

Information für Fachpersonen

Räumliche Energieplanung

Werkzeuge für eine zukunftstaugliche
Wärme- und Kälteversorgung

Modul 1: Zweck und Bedeutung

Modul 2: Vorgehen

Modul 3: Energienachfrage

**Modul 4: Energiepotenziale
Abwärme und erneuerbare
Energien**

Modul 5: Wärmeerzeugung
Einsatzbereiche und Kennwerte

Modul 6: Thermische Netze

Modul 7: Umsetzung,
Energievorschriften

Modul 8: Erfolgskontrolle

Modul 9: Konzession EDL

Modul 10: Gasstrategie

Stand 27. August 2019

Modul 4 in Kürze

Verfügbare Energiequellen

Verschiedene erneuerbare Energieträger und Abwärmequellen können für die energetische Nutzung in einer Gemeinde in Frage kommen.

Für die Analyse der ökologischen Potenziale – in Bezug auf die Wärmenutzung und die Elektrizitätsproduktion – werden sowohl die genutzten als auch die ungenutzten erneuerbaren Energieträger und Abwärmequellen erhoben.

Lokale Voraussetzungen

Mit der räumlichen Energieplanung und den vorgeschlagenen Prioritäten werden die lokalen Voraussetzungen für die sinnvolle Nutzung der ökologischen Potenziale auf dem Gemeindegebiet geschaffen.

Weiterführende Informationen und Links

- Separates Beiblatt zu den Modulen 1 bis 10

Potenziale für die Wärmenutzung

Zur Abschätzung der Energiepotenziale auf dem Gemeindegebiet wird das Erfassen des Angebots lokaler erneuerbarer Energieträger und Abwärmequellen notwendig.

Entsprechend den Prioritäten für die Energieversorgung (siehe Modul 2 «Vorgehen») umfasst das Spektrum der möglichen Ressourcen folgende Quellen:

- Ortsgebundene hochwertige Abwärme
- Ortsgebundene niederwertige Abwärme und Umweltwärme
- Regional verfügbare erneuerbare Energieträger
- Örtlich ungebundene Umweltwärme und erneuerbare Energien

NUTZUNG ERNEUERBARER ENERGIEN

Die Energiequellen sind hinsichtlich des ökologischen Potenzials und den technischen Nutzungsvoraussetzungen zu überprüfen. Bei Kehrlichtverbrennungsanlagen (KVA) ist beispielsweise darauf zu achten, ob sich im nahen Umfeld genügend Wärmeabnehmer befinden. Für die Nutzung von Wärme aus Abwasserkanälen ist hingegen zu beachten, dass die Abschätzung des Energieangebots auf Mindestdurchfluss und Mindestdurchmesser des Kanals Rücksicht nimmt. Kältenutzung gewinnt an Bedeutung. Einige erneuerbare Energiequellen (wie Grundwasser,

Oberflächengewässer, Erdwärme) eignen sich nicht nur für den Wärmebezug, sondern auch für eine effiziente, direkte Rückkühlung.

Bezüglich den Potenzialabschätzungen sind folgende Begriffe zu unterscheiden (Abbildung 1):

- Das theoretische Potenzial basiert auf den physikalischen Möglichkeiten zur Nutzung erneuerbarer Ressourcen; z. B. Intensität der Sonneneinstrahlung.
- Das technische Potenzial umschreibt, welcher Anteil des theoretischen Potenzials tatsächlich genutzt werden kann; z. B. Wirkungsgrad von Sonnenkollektoren.
- Das ökologische Potenzial bezeichnet die mit verfügbaren Technologien nachhaltig nutzbaren erneuerbaren Ressourcen; z. B. Sonnenkollektoren auf überbauten Flächen.

DIFFERENZIERUNG DES POTENZIALBEGRIFFS

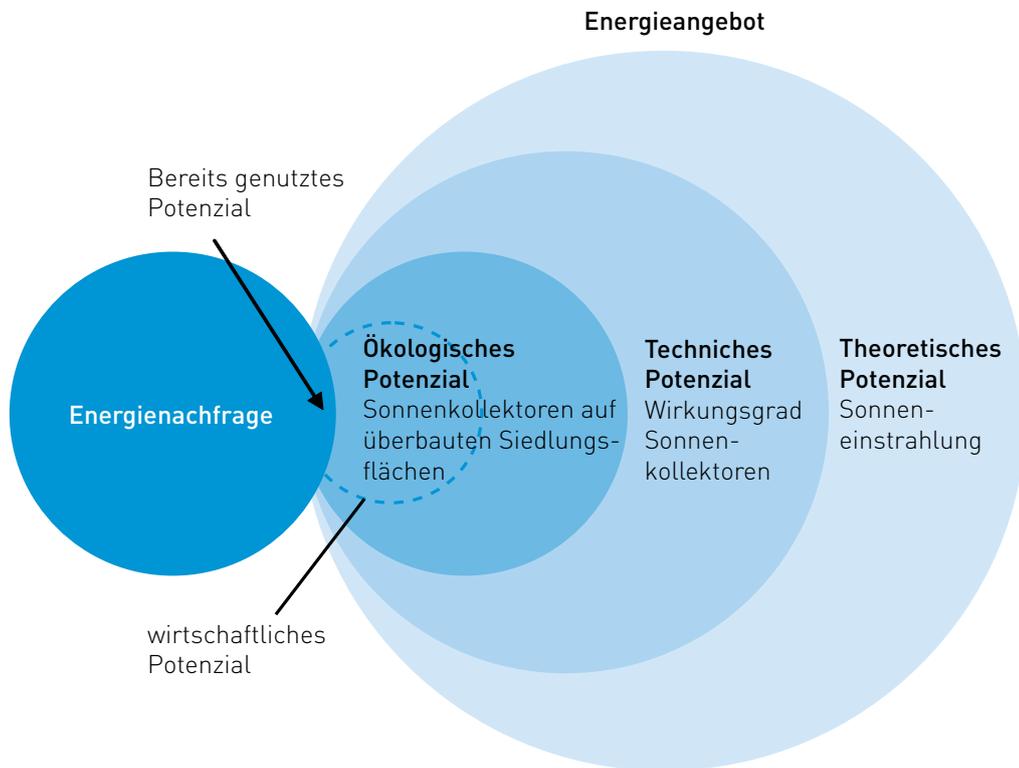


Abbildung 1: Die Unterschiede zwischen theoretischem, technischem, ökologischem und wirtschaftlichem Potenzial am Beispiel der Sonnenenergie.

ERHEBUNGSMETHODE

Tabelle 1 auf den Seiten 4 bis 8 gibt einen Überblick über die potentiellen Energieträger ergänzt mit Informationen, aus welchen Grundlagen die ökologischen Potenziale erhoben bzw. abgeleitet werden können. Aufgeführt sind daher die wesentlichen Kenn- und Erfahrungswerte. Und weiter wird erwähnt, wo die relevanten Informationen über die Energiequellen und die verschiedenen Arten der Wärmeerzeugung jeweils in Erfahrung gebracht werden können.



ORTSGEBUNDENE HOCHWERTIGE ABWÄRME

Ressourcen	Bezug von Informationen zum ökologischen Potenzial	Nutzungsmöglichkeiten
Abwärme Kehrichtverbrennungsanlage	<ul style="list-style-type: none">• KVA- und Wärmenetzbetreiber (bei Abwärmenutzung)• Abfallstatistik des Bundes• Zukünftige Abfallentwicklung (KVA-Planung, Bevölkerungsentwicklung, Bewirtschaftung des Abfalls, saisonale Lagerung von Abfall) <p>Bemerkungen</p> <ul style="list-style-type: none">• Nutzung von Strom und Wärme oder Wärmedirektnutzung möglich (WKK mit Abfall)• Eigenbedarf an Wärme und Strom berücksichtigen	<ul style="list-style-type: none">• Nutzung in Wärmeverbund setzt genügende Energienachfragedichte voraus• Ganzjährige Wärmenachfrage bzw. Prozesswärme- oder Grossbezüger sind interessant• Mögliche Produktion von Kälte aus KVA-Abwärme in Absorptionskältemaschinen; (relativ schlechter Wirkungsgrad)
Industrielle Abwärme	<ul style="list-style-type: none">• Grössere Gewerbe- und Industriebetriebe aus der produzierenden Branche <p>Bemerkung</p> <ul style="list-style-type: none">• Eigenbedarf berücksichtigen	<ul style="list-style-type: none">• Nutzung in Wärmeverbund setzt genügende Energienachfragedichte voraus
Tiefe Geothermie (ab 500 m)	<ul style="list-style-type: none">• Geologische Verhältnisse abklären• Noch keine erfolgreiche Bohrung in der Schweiz (Erkundungen in Basel, Zürich und St. Gallen bisher erfolglos) <p>Bemerkung</p> <ul style="list-style-type: none">• Nutzung von Strom und Wärme oder Wärmedirektnutzung möglich	<ul style="list-style-type: none">• Nutzung in Wärmeverbund setzt genügende Energienachfragedichte voraus• Abwärmenetz bei kombinierter Strom- und Wärmeproduktion erforderlich

Tabelle 1: Potenzielle Energieträger



ORTSGEBUNDENE NIEDERWERTIGE ABWÄRME UND UMWELTWÄRME

Ressourcen	Bezug von Informationen zum ökologischen Potenzial	Nutzungsmöglichkeiten
Betriebliche Abwärmequellen <ul style="list-style-type: none">• Industriebetriebe• Energieumwandlung• Kälteproduktion	<ul style="list-style-type: none">• Grössere produzierende Betriebe• Trafostationen oder andere Energieumwandlungsanlagen (Gemeinde, EVU)• Rechenzentren	<ul style="list-style-type: none">• Warme oder kalte Fernwärme möglich• Nutzung in Wärmeverbund setzt genügende Energienachfragedichte voraus
Abwärme aus Abwasserreinigungsanlagen (ARA)	<ul style="list-style-type: none">• ARA-Betreiber (Temperaturkurve; Trockenwetterabfluss)• Abschätzung Kenngrössen vgl. Abwärme aus Abwasserkanälen <p>Bemerkung</p> <ul style="list-style-type: none">• Eigenbedarf berücksichtigen	<ul style="list-style-type: none">• Kalte Fernwärme ist für Kälteproduktion interessant (Aufbereitung mit Wärmepumpen)• (vgl. Modul 6)
Abwärme aus Abwasserkanälen	<ul style="list-style-type: none">• Gemeinde: Informationen über den durchschnittlichen mittleren Trockenwetterabfluss, mittlere Temperatur und Durchmesser der Kanäle• Abschätzung mit folgenden Kenngrössen:<ul style="list-style-type: none">• Durchschnittlicher mittlerer Trockenwetterabfluss mindestens 15 l/s,• Durchschnittliche Temperatur von über 10°C nach der Wärmenutzung nötig• max. Entzugsleistung (kW) = Tagesmittelwert Trockenwetterabfluss (l/s) × spezifische Wärmekapazität Wasser c_p (kWh/m³ K) × Abkühlung dT (K) <p>Bemerkungen</p> <ul style="list-style-type: none">• Genügend lange und voluminöse (Minstdurchmesser 80 cm) Kanalabschnitte müssen vorhanden sein• Benötigte Mindesttemperatur bei ARA überprüfen• Sanierungszeitpunkt der Kanäle berücksichtigen	<ul style="list-style-type: none">• Warme oder kalte Fernwärme möglich• Kalte Fernwärme ist für Kälteproduktion interessant (Aufbereitung mit Wärmepumpen)• Nutzung in Wärmeverbund setzt genügende Energienachfragedichte voraus• In Gebieten mit mittlerer bis hoher Wärmebedarfsdichte nötig: minimaler Wärmeleistungsbedarf ca. 150 kW (30 bis 50 Wohneinheiten)

Tabelle 1: Potenzielle Energieträger



ORTSGEBUNDENE NIEDERWERTIGE ABWÄRME UND UMWELTWÄRME

Ressourcen	Bezug von Informationen zum ökologischen Potenzial	Nutzungsmöglichkeiten
Wärmenutzung aus Gewässern <ul style="list-style-type: none">• Grundwasser• Seewasser• Fließgewässer	<ul style="list-style-type: none">• Abschätzung des Potenzials aufgrund gemeindespezifischer Gegebenheiten (darunter See, Fließgewässer, Kanäle, nutzbare Grundwasserreservoir, Trinkwasserreservoir)• Ungenutzte Trinkwasserfassungen berücksichtigen	<ul style="list-style-type: none">• Berücksichtigung von Grundwasserschutzzonen oder geologischen Gegebenheiten (mögliche Quellen: GIS oder Schutzzonenkarte der Gemeinde)• Zentrale Anlagen (Seewasser, Flusswasser): grosse Nachfrage und hohe Wärmedichte nötig• Dezentrale Anlagen (Grundwasser) für Einzelobjekte• Minimalanforderungen an nachgefragter Leistung für die Nutzung von Wärme in einzelnen Kantonen• Kälteproduktion möglich
Untiefe Geothermie (50 m bis 500 m)	<ul style="list-style-type: none">• Kantonale Erdwärmenutzungskarten (GIS/Geoportale)• Strombedarf für Wärmepumpen vom Temperaturhub abhängig (COP: 4 bis 5) <p>Bemerkungen</p> <ul style="list-style-type: none">• Für eine nachhaltige Nutzung sollten die Sonden ab einer Wärmebedarfsdichte von ca. 150 MWh/ha*a regeneriert werden.• Berücksichtigung Grundwasser- und Gewässerschutzzonen	<ul style="list-style-type: none">• Dezentrale Anlagen für Einzelobjekte• Kälteproduktion möglich• Nutzung als Saisonspeicher möglich (Regeneration der Sonden im Sommer via Kühlung oder Solarwärme)• Sondenfelder können auch als Saisonspeicher in thermische Netze eingebunden werden.
Spezialfälle <ul style="list-style-type: none">• Abluft Tunnel• Entwässerung Tunnel	<ul style="list-style-type: none">• Spezifische Gegebenheiten auf Gemeindegebiet abklären• Wirtschaftlichkeit abklären	<ul style="list-style-type: none">• Warme oder kalte Fernwärme möglich• Gebiete mit mittlerer bis hoher Energienachfragedichte nötig• Kälteproduktion bedingt möglich

Tabelle 1: Potenzielle Energieträger



REGIONAL VERFÜGBARE ERNEUERBARE ENERGIETRÄGER

Ressourcen	Bezug von Informationen zum ökologischen Potenzial	Nutzungsmöglichkeiten
Holz	<p>Restholz und Altholz</p> <ul style="list-style-type: none">• Holzverarbeitende Betriebe• Restholz aus Wald und Landwirtschaft• Regionale Sammelstellen für Altholz <p>Energieholz</p> <ul style="list-style-type: none">• Lokale und regionale Holzkooperationen• Kantonale Studien und Planungen• GIS: Waldfläche der Gemeinde	<ul style="list-style-type: none">• Dezentrale Anlagen für Einzelobjekte• Heizwerk oder Heizkraftwerk (mit Stromerzeugung) mit Fernwärmeverbund bei vorhandener hoher Wärmebedarfsdichte• Besonders geeignet für Gebäudebestand, der hohe Vorlauftemperaturen erfordert.
Biomasse (ohne Holz), industrielle Vergärung	<ul style="list-style-type: none">• Betreiber Biomassevergärungsanlage Grüngutsammlung• Organische Abfälle aus Lebensmittel und Fleischverwertungsindustrie sowie Gastronomie	<ul style="list-style-type: none">• Wärme- und Strom- oder Treibstoffproduktion (Biogas)• Warme Fernwärme möglich• Gebiete mit mittlerer bis hoher Energienachfragedichte nötig• Alternativ Einspeisung von Biogas ins Gasnetz
Landwirtschaftliche Biomasse mit Co-Vergärung	<ul style="list-style-type: none">• Kantonale Statistiken für Tierbestand in Gemeinde• Umrechnung des Tierbestandes in GVE gemäss «Verordnung über landwirtschaftliche Begriffe und die Anerkennung von Betriebsformen», Anhang (Art. 27)• Pro GVE entstehen rund 1,5 m³ Biogas pro Tag <p>Bemerkungen</p> <ul style="list-style-type: none">• Nutzung in grösseren Anlagen (regional): geeignet ab 80 bis 100 Grossvieheinheiten (GVE) oder 3'000 – 4'000 t Gülle und Mist (landwirtschaftliche Anlage) resp. 10'000 t Grüngut pro Jahr (gewerblich-industrielle Anlage)• weitere Substrate für Co-Vergärung nötig	

Tabelle 1: Potenzielle Energieträger



ÖRTLICH UNGEBUNDENE UMWELTWÄRME UND ERNEUERBARE ENERGIETRÄGER

Ressourcen	Bezug von Informationen zum ökologischen Potenzial	Nutzungsmöglichkeiten
Sonnenenergie	<ul style="list-style-type: none">• In der Regel basiert die Potenzialabschätzung im Wärmebereich auf der nutzbaren Dachfläche (www.sonnendach.ch) oder Fassadenfläche (www.sonnenfassade.ch) und dem lokalen Wärmebedarf• Der solare Deckungsgrad sowie die Jahreserträge im Mittelland und im Alpenraum sind im Modul 5 eingehend beschrieben. <p>Bemerkung</p> <ul style="list-style-type: none">• Dachflächen, die nicht für die Wärmenutzung benutzt werden, können zur Stromproduktion verwendet werden (zum Beispiel Turnhalle, Mehrzweckhallen, Scheunendächer)	<ul style="list-style-type: none">• Dezentrale Anlagen in Einzelobjekten zur Warmwassererwärmung mit oder ohne Heizungsunterstützung• Einbindung in thermische Netze für Sommerbetrieb interessant• Überschusswärme für Regeneration von Erdsonden nutzbar.
Wärmenutzung aus Umgebungsluft	<ul style="list-style-type: none">• Top-Down Ansatz zur Deckung des Wärmebedarfes <p>Bemerkungen</p> <ul style="list-style-type: none">• Nutzung von Erdwärme sowie Wärme aus Gewässern sind der Nutzung der Umgebungsluft vorzuziehen (bessere COP)• Die Nutzung in energetisch sanierten oder neu erstellten Bauten ist der Nutzung in schlecht gedämmten Altbauten vorzuziehen (bessere COP)	<ul style="list-style-type: none">• Dezentrale Anlagen vor allem in Einzelobjekten

Tabelle 1: Potenzielle Energieträger

Potenziale zur Elektrizitätsproduktion

Die Potenzialanalyse für die räumliche Energieplanung kann die Produktion von Strom aus erneuerbaren Quellen auf Gemeindegebiet miteinschliessen.

Neben der Stromproduktion aus Wasserkraft, Sonne oder Wind ist vor allem auch die Elektrizitätserzeugung in Wärmekraftkopplungsanlagen (WKK) von Bedeutung. Solche Anlagen besitzen einen hohen Wirkungsgrad, sofern auch die Wärme vollständig genutzt werden kann. WKK-Anlagen sind daher wärmeorientiert zu steuern und in unmittelbarer oder naher Umgebung sollten genügend Wärmeabnehmer vorhanden sein. WKK-Anlagen sollten möglichst nicht fossil betrieben werden. Grundsätzlich sind folgende Quellen für die Stromproduktion geeignet:

ABWÄRME AUS KEHRICHTVERBRENNUNG

Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA) liefern hochwertige Abwärme, die für die Stromerzeugung nutzbar ist; die Restwärme wird in ein thermisches Netz eingespeist.

KLÄRGAS AUS ABWASSERREINIGUNG

Abwasserreinigungsanlagen (ARA) nutzen das Klärgas in der Regel für den Betrieb eigener WKK-Anlagen, um einen Teil des Stromeigenbedarfs zu decken. Das Einspeisen von Klärgas ins Erdgasnetz ist bei grossen Anlagen möglich.

BIOMASSE UND HOLZ

WKK-Anlagen mit Biomasse und Holz setzen eine Anlagegrösse im Megawattbereich voraus; die Wärme ist für die Versorgung in einem Wärmeverbund abzugeben. Als Richtwerte für die Anteile erzeugter Energie gelten bei Strom: 20 % bis 25 %, und bei Wärme: 75 % bis 80 %.

SONNENENERGIE

Dachflächen und Fassaden mit entsprechender Neigung und Exposition können für die Wärme- oder Elektrizitätsproduktion genutzt werden. Das Potenzial zur Stromproduktion ist primär durch die vorhandenen Flächen begrenzt und beträgt 67 TWh/a (BFE 2019, www.sonnendach.ch).

Grundsätzlich kann mit einem jährlichen Stromertrag pro Solarzellenmodul zwischen 150 und 230 kWh/m² gerechnet werden (BFE 2019, www.sonnendach.ch). Genauere Aussagen zum Potenzial für die Photovoltaikanwendung in einer Gemeinde können für Dächer und Fassaden pro Gebäude oder pro Gemeinde unter: www.sonnendach.ch, www.sonnenfassade.ch) abgefragt werden.

WIND

Die Nutzung von Windenergie ist nicht überall sinnvoll. Das Potenzial ist im Einzelfall abzuklären, anhand folgender Kriterien: minimale durchschnittliche Windstärke von 4,5 m/s; Distanz zum Siedlungsgebiet 300 bis 500 m; Lärmbelastung und Landschaftsschutz (regionale Eignungskarten: www.windatlas.ch). In den meisten Kantonen sind im Richtplan Gebiete oder Kriterien zur Windstromproduktion ausgeschieden.

WASSERKRAFT

Für eine Wasserkraftnutzung fallen Fließgewässer und die Trinkwasserversorgung in Betracht. Letztere ist unter Ausnutzung des Gefälles machbar, aber für jeden Einzelfall abzuklären. Eine nähere Abklärung lohnt sich, wenn eine Quelle mind. 10 l/s ausschüttet und die Höhendifferenz mind. 50 m beträgt. Ausserdem sind für bestehende Wasserkraftanlagen mögliche Erweiterungen bzw. bei Neuanlagen nicht mehr genutzte Wasserrechte oder -konzessionen zu betrachten. Dies unter Berücksichtigung, dass das ökologische Potenzial bis auf wenige Ausnahmen ausgeschöpft ist.

Gewisse Kantone verfügen über eine Potenzialbetrachtung der Gewässer (z.B. Kt. Bern) und publizieren diese in Studien oder im Geoportale.

GEOTHERMIE

Die Nutzung der tiefen Geothermie zur Erzeugung von Elektrizität ist grundsätzlich möglich. In der Schweiz werden immer wieder Erkundungen durchgeführt. Erfolgreiche Projekte liegen noch keine vor.

WKK

Effiziente Technologie zur Nutzung von erneuerbaren Brennstoffen für die Stromerzeugung bei vollständiger Abwärmenutzung (siehe Modul 5 «Wärmeerzeugung»).

Energienetz der Zukunft

Mit zunehmender Stromproduktion aus Quellen mit schwankendem Angebot, beispielsweise Sonnen- oder Windenergie, steigen die Anforderungen an die Regelung der Stromversorgung. Mit der Wasserkraft besitzt die Schweiz ein grosses Mass an Regelenergie (Speicherkraftwerke). Mit neuen Technologien lässt sich das Zusammenspiel von schwankendem Angebot und Steuerung der Nachfrage verbessern.

- Der Eigenverbrauch (in Gemeinschaften oder Quartieren) von Strom aus dezentraler Erzeugung entlastet das Stromnetz und erhöht die Wirtschaftlichkeit von Anlagen.
- Mit Smart Grid als Stromnetz der Zukunft lassen sich dezentrale Energieproduktion, schwankende Nachfrage und dezentrale Speicherung, beispielsweise mit den Batterien von Elektrofahrzeugen, optimal und energieeffizient koordinieren. In einem Smart Grid kann die Stromnachfrage teilweise dem Angebot angepasst werden.
- Eine Überproduktion von erneuerbarem Strom kann künftig evtl. als synthetisches Gas im Gasnetz gespeichert werden (Power-to-Gas-Technologie vgl. Modul 10)

Effizienzpotenziale

Neben der Nutzung von regionalen Potenzialen für die Stromerzeugung aus Abwärme und erneuerbaren Energien sind auch die Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz zu beachten. Die Effizienzpotenziale beim Stromverbrauch werden – bezogen auf den damaligen Verbrauch – folgendermassen abgeschätzt (BFE 2009: Effizienzmassnahmen im Elektrizitätsbereich, Grundlage für wettbewerbliche Ausschreibungen):

- Haushaltssektor: 42 %
- Dienstleistungssektor: 43 %
- Industriebereich: 23 %
- Verkehrsbereich: 20 %

Impressum

Herausgeber: EnergieSchweiz für Gemeinden,
c/o Nova Energie GmbH, 8370 Sirmach

Erstdruck: Februar 2011; Revision August 2019

Auftragnehmer: PLANAR AG für Raumentwicklung, 8055 Zürich;

Begleitgruppe Revision: Brandes Energie AG, econcept AG

Unterstützung: Kantone Aargau, Bern, Luzern, Schaffhausen,
St.Gallen, Thurgau und Zürich, Amt für Raumentwicklung ARE,
Bundesamt für Energie BFE