstoffe

Beim Vergleich der Häufigkeit, mit der die fossilen Brennstoffe eingesetzt werden (Figur 5), zeigt sich, dass Öl mit Abstand am meisten eingesetzt wird (66% der Anlagen). Gas wird lediglich in 23%, die Kombination von Öl und Gas in 9% der Anlagen eingesetzt. Unter der Kategorie „Diverses“ in Figur 5 sind Kombinationen von fossilen Brennstoffen mit anderen meist festen Brennstoffen aufgeführt. In der Kategorie „k.A.“ sind die Anlagen aufgeführt, über die keine Angaben zur Art der Befeuerung vorhanden sind.



Figur 5 Verwendung der verschiedenen Brennstoffe im Schweizer Anlagenpark fossiler Feuerungen >350 kW (N = 10'430). In der Kategorie „Diverses“ sind Kombinationen von fossilen mit anderen Brennstoffen enthalten. Bei Anlagen der Kategorie „k.A.“ (keine Angaben) ist der verwendete Brennstoff nicht bekannt.

Für die Anlagen, die mit Öl befeuert werden, kann es bei einer angestrebten Umstellung der Anlage auf einen anderen Energieträger relevant sein, ob die Anlage in einem Gasversorgungsgebiet steht und somit Gas einen konkurrenzierenden Brennstoff zu Holz oder zu einer Wärmepumpe darstellt. In Tabelle 2 ist die Anzahl und die summierte installierte Leistung derjenigen mit Öl befeuerten Anlagen aufgeführt, die *innerhalb* respektive *ausserhalb* von Gasversorgungsgebieten erstellt wurden. In diese Auflistung können nur diejenigen Anlagen eingehen, von denen die Standortgemeinde in der Datenbank aufgeführt ist. Da einige Kantone, wie z. B. Zürich, Informationen zu den Standortgemeinden der Anlagen nicht weitergegeben haben, konnten für die Auflistung in Tabelle 2 nicht alle Ölfeuerungen berücksichtigt werden.

Standort des Öl-brenners	Anzahl Brenner	Summe installierter Leistung
innerhalb Gas-versorgungsgebiet	3'999	4,4 GW
ausserhalb Gas-versorgungsgebiet	2'864	2,4 GW

*Tabelle 2 Anzahl und Leistung der Grossfeuerungen, die ausschliesslich mit Öl befeuert werden und innerhalb resp. ausserhalb von Gasversorgungsgebieten installiert sind (N = 6'863).*

### 3.3 Fazit zur Potentialanalyse

#### *Potential der installierten Leistung*

Mit 10'415 Feuerungsanlagen über 350 kW installierter Leistung und 13,3 GW summierte Leistung ist ein bedeutendes Potential vorhanden, mit dem sich durch geeignete Massnahmen ein vermehrter Einsatz erneuerbarer Energien erreichen lässt.

Vor dem Hintergrund, dass mit möglichst geringem Aufwand viel fossile Ressourcen gespart und CO<sub>2</sub>-Emissionen verringert werden sollen, bietet sich die Auswahl von grossen Leistungskategorien und relevanten Kantonen an.

#### *Analyse Leistung*

Aus der Analyse der Leistung lässt sich entnehmen, dass in den Leistungskategorien „1 - 4.99 MW“ und „10 – 99 MW“ relativ wenig Anlagen enthalten sind, aber wiederum viel installierte Leistung (Figur 1). Als Zielgruppe für effiziente Massnahmen bieten sich diese Leistungskategorien folglich an. Eine andere Herangehensweise lässt sich aus Figur 2 ableiten. Anhand der Form der Kurven in der Figur zeigt sich, dass mit wenigen der leistungsstärksten Anlagen sehr viel fossile Leistung substituiert werden könnte.

#### *Analyse Kantone*

Der wegen der grossen Zahl an Anlagen und der installierten Leistung mit Abstand bedeutendste Kanton, ist der Kanton Zürich (inklusive der Stadt Zürich, Figur 3). Zusammen mit Bern, Basel-Landschaft und Aargau sind in diesen vier Kantonen über 50% der installierten Leistung vorhanden, was diese in den Fokus für energiepolitische Massnahmen stellt.

Die Analyse des Brenneralters hat gezeigt, dass die alleinige Fokussierung auf sehr alte Anlagen (<= 80er Jahre) möglicherweise nicht sinnvoll ist, da diese Anlagen nur einen kleineren Anteil am Anlagenpark haben (Figur 4). Möglicherweise handelt es sich bei alten Anlagen um Spezialfälle, die nicht einem normalen Erneuerungsrhythmus unterliegen.

*Analyse Brenneralter*

Die Betrachtung der Brennstoffe zeigt, dass Heizöl der mit Abstand am meisten eingesetzte Brennstoff ist (Figur 5). Viel versprechend für Massnahmen sind diejenigen Öl-Feuerungen, die ausserhalb des Gasversorgungsgebiets liegen (Tabelle 2), da hier Erdgas als möglicher Konkurrent von Holz oder Wärmepumpen entfällt. Mit 2,4 GW installierter Leistung macht diese Auswahl an Öl-Feuerungen einen nicht unerheblichen Anteil an der gesamten Leistung des Anlagenparks aus.

*Analyse Brennstoff*

Mit der Analyse der Datenbank ist eine gute Charakterisierung des Anlagenparks vorhanden, mit der sich für Fördermassnahmen interessante Anlagen bestimmen lassen. Eine Detailauswertung der Datenbank erlaubt, die wichtigsten Zielgruppen in den einzelnen Kantonen zu eruieren.

*Gute Charakterisierung des Anlagenparks*



## 4 Wirtschaftlichkeit von Holzfeuerungen und Wärmepumpen

Für die Erarbeitung von Massnahmen, die die Umstellung fossiler auf erneuerbar betriebene Feuerungen fördern sollen, ist neben Kenntnis des fossilen Anlagenparks auch das wirtschaftliche Potential von erneuerbaren Energieträgern relevant. Dazu wird in dem vorliegenden Kapitel die aktuelle und die prognostizierte Wirtschaftlichkeit von Holzfeuerungen und Wärmepumpen untersucht und mit der Wirtschaftlichkeit von Öl- und Gasfeuerungen verglichen.

In der vorliegenden Studie werden keine neuen Erhebungen durchgeführt sondern in erster Linie die Ergebnisse der neuesten Untersuchungen dargelegt.

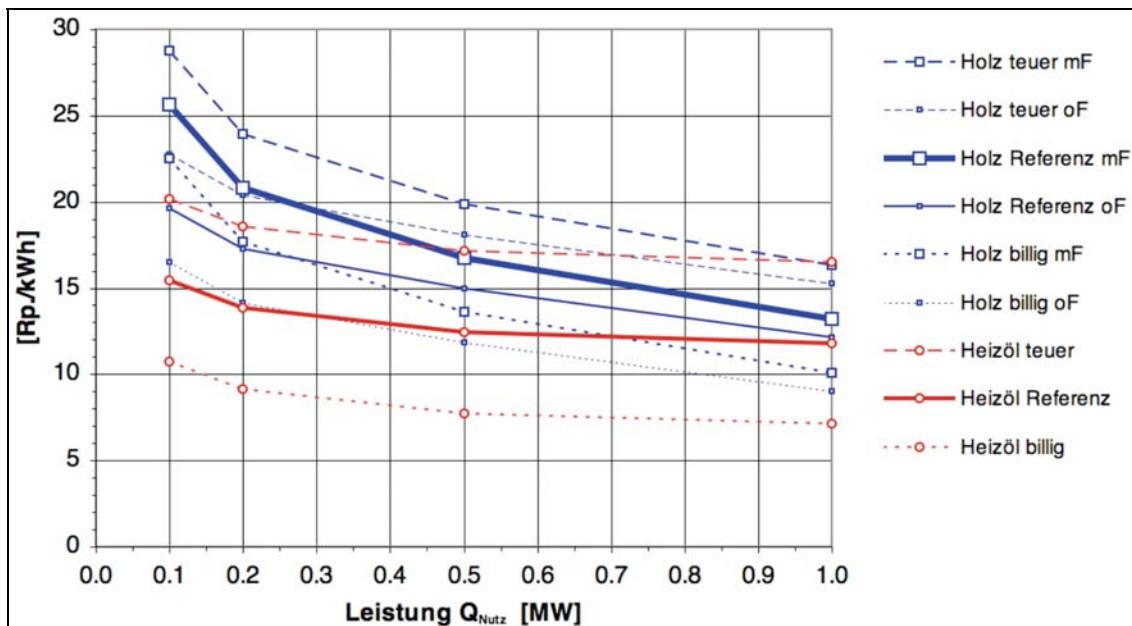
### 4.1 Holzfeuerungen

Aussagen zur Wirtschaftlichkeit von Holzfeuerungen sind gemäss Holzenergie Schweiz (2006) nur schwierig zu verallgemeinern, da selbst Holzfeuerungen in gleichen Leistungsklassen in der Regel sehr unterschiedliche Rentabilitäten haben. Diese sind stark abhängig von Rahmenbedingungen wie dem Holzpreis, baulichen Anpassungen bei der Erstellung der Anlage und der Betriebsführung. Holzenergie Schweiz liegen keine neueren systematisch erfassten und aufbereiteten Daten zur Wirtschaftlichkeit von grösseren Holzfeuerungen vor.

Verallgemeinerung von Aussagen schwierig

Eine Studie zur Wirtschaftlichkeit von Biomasse-Energieanlagen, die zur Zeit für das BFE erstellt wird (BFE 2006, unveröffentlicht), erachten wir als die für diese Arbeit wichtigste Quelle. Sie nennt als bedeutendste Grössen, die die Wirtschaftlichkeit von Anlagen zur Wärmeerzeugung beeinflussenden, den Endenergiepreis, die Betriebsstundenanzahl (Jahresstunden), die Kalkulationsdauer und den Kalkulationszinssatz. Laut der Studie haben Holzfeuerungen deutlich höhere Investitions- und Betriebsnebenkosten, weswegen Skaleneffekte durch die installierte Leistung relevant sind (stärkere Kostendegradation in Abhängigkeit der Leistung).

Wichtigste Einflussgrössen



Figur 6 Vergleich der Wärmegestehungskosten für Holzfeuerungen und Ölfeuerungen verschiedener Leistungen für einen Betrieb von 2000 h/a (oF = ohne Feinstaubabscheidung; mF = mit Abscheidung), Zugrunde gelegte Preise für Energieträger: Holz (teuer, Referenz, billig): 7,5 / 5 / 2,5 Rp./kWh, Öl (teuer, Referenz, billig): 12 / 8 / 4 Rp./kWh (Quelle: BFE 2006, noch unveröffentlicht).

#### Aufbau Studie

Figur 6 gibt den Vergleich der Wärmegestehungskosten von Holzfeuerungen und Ölfeuerungen bei verschiedenen Leistungen für eine Betriebsdauer von 2000 h/a wieder (entnommen aus BFE 2006). Als Referenzfälle werden typische Endenergiepreise vom Frühjahr 2006 genommen (Holz: 5 Rp./kWh, Öl: 8 Rp./kWh) und bei Holzfeuerungen eine Feinstaubabscheidung berücksichtigt<sup>2</sup>. Für den Vergleich wurden verschiedene hohe Preisniveaus für beide Energieträger und Fälle mit und ohne Feinstaubabscheidung bei Holzfeuerungen berücksichtigt. Für die Holzfeuerung ist nur die Wärmeerzeugung, jedoch nicht die Wärmeverteilung einbezogen worden. Den für die Verteilung zuzurechnenden Kosten von 2,5 bis 5 Rp./kWh für zentrale Holzfeuerungen stehen jedoch grössere spezifische Kosten für viele dezentrale Feuerungen gegenüber, die bei der Verwendung von Heizöl zu

<sup>2</sup> Laut dem Positionspapier Feinstaub (BAFU 2006) müssen Anlagen über 1 MW voraussichtlich ab Mitte 2007 Feinstaubabscheidungen haben. Bis 2015 sollen die Anlagen mit Leistungen ab 70 kW folgen.

berücksichtigen wären. Der Autor der Studie weist in diesem Zusammenhang darauf hin, dass ein exakter Vergleich zwischen Holz und Öl für den konkreten Anwendungsfall durchzuführen ist.

Aus Figur 6 lässt sich entnehmen, dass die Wärmegestehungskosten je nach Rahmenbedingungen erheblich variieren. Der Vergleich der Referenzfälle zeigt, dass die Wärmegestehungskosten bei Holzfeuerungen im betrachteten Leistungsbereich aktuell über denen von Ölfeuerungen liegen. Für 1 MW-Anlagen liegen die Kosten der Holzfeuerungen noch 12% über denen der Ölfeuerungen. Falls beim Referenzfall Holz eine Anlage ohne Feinstaubabscheidung gewählt wird treffen sich die Kosten bei etwa 12 Rp./kWh für 1 MW-Anlagen (Holz 3% teurer).

*Ergebnisse Studie*

In einer weiteren Studie, die im Rahmen des EWG bereits erstellt wurde (BFE 2004c), prognostizieren die Autoren für den Vergleich der Wärmegestehungskosten von Nahwärmeversorgungssystemen mit 500-kW-Anlagen, dass sich Holzschnitzelfeuerungen und fossile Feuerungen etwa im Jahr 2020 bei Kosten von 13 Rp./kWh treffen werden. Für das Jahr 2005 nennt die Studie Wärmegestehungskosten von ca. 14 Rp./kWh (Holz) und 10 Rp./kWh (fossil), was nah beim Referenzwert für Holz ohne Feinstaubfilter und zwischen Referenz und billigem Endenergiepreis für Öl in der zuerst zitierten Arbeit (BFE 2006, unveröffentlicht) liegt. Die Arbeiten kommen folglich zu ähnlichen Ergebnissen beim Vergleich der Wärmegestehungskosten von Öl- und Holzfeuerungen.

Ähnliche Aussagen durch weitere Studie

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Wärmegestehungskosten von Holz- und Ölfeuerungen bei den heutigen hohen fossilen Energiepreisen relativ nahe beieinander liegen. Bei Energiepreisen von 5 Rp./kWh für Holz und 8 Rp./kWh für Öl werden Feuerungsanlagen bis 1 MW heute mit Öl wirtschaftlicher betrieben. Bei einem höheren Ölpreis können Holzfeuerungen bereits für Wärmeleistungen von einigen 100 kW wirtschaftlicher als Ölfeuerungen sein.

Es bestehen keine systematischen Untersuchungen zu Wärmegestehungskosten für Anlagen über 1 MW in der Schweiz.

## 4.2 Wärmepumpen

*Verallgemeinerung von Aussagen schwierig*

Zur Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen mit einer Wärmeleistung über 350 kW bestehen nur wenige fundierte Untersuchungen. Dass es keine grössere Anzahl an Studien gibt, liegt offenbar einerseits an der relativ geringen Zahl installierter Anlagen in diesem Grössenbereich, andererseits variieren die Wärmegestehungskosten stark mit der Art der Niedertemperaturwärmequelle und damit den Kosten, um diese nutzbar zu machen. Eine Variierung der Gestehungskosten kann auch durch regionale Schwankungen der Elektrizitätspreise entstehen. Aus diesen Gründen sind Aussagen zu den Wärmegestehungskosten schwierig zu verallgemeinern.

*Aufbau Studie*

In einer Studie von Roth et al. (2000) für das Bundesamt für Energie, wurde eine Umfrage unter Herstellern, Betreibern, Elektrizitätswerken und kantonalen Ämtern zu Grosswärmepumpenanlagen durchgeführt. Mit den erhaltenen Angaben, die eine starke Streuung aufweisen, wurde eine Durchschnittsanlage modelliert und die Sensitivität der Wärmegestehungskosten dieser Anlage für verschiedene Parameter ermittelt.

*Ergebnisse Studie*

Die Ergebnisse der Studie von Roth et al. für die Wärmegestehungskosten von Wasser/Wasser-Wärmepumpen und von Öl- und Gasheizungen für 500 kW- und 1 MW-Anwendungen können nicht direkt mit den Ergebnissen aus dem vorigen Kapitel verglichen werden, da möglicherweise andere Abgrenzungen verwendet wurden.

Bei einer 500 kW-Anlage ist die Befeuerung mit Öl oder Gas mit 5,7 respektive 6,7 Rp./kWh wirtschaftlicher als die Wärmepumpe mit 7,2 Rp./kWh. Bei einer 1 MW-Anlage kann die Wasser/Wasser-Wärmepumpe (6,7 Rp./kWh) mit Gas (6,5 Rp./kWh) konkurrieren, die Ölheizung (5,3 Rp./kWh) ist weiterhin die wirtschaftlichere Lösung. Da die Studie von Roth et al. im Jahr 2000 erstellt wurde, lassen sich die Ergebnisse nicht ohne weiteres auf die gegenwärtige Situation übertragen.

*Geringe Skaleneffekte*

Skaleneffekte haben bei Wärmepumpen keinen starken Einfluss auf die Gestehungskosten. Dies hat seine Ursache in dem unelastischen Preisgefüge bei der Erschliessung der Wärmequelle: bei zunehmender installierter Leistung zeigen sich wenig Kostenreduktionen pro weiterem kW<sub>th</sub> der Quelle.

Die Studie von Roth et al. (2000) kommt für den Vergleich der Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen und fossilen Feuerungen zum Schluss, dass im nur dann Wärmepumpenheizungen eingesetzt werden, wenn „entweder die ökonomischen Kriterien nicht die alleinige Priorität geniessen, oder aber (...) die Voraussetzungen gegenüber den hier getroffenen Annahmen zu Gunsten der Wärmepumpen abweichen“.

*Gründe für Wahl einer Wärmepumpe*

Aktuellere Quellen zur Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen kommen zu ähnlichen Ergebnissen: Laut Aussage der Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ 2006), die grosse Wärmepumpen bis 1 MW Leistung als Contractor erstellen, können die Wärmegestehungskosten von Wärmepumpen um einen Faktor 10 variieren. Der Wärmepreis pro kWh kann laut EKZ zwischen 3 und 27 Rappen liegen. Für den Wärmepreis sind besonders die Wärmesonden als Kostenfaktor relevant. Hier ist es entscheidend, ob diese in grosser Zahl aufwändig verlegt werden müssen, oder ob eine Wärmequelle zur Verfügung steht, die auf einfache Weise genutzt werden kann. Die Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen kann durch die zusätzliche Erzeugung von Kälte im Sommer erheblich verbessert werden.

## 4.3 Fazit zur Wirtschaftlichkeit

Die Untersuchung der Wirtschaftlichkeit von Holzfeuerungen und von Wärmepumpen für Leistungen ab 350 kW hat gezeigt, dass generelle Aussagen schwierig zu machen sind, was insbesondere für die Wärmepumpen zutrifft. Unabhängig vom Energiesystem sollte die Abschätzung der Wärmegestehungskosten für einen möglichen Anlagenstandort individuell durchgeführt werden.

*Standortspezifische Wärmegestehungskosten*

Bei Holzfeuerungen mit Feinstaubabscheidung liegen die Wärmegestehungskosten für typische Energiepreise vom Frühjahr 2006 (Holz: 5 Rp./kWh, Öl: 8 Rp./kWh) für Anlagen bis 1 MW über denen von Ölfeuerungen. Dies liegt an den im Vergleich zu fossilen Feuerungen höheren Investitions- und Betriebsnebenkosten von Holzfeuerungen. Bei steigender Leistung nähern sich die Wärmegestehungskosten für die Energiepreise vom Frühjahr 2006 jedoch an und treffen sich in etwa bei 12 Rp./kWh für Leistungen von 1 MW. Falls mit einem tiefen Holzpreis gerechnet werden kann (z.B. bei der Verwertung von Rest-

*Holzfeuerungen*

holz) oder mit höheren Ölpreisen, können Holzanlagen auch schon bei kleineren Leistungen wirtschaftlicher als Ölfeuerungen sein. Für hohe Ölpreise um 12 Rp./kWh können Holzfeuerungen ab 500 kW bei einem Holzpreis von 5 Rp./kWh wirtschaftlicher sein (Anlage mit Feinstaubabscheidung).

**Wärmepumpen**

Wärmepumpen können laut der zitierten Studie (Roth et al. 2000) ab einer Anlagengröße von 1 MW<sub>th</sub> wirtschaftlicher als fossile Feuerungen sein. Mit den heutigen Preisen für fossile Energieträger ist davon auszugehen, dass die Studie heute zu vorteilhafteren Ergebnissen für Wärmepumpen käme. Anlagenbetreiber geben an, dass die Wärmegestehungskosten bei Wärmepumpen mit 3 - 27 Rp./kWh ca. um den Faktor 10 variieren können, was generelle Aussagen zur Wirtschaftlichkeit problematisch macht (EKZ 2006).

**Vergleichbarkeit der Studien**

Aufgrund unterschiedlicher Annahmen in den zitierten Studien zur Wirtschaftlichkeit von Holzfeuerungen und Wärmepumpen können die jeweiligen Wärmegestehungskosten nicht direkt miteinander verglichen werden.

## 5 Hemmnisanalyse

Im Zentrum der folgenden Analyse stehen die Hemmnisse, die Eigentümer fossiler Grossfeuerungen davon abhalten, bei einer Sanierung der Anlage auf erneuerbare Energien umzusteigen bzw. diese ergänzend einzusetzen. Die wirtschaftlichen Unterschiede, als eines der Hemmnisse für die Wahl des Energieträgers, wurden im Kapitel 4 dargelegt. In der vorliegenden Analyse werden die möglichen Hemmnisse im ganzen Planungs- und Entscheidungsablauf ermittelt.

*Ziel der Hemmnisanalyse*

### 5.1 Vorgehen

Im Rahmen der Hemmnisanalyse werden circa 20 Eigentümer von Anlagen durch **e c o n c e p t** /Planair detailliert telefonisch befragt. Der Leitfaden des telefonischen Interviews basiert auf einem Entscheidungsbaum, mit dem die relevanten Abläufe und Fragestellungen während der Planung und Ausführung der Anlage postuliert wurden.

*Stichprobe; Befragungsleitfaden*

Für die Auswahl von interessanten Anlagen wird die Datenbank verwendet. Im Zentrum der Auswahl standen Anlagen, die in den letzten Jahren erneuert wurden.

*Verwendung Datenbank*

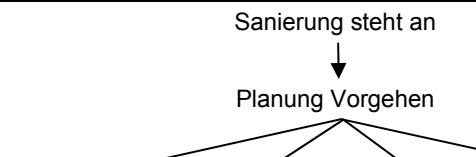
Basierend auf dieser von **e c o n c e p t**/Planair getroffenen Auswahl werden die ausgewählten EigentümerInnen von den kantonalen Stellen angeschrieben und um Mitarbeit gebeten. Die Mitteilung zur Bereitschaft geht von den EigentümerInnen direkt an **e c o n c e p t**/Planair. Anschliessend können die Auftragnehmenden mit den EigentümerInnen die telefonischen Interviews führen.

*Vorgehen Datenerhebung*

Zusätzlich werden in der Westschweiz einige Anlageneigentümer direkt angefragt.

## 5.2 Analyse der Planungs- und Entscheidungsabläufe

<i>Schema Projektphasen</i>	Zur Analyse der Abläufe, die bei einer Sanierung oder dem Ersatz einer Feuerung anstehen, wird ein Schema mit möglichen Vorgehensweisen erstellt (Figur 7). Dazu werden gemäss SIA Leistungsmodell (SIA 112, 2001) die Projektphasen bei einer Anlagenerstellung oder –sanierung identifiziert. Für den genaueren Projektlauf werden vier verschiedene Vorgehensweisen postuliert:
<i>Variante „Installateur“</i>	Bei der Variante „Installateur“ soll die alte Anlage ersetzt werden, ohne dass Alternativen in Erwägung gezogen werden. (Beispiel: Die Öl-Feuerung ist defekt, der Eigentümer richtet eine Anfrage an den Installateur für den Ersatz)
<i>Variante „Planungsbüro“</i>	Anders bei der Variante „Planungsbüro“ – hier werden von externer Stelle (dem Planungsbüro) Alternativen verglichen und dem Anlagen-eigentümer/ der –eigentümerin ein Energiesystem empfohlen. (Beispiel: Die Eigentümerin nennt dem Planungsbüro die Anforderungen, die die Anlage erfüllen muss und das Planungsbüro schlägt verschiedene Varianten vor)
<i>Variante „Eigeninitiative“</i>	Auch bei der Variante „Eigeninitiative“ werden durch den Eigentümer bzw. die Eigentümerin selbst Alternativen verglichen. Dies setzt jedoch eine gewisse Professionalität des Eigentümers voraus, wie sie bei grösseren Unternehmen gegeben ist.
<i>Variante „Energie-Contractor“</i>	Bei der Variante „Energie-Contractor“ werden ein oder mehrere Energie-Contractoren für eine Offertstellung zur Wärmeversorgung des Gebäudes eingeladen. Basierend auf diesen Offerten fällt die Wahl auf ein bestimmtes Energiesystem.
<i>Fragestellungen</i>	Aus den jeweiligen Phasen des Projekts ergeben sich für die Hemmnisanalyse wesentlichen Fragestellungen, die in den Fragenkatalog für die telefonische Befragung eingehen und dort weiter verfeinert werden (Kapitel 5.3).

Projekt-phasen	Projektablauf				Frage-stellungen
	Sanierung steht an 				
Strategische Planung	Installateur	Planungs-büro	Eigen-initiative	Energie-Contractor	Gründe? Möglichkeiten bekannt? Warum so entschieden?
Vorstudien	Kontaktieren von Installateuren	Auswahl von Planungs-büro	Auswahl von Anlagenbauern	Auswahl mehrerer Energie-Contractors	
Auswahlverfahren	Offerte für Ersatzanlage	Vorschlag für Energiesystem	Offerten für Anlagen	Offerten für Versorgungsmodell	Varianten mit EE geprüft? (Pro/Contra)
Projektierung	Auftrag	Entscheid für Energiesystem	Entscheid für Energiesystem	Entscheid für Anbieter & Energiesystem	Was war ausschlaggebend?
Realisierung	Anlagenbau	Anlagenbau	Anlagenbau	Anlagenbau	
Bewirtschaftung	Inbetriebnahme und Betrieb	Inbetriebnahme und Betrieb	Inbetriebnahme und Betrieb	Inbetriebnahme und Betrieb	mit Betrieb zufrieden?

Figur 7 *Entscheidungsbaum als Schema des Projektablaufs bei Sanierungen von grossen Feuerungen mit für die Hemmnisanalyse wesentlichen Fragestellungen.*

Das Schema des Projektablaufs wird anhand der Resultate der telefonischen Befragung bei Bedarf modifiziert. Als Ergebnis sollen die häufigsten Planungs- und Entscheidungsabläufe ersichtlich sein, um geeignete Ansatzpunkte und Zeitpunkte für ein viel versprechendes Marketing von erneuerbaren Energieträgern zu erkennen.

### 5.3 Gesprächsleitfaden

Der Gesprächsleitfaden ist für die telefonische Befragung der ausgewählten Anlageneigentümer konzipiert. Er soll die technisch-logistischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Aspekte offen legen, die

eine Entscheidung für oder gegen Holzfeuerungen und Wärmepumpen beeinflussen und soll eine Grundlage liefern, mit der wirksame Förderungskonzepte für erneuerbare Energien entwickelt werden können.

Mit dem Gesprächsleitfaden werden die Fragestellungen aus dem Projektschema (Figur 7) verfeinert. Zusätzlich sollen Fragen zur Relevanz von Entscheidungskriterien und zum Einfluss von Beratern/Marktmittlern beantwortet werden.

Der für die Befragung verwendete Gesprächsleitfaden ist im Anhang aufgeführt.

## 5.4 Stichprobe: Eigenschaften und Auswahlkriterien

### *Heterogene Stichprobe*

Die Hemmnisanalyse soll einen Überblick über verschiedene Planungssituationen in der Schweiz liefern, weswegen für die Untersuchung ein weiter Fokus mit einer heterogenen Stichprobe gewählt wird.

### *Auswahlkriterien*

Mit der telefonischen Befragung sollen circa 20 Anlageneigentümer interviewt werden, die ihre Anlage nach 2001 saniert oder gesamthaft neu erstellt haben (Zeithorizont 5 Jahre). Dabei werden sowohl Anlagen ausgesucht, die mit erneuerbaren Energieträgern betrieben werden, als auch solche, die fossil betrieben werden. Bei den sanierten Anlagen werden sowohl solche ausgewählt, die auf erneuerbare Energien umgestellt wurden, als auch solche, die bei fossiler Befeuung belassen wurden.

### *Einbezug erneuerbare Energien*

Anlagen, die mit erneuerbaren Energien betrieben werden, sind in der vorliegenden Datenbank nicht enthalten. Da einige Kantone jedoch Datensätze zu Verfügung gestellt haben, die auch erneuerbare Energieträger enthalten, können aus diesen Datensätzen entsprechende Anlagen ausgewählt werden.

### *Fokus Heizwärme*

Es soll das Leistungsspektrum von 350 kW bis 5 MW abgedeckt werden, da in diesen Leistungskategorien viele Anlagen vorhanden sind, die Heizwärme generieren. Anlagen, die Heizwärme generieren,

sind für eine Umstellung auf erneuerbare Energien (Holz/Wärmepumpe) besonders geeignet und sind aus diesem Grund für spätere Massnahmen besonders interessant.

Für die Befragung wurden 58 Anlagen aus den Kantonen AG, TG, BL, ZH, NE und JU ausgewählt (Übersicht Tabelle 3).

Kanton	Brennstoff	Anzahl Anlagen	min. FWL	max. FWL	FWL Ø
AG	Öl/Gas	27	370	1347	709
TG	Öl/Gas	16	377	2980	772
BL	Holz	9	350	8600	1436
ZH	Holz	6	350	1500	600
NE <sup>1)</sup>	Öl/Gas/Holz	3	338	6000	2319
JU <sup>1)</sup>	Öl/Gas	2	330	500	415
<b>Gesamt</b>		<b>58</b>			

1) Direkte Befragung bekannter Eigentümer

*Tabelle 3 Übersicht über die Stichprobe, die im Rahmen der Hemmnisanalyse befragt wird.*

## 5.5 Ergebnisse der Befragung

Im Folgenden wird ein Überblick über die für die Hemmnisanalyse verwendeten Feuerungsanlagen gegeben und der Datensatz analysiert.

### 5.5.1 Übersicht Datensatz

Der Rücklauf von Zusagen für eine Teilnahme an der telefonischen Befragung liegt mit durchschnittlich 24% im erwarteten Bereich für eine Befragung dieser Art (Tabelle 4). Auffallend hoch ist der Rücklauf im Kanton BL. Hier (wie auch in ZH) wurden nur Eigentümer von Holzfeuerungen angeschrieben.

Zusätzlich wurden noch 5 Anlageneigentümer in der Westschweiz befragt. Davon 3 Eigentümer im Kanton NE (fossile Anlagen und kombiniert fossil + Holz) und 2 im Kanton JU (fossile Anlagen).

Im Gesamten liegen so 19 Datensätze vor, die analysiert werden können.

Kanton	Stichpro- bengrösse	Rücklauf		
		gesamt	Zusage	Absage
AG	27	8 (30%)	5 (19%)	3
TG	16	4 (25%)	3 (19%)	1
BL	9	6 (67%)	5 (56%)	1
ZH	6	2 (33%)	1 (17%)	1
Gesamt	58	20 (34%)	14 (24%)	6
<b>Anlagenart</b>				
Öl/Gas	43	12 (28%)	8 (19%)	4
Holz	15	8 (53%)	6 (40%)	2

*Tabelle 4 Rücklauf aus der angeschriebenen Stichprobe nach Kanton und Anlagenart.*

Die fossilen Feuerungen im Datensatz haben im Vergleich zu den Holzfeuerungen und zu den Feuerungen, die mit Öl/Gas und Holz betrieben werden, eher eine kleine Leistung (Tabelle 5). Mit Ausnahme der Feuerung mit 6 MW verteilen sich die Anlagen gleichmässig über die drei kleinsten Leistungskategorien von 350 kW bis 4,99 MW (Figur 1, Seite 22).

Anlagenart	Anzahl	Leistung (FWL)			
		kleinste	grösste	Mittelwert	Median
Öl/Gas	9	330	1550	718	500
Holz	7	350	4500	1071	400
Fossil+Holz	2	1000	6000	3500	-
Wärmepumpe	1	450	-	-	-
Gesamt	19			1127	500

*Tabelle 5 Anzahl, Art und Leistungsverteilung der Anlagen, die in den Datensatz der Hemmnisanalyse eingegangen sind.*

In den folgenden Tabellen wird die Wärmepumpe zu den Holzfeuerungen in die Kategorie „Erneuerbar“ miteinbezogen.

Aus Tabelle 6 lässt sich entnehmen, welche Eigentümer befragt wurden. Mit 10 von 19 Befragten ist die Öffentliche Hand stark repräsentiert. Entsprechend wird beim Verwendungszweck die generierte Wärme häufig für Dienstleistungs-, Verwaltungsgebäude und Schulen verwendet. Die Übervertretung der öffentlichen Hand resultiert aus der grösseren Bereitschaft der EigentümerInnen an der Erhebung mitzuwirken.

Eigentümer	Anzahl Nennungen nach Energiequelle der bestehenden Anlage			Nennungen gesamt (N = 19)
	Fossil (N = 9)	Erneuer- bar (N = 8)	Erneuerbar & Fossil (N = 2)	
Öffentliche Hand	4	5	1	10
Gewerbe /Industrie	3	2	0	5
Contractor	1	1	1	3
Hausgemeinschaft	1	0	0	1
<b>Verwendungszweck Wärme<sup>1)</sup></b>				
Dienstleistungs-/Verwaltungsgebäude /Schule	6	5	2	13
Wohngebäude	4	2	1	6
Industrie	2	2	0	4

1) Mehrfachnennungen möglich

*Tabelle 6 Eigentümer der Anlagen und Verwendungszweck der Wärme nach Art des Energieträgers.*

Entsprechend der Auswahlkriterien für die Stichprobe wird in 18 Anlagen Heizwärme erzeugt, wobei in drei Anlagen zusätzlich auch Prozesswärme erzeugt wird. In einer Anlage (Öl, 480 kW) wird ausschliesslich Prozesswärme erzeugt.

### 5.5.2 Gründe für Erneuerung der Feuerungsanlage

Die wichtigsten Gründe für die Erneuerung einer Anlage sind technische und rechtliche Gründe. Als technischer Grund für einen Ersatz der ehemaligen Anlage wurde meist ein Defekt oder generell das fortgeschrittene Alter des Kessels oder des Brenners genannt (Tabelle 7), welches im Durchschnitt bei 19 Jahren liegt (Median 18 Jahre, jüngster 7 Jahre, ältester 36 Jahre).

Als rechtliche Gründe, weswegen eine Anlage erneuert werden musste, wurden oft überschrittene Grenzwerte der LRV aufgeführt.

„Welche Gründe gab es für die Sanierung der Anlage?“ <sup>1)</sup>	Anzahl Nennungen (N = 19)
Technische Gründe	13
Wirtschaftliche Gründe	1
Rechtliche Gründe	5
Keine Sanierung: zusätzlicher Neubau	2
Keine Angaben	1

1) Mehrfachnennungen möglich

*Tabelle 7 Gründe für Erneuerung der Feuerungsanlage.*

### 5.5.3 Vorgehen bei Erneuerung der Feuerungsanlage

Bei der Erneuerung der Feuerungsanlage haben sich die meisten Befragten (N = 13) von einem Ingenieurbüro beraten lassen (Tabelle 8). Von den 8 Befragten, die eigene Abklärungen machten, haben sich 3 Befragte ausschliesslich selbstständig informiert. Diese 3 Befragten waren Elektrizitätswerke und Gemeindestellen, die über interne Fachspezialisten verfügen.

„Wie sind Sie vorgegangen bei der Realisierung der heutigen Anlage?“ <sup>1)</sup>	Anzahl Nennungen nach Energiequelle der bestehenden Anlage			Nennungen gesamt (N = 19)
	Fossil (N = 9)	Erneuerbar (N = 8)	Erneuerbar & Fossil (N = 2)	
Eigene Spezialisten /Abklärungen	2	4	2	8
Beratung durch Ingenieurbüro	5	6	2	13
Anfrage an Installateur	3	0	0	3
Einbezug Energie-Contractor	0	0	0	0
Keine Angaben	0	0	0	0

1) Mehrfachnennungen möglich

*Tabelle 8 Vorgehen bei Erneuerung der Feuerungsanlage nach Art des Energieträgers.*

Bei den Eigentümern von erneuerbar betriebenen Anlagen ist der Anteil, der sich selbst informiert hat mit 50% hoch.

Die Häufigkeit, mit der ein Ingenieurbüro oder ein Installateur für die Planung der Anlage beauftragt wurden, korreliert gut mit Ergebnissen einer Studie von Balthasar (1993). Dort wurden Eigentümer von fossilen Anlagen mit Leistungen über 300 kW befragt. In 56% der Fälle wurde ein Ingenieurbüro und in 26% der Fälle ein Installateur mit der Planung beauftragt. Im Vergleich dazu haben die Eigentümer fossiler Anlagen in 55% der Fälle ein Ingenieurbüro und in 33% einen Installateur beauftragt.

#### 5.5.4 Vorgehen bei Auswahl des Energieträgers

Etwa die Hälfte der Befragten gibt an, in Vorstudien mehrere Alternativen verglichen zu haben (Tabelle 9). Fossile Energieträger zu wählen, wurde generell oft in Erwägung gezogen. Falls im Planungsprozess keine Alternativen verglichen wurden, wurde sich in vorangehenden Phasen schon grundsätzlich für den gewählten Energieträger entschieden, was besonders oft bei den erneuerbaren Energieträgern der Fall ist.

„Haben Sie Alternativen zum gewählten Energieträger geprüft oder prüfen lassen?“	Anzahl Nennungen nach Energiequelle der bestehenden Anlage			Nennungen gesamt (N = 19)
	Fossil (N = 9)	Erneuerbar (N = 8)	Erneuerbar & Fossil (N = 2)	
„Ja“	5	4	0	9
„Nein“	4	4	2	10
<b>Antwort „Ja“: Welche Alternativen<sup>1)</sup></b>				
Fossil betriebene Alternativen	9	4	-	13
Erneuerbar betriebene Alternativen	4	1	-	5
<b>Antwort „Nein“: Welche Gründe<sup>1)</sup></b>				
Grundsatzentscheid für ausgewählten Energieträger bereits gefällt	2	4	2	8
Platzprobleme bei Alternativen	1	0	0	1
Keine Angaben	1	0	0	1

1) Mehrfachnennungen möglich

**Tabelle 9 Vorgehen bei der Auswahl des Energieträgers nach Art des aktuellen Energieträgers.**

Bezüglich der Gründe für das Verwerfen von Alternativen lässt sich aus Tabelle 10 entnehmen, dass hier technische, wirtschaftliche und politische Gründe im gleichen Masse relevant sind<sup>3</sup>.

„Weswegen wurden die Alternativen verworfen?“ <sup>1)</sup>	Anzahl Nennungen nach Energiequelle der bestehenden Anlage			Nennungen gesamt (N = 19)
	Fossil (N = 9)	Erneuerbar (N = 8)	Erneuerbar & Fossil (N = 2)	
Technische Gründe	4	1	0	<b>5</b>
Wirtschaftliche Gründe	5	0	0	<b>5</b>
Rechtliche Gründe	0	0	0	<b>0</b>
Politische Gründe	1	3	0	<b>4</b>
Keine Angaben	4	2	2	<b>8</b>

1) Mehrfachnennungen möglich

*Tabelle 10 Gründe für das Ablehnen von Alternativen nach Art des Energieträgers.*

Beim Vergleich der Energieträger zeigt sich, dass Eigentümer erneuerbar betriebener Anlagen vor allem aus politischen Gründen die Alternativen (hier: Gas oder Öl) verwerfen. Zusammen mit den 4 Nennungen bereits getroffener Grundsatzentscheide aus Tabelle 9 zeigt sich, dass 7 von 8 Befragten mit erneuerbar betriebenen Anlagen vor allem politische Gründe für die Wahl des Energieträgers anführen.

Von den Eigentümern fossil betriebener Anlagen werden in erster Linie technische und wirtschaftliche Gründe genannt, die gegen die betrachteten Alternativen sprechen. Dies trifft auch für 3 Eigentümer zu, die erneuerbare Energieträger als Alternativen geprüft haben. Alle Eigentümer, die angeben, wegen eines Grundsatzentscheides oder aus politischen Gründen fossile Energieträger gewählt zu haben, sind in der Westschweiz (NE/JU) ansässig. Bei diesen Anlagen standen Öl und Gas zur Diskussion und Öl wurde jeweils aus politischen /ökologischen Gründen verworfen.

Die Bedeutung politischer und ökologischer Motive zeigt sich auch bei den Gründen für die Wahl der aktuellen Feuerungsanlage

<sup>3</sup> Als technische Gründe werden z.B. das erforderliche Temperaturniveau oder begrenzte räumliche Verhältnisse genannt; als politische Gründe z.B. Autonomie und lokale Wertschöpfung

(Tabelle 11). Von Eigentümern erneuerbar betriebener Anlagen werden 11 Mal politische und ökologische Motive angegeben und diese auch 7 Mal als wichtigster Grund genannt. Fördermassnahmen haben in der vorliegenden Stichprobe eher selten einen Einfluss auf die Entscheidungsfindung dieser Eigentümer.

„Warum haben Sie die aktuelle Anlage gewählt?“ <sup>1)</sup>	Anzahl Nennungen nach Energiequelle der bestehenden Anlage			Nennungen gesamt (N = 19)
	Fossil (N = 9)	Erneuerbar (N = 8)	Erneuerbar & Fossil (N = 2)	
Technische Gründe	4	2	2	<b>8</b>
Wirtschaftliche Gründe	6	2	1	<b>9</b>
Einfluss Fördermassnahmen	0	2	2	<b>4</b>
Einfluss Steuerungsinstrumente	0	0	0	<b>0</b>
Ökologische Gründe	5	7	1	<b>13</b>
Rechtliche Gründe	0	0	0	<b>0</b>
Politische Gründe	2	4	1	<b>7</b>
Keine Angaben	0	0	0	<b>0</b>
<b>Wichtigster Grund</b>				
Technisch	1	1	0	<b>2</b>
Wirtschaftlich	3	0	1	<b>4</b>
Politisch/ökologisch	2	7	1	<b>10</b>

1) Mehrfachnennungen möglich

*Tabelle 11 Relevante Gründe und ausschlaggebender Grund für die Wahl der heutigen Anlage nach Art des Energieträgers.*

Eigentümer fossil betriebener Anlagen geben häufiger an, dass wirtschaftliche und technische Gründe bei der Wahl der Anlage wichtig waren. Bei den von dieser Eigentümergruppe genannten ökologischen Gründen zeigt sich wieder die Besonderheit der Westschweizer Kantone NE und JU. Vier von insgesamt fünf Anlageneigentümern aus diesen Kantonen betreiben Anlagen mit Gas und geben an, sich aus ökologischen und politischen Gründen dafür entschieden zu haben. Bei den Befragten aus den anderen Kantonen werden ökologische Gründe nur im Zusammenhang mit erneuerbaren Energieträgern aufgeführt (Ausnahme: eine Stockwerkeigentümergemeinschaft).

### 5.5.5 Hemmnisse während der Projektphasen

Beim Vergleich der Hemmnisse, die während der Projektrealisationen aufgetreten sind (Tabelle 12), zeigen sich Unterschiede zwischen fossil und erneuerbar betriebenen Anlagen. Bei den fossilen Anlagen treten keine anlagenspezifischen Probleme bei der Erstellung auf. Bei den erneuerbar betriebenen Anlagen gab es dagegen bei der Hälfte der Anlagen technische Probleme bei der Erstellung; jeweils ein Viertel gibt an, Probleme mit der Baubewilligung respektive keine Probleme gehabt zu haben.

„Was waren die grössten Schwierigkeiten oder Hemmnisse bei der Realisierung der gewählten Anlage?“ <sup>1)</sup>	Anzahl Nennungen nach Energiequelle der bestehenden Anlage			Nennungen gesamt (N = 19)
	Fossil (N = 9)	Erneuerbar (N = 8)	Erneuerbar & Fossil (N = 2)	
Gab keine	8	2	1	11
Technische	0	4	0	4
Baubewilligung	1	2	1	4
Keine Angaben	0	1	0	1

1) Mehrfachnennungen möglich

*Tabelle 12 Hemmnisse während der Projektphasen nach Art des Energieträgers.*

### 5.5.6 Bewirtschaftung/Betrieb

Alle befragten Anlageneigentümer sind mit ihrer aktuellen Anlage zufrieden (Tabelle 13). Auf die Frage, ob sie zum Zeitpunkt der Befragung wahrscheinlich wieder die gleiche Anlagenart auswählen würden, gibt die Mehrheit der Befragten an (N = 11), dass sie dies machen würden. Bei den fossil betriebenen Anlagen würden sich 2 Befragte nur eventuell wieder so entscheiden, ein Befragter aus dem Kanton TG, der eine Öl-Feuerung betreibt, würde sich heute anders entscheiden. Der Eigentümer bei der Gruppe der erneuerbar betriebenen Anlagen, der angibt sich anders zu entscheiden, nennt Probleme mit dem Gasmotor der Wärmepumpe als ausschlaggebend.

Die Eigentümer von Holzfeuerungen wurden zusätzlich gefragt, ob logistische Probleme bei der Holzbeschaffung oder Schwierigkeiten mit der Qualität des Brennholzes auftreten würden. Kein Eigentümer

gibt an, Probleme mit der Beschaffung von Brennholz zu haben. Zwei Eigentümer nennen Problem mit der Brennstoffqualität.

„Sind Sie zufrieden mit dem Betrieb der Anlage und würden Sie wieder so entscheiden?“	Anzahl Nennungen nach Energiequelle der bestehenden Anlage			Nennungen gesamt (N = 19)
	Fossil (N = 9)	Erneuerbar (N = 8)	Erneuerbar & Fossil (N = 2)	
Zufrieden mit Anlage	8	8	2	<b>18</b>
Unzufrieden mit der Anlage	0	0	0	<b>0</b>
Keine Angaben	1	0	0	<b>1</b>
Wieder so entscheiden	5	5	2	<b>11</b>
Evtl. wieder so entscheiden	2	0	0	<b>3</b>
Anders entscheiden	1	1	0	<b>2</b>
Keine Angaben	1	2	0	<b>3</b>

*Tabelle 13 Zufriedenheit mit dem Betrieb der heutigen Anlage und Entscheid bei hypothetischer heutiger Erneuerung nach Art des Energieträgers.*

### 5.5.7 Ergänzungen der Befragten

Den Anlageneigentümern wurde am Ende der Befragung Raum für Anmerkungen, für Erfahrungen und für Erläuterung ihrer Meinung gegeben. Diese werden im Folgenden als Stimmungsbild wiedergegeben.

**Eigentümer fossil betriebener Anlagen:** Als Vorteile dieser Anlagen werden die einfache Installation und der autonome, wirtschaftliche Betrieb gesehen. Mit ihrem geringem Platzbedarf und ihrer ausgereiften Technik werden die fossilen Anlagen als einfache und pragmatische Lösung gesehen. Bei den Eigentümern fossiler Feuerungen sind pragmatische Lösungen gewollt. Holzfeuerungen werden wegen ihrer unausgereiften Technik als problematisch angesehen. Auch werden teils Bedenken wegen der Versorgungssicherheit beim Brennholz geäussert („Pelletmarkt zusammengebrochen“). Oft wird angeführt, dass kein Platz für eine Holzanlage vorhanden ist.

**Eigentümer erneuerbar betriebener Anlagen:** Oft liegt der Wahl der Holzfeuerung ein politischer Entscheid von Stimmbürgern oder vom Gemeindeparkament zugrunde. Wenn wirtschaftliche Gründe eigentlich gegen eine Holzfeuerung gesprochen haben, sollte eine Vorrei-

terrolle eingenommen werden. Teilweise haben sich die Anlageneigentümer vertieft mit Alternativen auseinandergesetzt und sind sehr fundiert informiert. Für einige Eigentümer waren Fördergelder in Folge des Sturms „Lothar“ für die Entscheidfindung relevant. Allgemein wird geäussert, dass die Erstellung und der Betrieb von Holzfeuerungen aufwendiger als bei fossilen Feuerungen sind. Im ersten Betriebsjahr der Anlage müssen oft „Kinderkrankheiten“ behoben werden. Die Qualität des Brennstoffs (Hackschnitzel) ist manchmal ungenügend (Wassergehalt /Verunreinigungen). Von einigen Anlageneigentümern wurden Bedenken wegen einer allfälligen Filternachrüstungspflicht in Folge einer Verschärfung der LRV geäussert. Dies könnte dazu führen, dass die Anlagen nicht mehr wirtschaftlich betrieben werden können.

### 5.5.8 Zusammenfassung der Ergebnisse

*Aussagekraft der erhobenen Daten*

Da mit 19 EigentümerInnen nur ein kleiner Datensatz vorliegt, können vor allem qualitative Aussagen über die Sanierungstätigkeit bei mittleren und grösseren Feuerungen in der Schweiz gemacht werden. Die Auswertung erlaubt einen guten Einblick in die aktuelle Situation bei den Anlagen mit Leistungen zwischen 350 kW und 6 MW. Zum einen sind mit 9 fossilen Anlagen und 8 Holzfeuerungen zwei etwa gleich grosse Gruppen vorhanden, die verglichen werden können, zum anderen sind diese Gruppen in sich homogen, was sich insbesondere aus den ergänzenden Kommentaren der Befragten ergibt, bei denen in den Gruppen jeweils ähnliche Aussagen getroffen wurden. Aufgrund der gewählten Methode, Anlageneigentümer anzuschreiben und ihre Rückmeldung abzuwarten, ist wohl das Problem einer Selbstselektion aufgetreten. Vertreter der Öffentlichen Hand zeigten eine grössere Bereitschaft, an der Befragung teilzunehmen, wodurch die Öffentliche Hand im Datensatz überrepräsentiert ist.

In den folgenden Abschnitten wird auf die Fragestellungen aus dem Entscheidungsbaum und dem Gesprächsleitfaden eingegangen.

*Gründe für die Erneuerung einer Anlage /Zustand vor der Erneuerung*

Wichtigste Auslöser für eine Erneuerung sind technische Defekte und das Alter. Seltener sind überschrittene Grenzwerte der Auslöser dafür, dass eine Anlage ersetzt werden muss. Das Durchschnittsalter der Anlagen, die ersetzt werden, liegt bei 19 Jahren (Median 18 Jahre), wobei es eine relativ grosse Streuung gibt.

Wichtigster Weg für die Erarbeitung von Alternativen und für die Durchführung einer Erneuerung ist der Einbezug eines Ingenieurbüros. Oft werden auch zusätzlich interne Abklärungen vorgenommen. Nur bei grösseren Betrieben oder Körperschaften wird eine Erneuerung ausschliesslich von internen Fachspezialisten durchgeführt. Der Weg über einen Installateur wird nur bei fossilen Feuerungen gewählt, wenn eine alte Anlage ersetzt werden muss. Energie-Contractoren wurden von den Befragten nicht mit der Planung beauftragt. Allerdings waren 3 Befragte selbst Contractoren (die über eigene Fachplaner verfügen). Die vier in Figur 7 (Seite 39) dargestellten Wege, wie eine Erneuerung geplant werden kann, geben also die gegenwärtige Situation in der Schweiz gut wieder.

*Vorgehen bei der Erneuerung*

Unabhängig davon, ob fossile oder erneuerbare Energieträger gewählt werden, werden von etwa der Hälfte der Befragten Alternativen zum gewählten Energieträger in Betracht gezogen. Hier zeigen sich zwischen den Gruppen „Fossil“ und „Erneuerbar“ Unterschiede bei der Art der Alternativen. Alle Eigentümer fossiler Anlagen wägen immer andere fossile Feuerungen ab und oft auch erneuerbare Feuerungen (44%). Wenn gegen Holzfeuerungen und Wärmepumpen entschieden wird, geschieht dies aus wirtschaftlichen oder technischen Gründen. Eigentümer erneuerbarer Anlagen, entscheiden sich meistens in einer Vorauswahl grundsätzlich gegen fossile Alternativen.

*Vergleich von Alternativen*

Erneuerbar betriebene Anlagen werden vor allem aus ökologischen oder politischen<sup>4</sup> Gründen gewählt, wobei auch technische und wirtschaftliche Gründe relevant sein können. Oft soll eine Vorreiterrolle eingenommen werden. Für die vorliegende Stichprobe sind kantonale und bundesstaatliche Fördergelder als Grund für die Wahl seltener wichtig. Fossil betriebene Anlagen werden in erster Linie aus wirtschaftlichen und technischen<sup>5</sup> Gründen gewählt. Als vorteilhaft werden der autonome Betrieb und die technische Reife fossiler Anlagen gesehen. In den Westschweizer Kantonen werden Gasfeuerungen explizit auch aus ökologischen Gründen gewählt, da hier oft nur zwischen Öl und Gas entschieden wird.

*Ausschlaggebende Kriterien für die Wahl der Anlage*

<sup>4</sup> Als politisch Gründe werden z.B. Autonomie und lokale Wertschöpfung genannt

<sup>5</sup> Als technische Gründe werden z.B. das erforderliche Temperaturniveau oder begrenzte räumliche Verhältnisse genannt

*Hemmnisse bei der  
Erneuerung der  
Anlage*

Bei fossil betriebenen Feuerungen treten keine Probleme bei der Erneuerung der Anlage auf. Anders bei den erneuerbar betriebenen Anlagen, bei denen bei der Hälfte der Befragten technische Probleme bei der Erstellung auftreten. Teilweise gibt es auch Schwierigkeiten bei der Baubewilligung. Als technische Probleme bei Holzfeuerungen werden genannt:

- Abstimmung der Anlagenkomponenten notwendig und aufwändig (Kinderkrankheiten im 1. Jahr, Automatisierung, Feinregulierung)
- Unterhalt der Anlage (Silo, mechanische Holzschnitzelförderung, Entaschung)
- Brennstoffqualität (feuchtes /unreines Holz, nicht gut gehackt, Problem wechselnder Qualität)
- Baulicher Aufwand zum Erstellen einer Holz-Anlage ist relativ gross.

Zwei Eigentümer von Holzanlagen geben an, dass keine Probleme bei der Anlagenerstellung aufgetreten sind.

*Zufriedenheit mit  
dem Betrieb der  
Anlage*

Es zeigt sich generell eine hohe Zufriedenheit mit den Anlagen, unabhängig davon, ob fossil oder erneuerbar betriebene erstellt wurden. Bei Holzfeuerungen müssen im ersten Betriebsjahr der Anlagen oft Kinderkrankheiten behoben und die grosse Zahl von Anlagenkomponenten aufeinander abgestimmt werden, was den Einbezug von Fachleuten erfordert. Auch gibt es teilweise Probleme mit der Qualität des Brennholzes.

Trotzdem allgemeiner Zufriedenheit wird teils angegeben, sich heute sicher oder eventuell anders entscheiden zu wollen, falls gegenwärtig eine Sanierung anstünde. Bei Eigentümern fossiler Anlagen liegt dies sowohl an ökologischen wie auch an wirtschaftlichen Überlegungen.

## 5.6 Fazit zur Hemmnisanalyse

*Datenqualität*

Aufgrund der kleinen Stichprobengrösse müssen Rückschlüsse auf den Schweizer Anlagenpark mit Bedacht gezogen werden. Da mit den fossilen und den erneuerbar betriebenen Anlagen zwei jeweils

homogene Gruppen vorhanden sind, ist es möglich, vorsichtige Aussagen zu treffen.

Planungsbüros und Installateure sind für die Eigentümer fossiler Feuerungsanlagen die wichtigsten Berater bei einer Erstellung oder Erneuerung ihrer Feuerungsanlage. Fördermassnahmen, die auf Information über erneuerbare Energien und die Darlegung ihrer Vorteile basieren, müssen folglich auf diese Berufsgruppen ausgelegt werden.

*Planungsbüros und  
Installateure am  
wichtigsten*

Für Eigentümer fossiler Anlagen sind beim Entscheid für einen bestimmten Energieträger vor allem wirtschaftliche und technische Gründe ausschlaggebend. Fördermassnahmen müssen dies berücksichtigen und entsprechend nicht in erster Linie auf die ökologischen Vorteile von erneuerbaren Energien ausgerichtet werden.

*Gründe für Wahl  
Energieträger*

Da ökologische und politische Argumente für viele BetreiberInnen von Holzfeuerungen und Wärmepumpen ausschlaggebend bei der Wahl des Energieträgers sind, sollten diese Argumente auf neutrale Art auch im Marketing bei BetreiberInnen von fossilen Anlagen eingesetzt werden.

Bei Holzfeuerungen treten gegenwärtig vor allem technische Probleme bei der Erstellung und bei der Inbetriebnahme der Anlage auf („Kinderkrankheiten“, Unterhalt). Auch die Qualität des Brennholzes kann ungenügend sein. Zum heute vorhandenen umfassenden Qualitätsmanagement der Energieholzverbände (QM Holzheizwerke) wird die Schaffung eines weniger aufwendigen finanziell günstigeren Instrumentes ("QM-light") als sinnvoll erachtet. Es wären Standards vorteilhaft, die Planungssicherheit und Qualität vor allem bei der Inbetriebnahme garantieren (Qualitätsmanagement).

*Qualitätsprobleme  
Holzfeuerungen*

Eigentümer von Holzfeuerungen äussern häufig Bedenken wegen der eventuellen Pflicht zur Filternachrüstung kleinerer Anlagen im Rahmen einer Verschärfung der Luftreinhalteverordnung. Als Folge wird eine Verschlechterung der Wirtschaftlichkeit von Holzfeuerungen befürchtet. Ein Auffangen einer Verteuerung durch Fördermassnahmen könnte diesen eventuell auftretenden Wettbewerbsnachteil bei Holzfeuerungen vermindern.

*Informationsbedarf  
Holzfeuerungen*

Das Durchschnittsalter der ersetzen Anlagen liegt mit einer grossen Streuung bei 19 Jahren (jüngste ersetzte Anlage: 7 Jahre). Bei Eigen-

*Alter der Anlagen bei  
Sanierung*

tümern von Anlagen, die älter als 10 Jahre sind, lohnen sich Massnahmen, die sie zu einer Umstellung in naher Zukunft bewegen.

*Differenzen  
Deutschschweiz -  
Romandie*

Die Daten aus dem Jura und aus Neuenburg geben einen Hinweis darauf, dass in den Westschweizer Kantonen in der Diskussion um ökologische Energieträger möglicherweise selten erneuerbare Energien berücksichtigt werden. Offensichtlich wird hier häufig Erdgas als ökologische Alternative zu Heizöl gewählt. Dies zeigt, dass in diesen Kantonen verstärkt Informationen zu erneuerbaren Energien verbreitet werden sollten.

## 6 Fazit und Empfehlungen

Das Substitutionspotential erneuerbarer Energien beim Ersatz fossiler Feuerungen >350 kW installierter Leistung ist beträchtlich. Aufgrund der Altersverteilung und der durchschnittlichen Lebensdauer der Anlagen ist ab ca. 2010 mit einem Ersatz von über 500 Anlagen pro Jahr zu rechnen. Diese Anlagen haben einen Energiebedarf von ca. 400 - 500 GWh jährlich. Der Grossteil der Anlagen steht in den Kantonen Zürich, Basellandschaft, Bern und Aargau.

*Substitutions-  
potential*

Die finanziellen Rahmenbedingungen sind im Fluss. Sowohl für Holzfeuerungen als auch für Wärmepumpen sind generelle Aussagen zur Wirtschaftlichkeit schwierig zu treffen, da die Wärmegestehungskosten stark standortspezifisch sind. Mit den Energiepreisen vom Frühjahr 2006 (Holz: 5 Rp./kWh; Öl: 8 Rp./kWh) nähern sich die Wärmegestehungskosten für die Modellrechnung einer Holzfeuerungen für steigende Anlagenleistung denjenigen von Ölfeuerungen an und treffen sich in etwa bei 12 Rp./kWh für Leistungen von 1 MW. Contractoren von Wärmepumpen geben für die Wärmegestehungskosten von Anlagen bis 1 MW einen grösseren Bereich von 3 - 27 Rp./kWh an. Es ist zu beachten, dass vor allem bei den Wärmepumpen ab 350 kW die Gestehungskosten von Anlagen stark differieren können, da diese massgeblich von den Kosten für die Erschliessung der Niedertemperaturquelle (Umweltwärme) beeinflusst werden. Sowohl für Wärmepumpen als auch für Holzfeuerungen existieren keine fundierten Untersuchungen zu den Wärmegestehungskosten für Anlagen über 1 MW Leistung.

*Wirtschaftlichkeits-  
aspekte*

Die Hemmnisanalyse und die Analyse des Planungsablaufes basierend auf Interviews mit den EigentümerInnen zeigen:

*Ergebnisse Hemm-  
nisanalyse*

- Das Durchschnittsalter der ersetzen Anlagen liegt mit einer grossen Streuung bei 19 Jahren (jüngste ersetzte Anlage: 7 Jahre).
- Planungsbüros und Installateure sind für die Eigentümer fossiler Feuerungsanlagen die wichtigsten Berater bei einer Erstellung oder Erneuerung ihrer Feuerungsanlage.
- Für Eigentümer fossiler Anlagen sind beim Entscheid für einen bestimmten Energieträger vor allem wirtschaftliche und technische Gründe ausschlaggebend.

- Bei Holzfeuerungen treten gegenwärtig vor allem technische Probleme bei der Erstellung, bei der Inbetriebnahme der Anlage und mit der Brennstoffqualität auf. Die Probleme bestehen bei der Automatisierung, der Feinregulierung, dem Silo, der mechanischen Holzschnitzelförderung, der Entaschung, mit feuchtem verunreinigtem Holz und mit häufig wechselnder Qualität des Brennholzes.
- Eigentümer von Holzfeuerungen äussern häufig Bedenken wegen der eventuellen Pflicht zur Filternachrüstung kleinerer Anlagen im Rahmen einer Verschärfung der Luftreinhalteverordnung. Als Folge wird eine Verschlechterung der Wirtschaftlichkeit von Holzfeuerungen befürchtet.
- Die Daten aus dem Jura und aus Neuenburg geben einen Hinweis darauf, dass in den Westschweizer Kantonen in der Diskussion um ökologische Energieträger möglicherweise selten erneuerbare Energien berücksichtigt werden. Offensichtlich wird hier häufig Erdgas als ökologische Alternative zu Heizöl gewählt.

*Empfehlungen für  
das weitere Marke-  
ting*

Aus diesen Ergebnissen lassen sich folgende Schlüsse für das weitere Marketing erneuerbarer Energie für die Substitution fossiler Feuerungen bei der Sanierung von Anlagen ableiten:

- Die Anstrengungen sind spätestens in 3 - 4 Jahren zu verstärken, da ab 2010 die Sanierung vieler Anlagen aus den 90er Jahren (LRV Sanierungen) ansteht.
- Für Holzfeuerungen sollten Standards für den Bau (Design), die Inbetriebnahme und den anschliessenden Betrieb geschaffen werden um Anlaufschwierigkeiten und Kinderkrankheiten zu reduzieren. Zum heute vorhandenen umfassenden Qualitätsmanagement der Energieholzverbände (QM Holzheizwerke) wird die Schaffung eines weniger aufwendigen finanziell günstigeren Instrumentes ("QM-light") als sinnvoll erachtet.
- Mit finanziellen Fördermassnahmen könnten die gegenwärtigen Vorbehalte und Befürchtungen, die sich aus der anstehenden Filterpflicht für kleinere Holzfeuerungen ergeben, entschärft werden.
- Es empfiehlt sich eine regional unterschiedliche Strategie zu fahren. In der Deutschschweiz sollten sich die Anstrengungen auf die wichtigsten Marktmittler, die Installateure und Planer, konzentriert.

ren. In der Romandie braucht es zusätzlich mehr Basiskampagnen, um die Vorteile von erneuerbaren Energien gegenüber Erdgas aufzuzeigen.

- Ob Marketingmassnahmen mehr die AnlageneigentümerInnen oder die wichtigsten Marktmittler betreffen sollen, ist noch genauer zu evaluieren.
- Der Grossteil der zu sanierenden Anlagen konzentriert sich auf die 4 Kantone ZH, BE, BL und AG. Die Konzentration der Anstrengungen auf diese Kantone lohnt sich, insbesondere sollten die in diesen Kantonen vorliegenden AnlageneigentümerInnen als Zielgruppen vertieft analysiert werden. Es sollten homogene Ansprechgruppen gebildet werden. Eine enge Zusammenarbeit mit diesen Kantonen drängt sich auf.

Die Datenbank zu fossilen Feuerungen mit einer Feuerungswärmeleistung ab 350 kW, die im Rahmen dieser Arbeit erstellt wurde, liegt dem BFE als Auftraggeber zur weiteren Verwendung vor. Anhand der Datenbank können vielversprechende Zielgruppen ausgewählt werden und Massnahmen für sie erarbeitet werden.

*Verwendungsmöglichkeit der Datenbank*

Die Identifizierung der Anlageneigentümer ist anhand der Datenbank nicht möglich, da die Datensätze kodiert sind. Um an Namen und Anschrift eines Anlageneigentümers zu gelangen, muss der entsprechende Kanton kontaktiert werden (Ansprechpartner gemäss Tabelle 1). Dieses Vorgehen ist wegen des Datenschutzes notwendig und auch seitens der Kantone gewünscht, um ihre Einflussmöglichkeiten auf allfällige Massnahmen durch das BFE zu gewährleisten.

*Kontaktieren von EigentümerInnen*

Um die bestehenden Potentiale für den Anlagenersatz systematisch zu erschliessen, ist eine enge Zusammenarbeit von Bund, Verbänden, EnergieSchweiz und Kantonen nötig. Wir schlagen folgendes Vorgehen für die einzelnen Akteure vor:

*Vorgehen für Umsetzung*

**Bund, Verbände** (Holzenergie Schweiz sowie Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz FWS) und **Netzwerke EnergieSchweiz**:

- präzisieren die Marketingstrategie in den einzelnen Regionen der Schweiz (Unterschiede Deutschschweiz /Romandie, grosse Kantone /kleine Kantone, Marktmittler /Anlageneigentümer)

- erarbeiten die nötigen Hilfsmittel und Produkte für die Marktbearbeitung (Werbeunterlagen, Unterstützungsangebote vor Ort)
- bearbeiten zuerst die bezüglich Anlagenersatz wichtigsten Kantone zusammen mit den betreffenden kantonalen Stellen (in erster Linie ZH, BE, BL, AG). Mit Hilfe der Datenbank werden die Eigentümer der Anlagen mit Sanierungsbedarf ausgefiltert und direkt bearbeitet (passiv mit Werbeunterlagen, aktiv mit Unterstützungsangeboten).
- Bearbeiten aufgrund der Erfahrungen anschliessend die übrigen Kantone.
- integrieren die Fachverbände das Thema Anlagenersatz mit erneuerbaren Energien vermehrt in ihre Weiterbildungsangebote für Planer (wichtigste Marktmittler).

➤ **Holzenergie Schweiz**

- Prüft das Erarbeiten eines vereinfachten Qualitätsmanagementsystems als Ergänzung zum QM Holzheizwerke.

➤ **Kantone**

- Definieren zusammen mit Bund und Verbänden die spezifische Marktbearbeitung in ihrem Kanton mit Hilfe der erarbeiteten Datenbank und den neuen bzw. angepassten Hilfsmitteln (Siehe unter Bund, Verbände und EnergieSchweiz)
- Integrieren das Thema Anlagenersatz von fossilen Feuerungen durch erneuerbare Energien vermehrt in ihre Weiterbildungsangebote für Planer (wichtigste Marktmittler) ein

Ein Anlagenersatz einer fossilen Feuerung stellt eine grosse Chance für erneuerbare Energien dar. Mit den vorgeschlagenen Massnahmen können diese Potentiale schrittweise genutzt werden.

## **Anhang**

### **A-1 Marktakteure Wärmepumpen und Holzfeuerungen**

#### **A-1.1 Holzfeuerungen**

**Beratungs- und Planungsbüros:**

<http://www.holzenergie.ch> → Einstiegsinfo → Beratung: Auswahlmaske [27.11.2006]

<http://www.holzenergie.ch> → Einstiegsinfo → Bewährte Firmen: "Bewährte Firmen der Holzenergie-Branche", pdf 2,1 MB [27.11.2006]

#### **A-1.2 Wärmepumpen**

**Beratungs- und Planungsbüros:**

<http://www.fws.ch> → Adressen [27.11.2006]



## A-2 Gesprächsleitfaden für die telefonische Befragung

### Angaben zur befragten Person:

Name:

Institution/Firma:

Kanton:

Kontaktdaten (Telefon/ Mail):

### Datum der Befragung:

### Name des Interviewers:

**Der Gesprächsleitfaden ist als Hilfe beim Gespräch mit dem/der Anlagenverantwortlichen gedacht. Die Fragen, die gestellt werden sollen sind grau hinterlegt. Die Antworten dienen der Kategorisierung und sollen nicht vorgelesen werden. Sie können jedoch als Antwortvorschlag vorgelesen werden, falls der/die Befragte zu vage antwortet.**

**Beispiele für die verschiedenen Aspekte, die die Entscheidungen bei einer Sanierung beeinflussen können (siehe Leitfaden). Diese können evtl. im Gespräch genannt werden, um den Befragten ihre Relevanz für seine Entscheidungen beurteilen zu lassen:**

**Technische und logistische Aspekte:**

Räumliche Verhältnisse, zu erreichendes Temperaturniveau, Markt-  
reife der Technik, Unkenntnis über Verwendung alternativer Energie-  
träger, Bestimmte Art von Anlage notwendig, Betriebssicherheit,  
Versorgungssicherheit bzgl. Brennstoff, fehlende Informationsmö-  
glichkeiten

**Wirtschaftliche Aspekte:**

Wärmegestehungskosten (Rp./kWh), Versorgungssicherheit

**Rechtliche Aspekte:**

Auflagen Sanierung etc., Genehmigungsverfahren, LRV, UVP (Feue-  
rung: ab 100 MW, WP: ab 5 MW), Einsprachen von Anwohnern

**1. Einleitung Gespräch**

Kurze Vorstellung/Projektbeschreibung

**2. Kontrolle Datensatz, Eignung des/der Befragten**

*Laut den Angaben, die uns vorliegen, sind Sie EigentümerIn oder VerantwortlicheR einer Feuerungsanlage an der .....-Strasse in ..... Die Anlage verfügt über eine Leistung von ca. ..... kW, wird mit ..... befeuert und wurde im Jahr 20.... saniert oder gebaut. Sind diese Angaben richtig?*

[Kontrolle Datensatz; Wenn mehrere Anlagen, Abklären des genauen Standorts der Anlage]

ja: [mit Befragung fortfahren]  nein: [abrechen, falls Abweichung relevant]

*Hatten Sie bei der Sanierung resp. dem Bau der Anlage die Entscheidungskompetenz inne?*

ja

nein: Name des/der EntscheidungsträgerIn geben lassen [Ende der Befragung]

*Wird in Ihrer Feuerung Prozess- oder Heizwärme generiert?*

Prozesswärme  Heizwärme

*falls Heizwärme: Wird die Heizwärme für Wohnungen oder für Dienstleistungsgebäude verwendet?*

Wohnungen  Dienstleistungsgebäude

**3. Gründe für Sanierung**

*Welche Gründe gab es für die Sanierung der Anlage?*

technische:

wirtschaftliche:

rechtliche:

*Wie alt war die Feuerungsanlage, die durch die Sanierung ersetzt wurde?*

Brenner: .....

Kessel: .....

#### 4. Vorgehen

*Wie sind Sie vorgegangen bei der Realisierung der heutigen Anlage?*

- Eigene Abklärungen bzw. eigene FachspezialistInnen
- Beratung durch Ingenieurbüro/Planungsbüro
- Anfrage an Installateur
- Einbezug eines Energie-Contractor
- sonstige Quellen:

#### 5. Auswahlverfahren

*Haben Sie Alternativen zum gewählten Energieträger geprüft oder prüfen lassen?*

- nein: *Gab es dafür Gründe, dass Sie keine Alternativen geprüft haben?:*
- ja: *Welche Alternativen wurden verglichen?*

[Falls nur fossil resp. EE]: *Waren erneuerbare/fossile Energieträger eine Alternative, die in Erwägung gezogen wurden? (Insbesondere Holzfeuerung oder Wärme*

*Wer hat die Alternativen erarbeitet? [Bezug zu 4.]*

*Weswegen wurden die Alternativen verworfen? [--> Übergang zu 6.]*

- technische
- wirtschaftliche
- rechtliche (z.B: Mietrecht) Gründe

## **6. Projektierung/Auswahl der bestehenden Anlage**

*Warum haben Sie die aktuelle Lösung gewählt? [Evtl. aus 5. übernehmen]*

technische Gründe:

ökonomische Gründe:

*Haben Fördermassnahmen [aktuell: kantonale, oder zukünftige: evtl. Klimarappen] Ihre Entscheidung beeinflusst?*

ja: *welche?*

nein

*Haben Steuerungsinstrumente wie die CO<sub>2</sub>-Abgabe, die in Zukunft als Kostenfaktor evtl. mehr Bedeutung gewinnen, Ihre Entscheidung beeinflusst?*

ja: *welche?*

nein

ökologische Gründe: (CO<sub>2</sub>, CH-Rohstoffe, Nachhaltige Energieversorgung)

rechtliche Gründe: (z.B: Mietrecht)

sonstige Gründe:

*Sind einige der genannten Gründe (z.B. 3 Stück) besonders wichtig für die Entscheidung gewesen? Gab es ausschlaggebende?*

## **7. Allgemein Projektphasen**

*Was waren die grössten Schwierigkeiten oder Hemmnisse bei der Realisierung der gewählten Anlage?*

## **8. Bewirtschaftung/ Betrieb**

*Sind Sie heute mit dem Betrieb der Feuerungsanlage zufrieden? Würden Sie wieder so entscheiden?*

*[Holzfeuerung]: Treten Probleme mit der Beschaffung von Brennholz auf? Logistische Probleme bei Anlieferung etc.?*

## **9. Themenabdeckung Leitfaden**

*Wollen Sie noch etwas anfügen, was Sie als wichtig in der Projektrealisation ansehen und was mit den vorherigen Fragen noch nicht abgedeckt wurde?*

*Vielen Dank für Ihre Auskünfte.*

## A-3 Literatur

- BAFU 2006 Positionspapier Feinstaub aus Holzfeuerungen, <http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/>
- Balthasar 1993 Initialisieren von Holzschnitzelfeuerungen, WKK- und Wärme-pumpenanlagen im Kanton Bern, Ergebnisse einer Telephonbefragung bei Anlagebesitzern, Andreas Balthasar, INTERFACE Institut für Politikstudien, Luzern, 1993
- BFE 2003 Energie extra 6.03 "Infrastrukturanlagen", Informationen BFE und Energie Schweiz, Dezember 2003.
- BFE 2004a Heizen und Kühlen mit Abwasser. Ein Ratgeber für Bauherrschaften und Gemeinden, Aktion Energie in Infrastrukturanlagen, Bern 2004.
- BFE 2004b Wärmenutzung aus Abwasser. Leitfaden für Inhaber, Betreiber und Planer von Abwasserreinigungsanlagen und Kanalisationen, Aktion Energie in Infrastrukturanlagen, Bern 2004.
- BFE 2004c Potentiale zur energetischen Nutzung von Biomasse in der Schweiz, Infras et al. 2004, BFE
- BFE 2005 Überblick über den Energieverbrauch der Schweiz im Jahr 2004, Bern 2005.
- BFE 2006 (unveröffentlicht) Wirtschaftlichkeit von Biomasse-Energieanlagen, Teil Holz, unveröffentlicht, Autor: T. Nussbaumer, Verenum Zürich
- BFS 2004d BFS: Gebäude, Wohnungen und Wohnverhältnisse, Eidgenössische Volkszählung 2000, Neuchâtel 2004.
- BUWAL 1995 BUWAL: Vom Menschen verursachte Luftschadstoff-Emissionen in der Schweiz von 1900-2010, Schriftenreihe Umwelt Nr. 256, Bern 1995.
- EAWAG 2004 Wanner, O.: Wärmerückgewinnung aus Abwassersystemen, EAWAG i.A. BFE, Dübendorf/Bern 2004.
- e concept 1996 Dettli, R.: Externe Wärmenutzung aus Kläranlagen, Eignungs-abklärungen in den Kantonen AG, LU, SH, TG, ZH, Energie 2000, Zürich/Bern 1996.

- econcept** 1998 Dettli, R., Müller, M., Ott, W.: Zukunft der Nah- und Fernwärme in der Schweiz, Energiewirtschaftliche Grundlagen EWG, Zürich/Bern 1998.
- EKZ** 2006 Persönliche Mitteilung Hr. Lehner, Elektrizitätswerke des Kantons Zürich, Juni 2006
- Erdgas Schweiz** (2006) Liste der mit Erdgas versorgten Gemeinden
- Gruneko** 2004 Dups, C.: Wärmenutzung Tunnelwasser Basistunnel Gotthard, Nordportal, Gruneko AG i.A. BFE, Bern 2004.
- Helbling** 2005 Eidgenössische Erhebung über den Energieverbrauch 2004, Zürich/Bern 2005.
- Holzenergie Schweiz** (2006) Persönliche Mitteilung Hr. Rutschmann, Holzenergie Schweiz, Juni 2006
- LRV** 2005 Luftreinhalte-Verordnung vom 16. Dezember 1985 (Stand 12. Juli 2005), LRV 814.318.142.1.
- Müller** 2002 Müller, E.A., Kobel, B.: Wärmenutzung aus Abwasserkanälen, Zürich/Bern 2002.
- Regierungsrat Kanton ZH**: Energieplanungsbericht 2002 für den Kanton Zürich, Bericht des Regierungsrates über die Energieplanung, Zürich 2003.
- Roth et al.** 2000 Roth S., Montani A., Hinder B.: Grosswärmepumpen, Kostenermittlung und Marktsituation, Nordostschweizer Kraftwerke für das Bundesamt für Energie, 2000
- Rutschmann** 2004 Rutschmann, C.: Nahwärme dank Zusammenarbeit zwischen Privatwirtschaft und öffentlicher Hand, Referat am Tagungszyklus Fernwärme auf neuen Wegen, Zürich, 15. Januar 2004.
- SIA 112, 2001** Ordnung SIA 112: Leistungsmodell, Zürich 2001
- SVW** 2005 Auswertung Wärmenetzumfrage unter den Mitgliedern des SVW, Sektion Zürich, Zürich 2005.
- Wärmeverbünde CH** Wärmeverbünde in der Schweiz, Befragung von 451 Betreibern (Jahr und Autoren unbekannt).

VFS 2006

Fernwärmekataster, Verband Fernwärme Schweiz, Stand Januar 2006.