

Vom Rohstoff zur Energie

Isabel Ballmer | WSL Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft | Kontakt Kanton Aargau: DBVU, Abteilung Energie | 062 835 28 80

Sind die Ziele der nationalen Energiestrategie im Aargau erreichbar und welche Rolle spielen dabei die einzelnen erneuerbaren Energien wie Wasserkraft, Sonnenenergie, Windenergie und Biomasse? Eine Studie zeigt, dass in Bezug auf die erneuerbare Stromproduktion diese Ziele im Aargau erfüllt werden können. Wie es in Bezug auf die Wärme aussieht, ist schwer zu beziffern, und bei den Treibstoffen ist die Umstellung von fossil auf erneuerbar am wenigsten weit fortgeschritten.

Seit Sommer 2013 läuft das Projekt «Erneuerbare Energien Aargau» in Zusammenarbeit der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) mit dem Kanton Aargau, der AEW ENERGIE AG und dem Paul Scherrer Institut (PSI). Ziel des Projektes ist, die erneuerbaren Energien in der Gesamtschau zu betrachten und so Erkenntnisse zu den Rollen der einzelnen Energieträger zu gewinnen. Die Frage, wie vorhandene lokale Ressourcen – beispielsweise das Waldenergieholz – im Hinblick auf die Energiestrategie des Bundes in Zukunft eingesetzt werden sollen, steht im Projekt im Vordergrund.

Die einzelnen erneuerbaren Energien spielen dabei unterschiedliche Rollen. Die Wasserkraft leistet heute und in Zukunft mengenmässig den grössten Beitrag zur erneuerbaren Aargauer Energieversorgung, bei der Sonnenenergie ist noch das grösste Zusatzpotenzial vorhanden und die Biomasse – insbesondere das Waldenergieholz – birgt die vielfältigsten zusätzlichen Möglichkeiten einer energetischen Nutzung.

Der Kanton Aargau als Fallbeispiel zur Veranschaulichung der nationalen Energiestrategie

Der Kanton Aargau spielt seit jeher in der Schweizer Energiewirtschaft eine besondere Rolle. Dies einerseits durch seinen Beitrag von rund 30 Prozent an der nationalen Stromproduktion, die zu einem grossen Teil aus den im Kan-

ton angesiedelten Kernenergieanlagen und den Laufwasserkraftwerken stammen. Andererseits dient der Aargau

der Schweiz als Energiedrehscheibe für den internationalen Stromtransit und die Erdgasversorgung. In Bezug auf die für die Energiebereitstellung zur Verfügung stehenden Ressourcen ist der Kanton Aargau mit der Gesamtschweiz vergleichbar. Die Fließgewässer hingegen sind mit dem «Wasserschloss», bestehend aus Aare, Limmat und Reuss, überproportional stark vertreten. Die Anteile der einzelnen Wirtschaftssektoren und die Einkommenssituation sind im Aargau wiederum repräsentativ, einzig die Bevölkerung

Eckdaten zur aktuellen erneuerbaren Stromversorgung im Kanton Aargau

- Rund 5000 Energieanlagen (von schätzungsweise 75'000 Anlagen zur erneuerbaren Energiebereitstellung) sind Stromproduktions-Anlagen, davon ein erheblicher Anteil Fotovoltaik-Kleinanlagen.
- Rund 96 Prozent der erneuerbaren Stromproduktion im Aargau stammt aktuell aus der Wasserkraft, dabei tragen rund 26 Anlagen in relevantem Mass zur Stromproduktion bei.
- Die verbleibenden rund 4 Prozent der erneuerbaren Stromproduktion werden je etwa zur Hälfte durch den erneuerbaren Anteil der Kehrichtverbrennung sowie durch die neuen Erneuerbaren bereitgestellt (im Aargau heute v. a. Fotovoltaik- und Biogasanlagen).

Eckdaten zur aktuellen erneuerbaren Wärmeversorgung sowie zu Abwärmepotenzialen im Kanton Aargau

- Rund 70'000 Energieanlagen (von schätzungsweise 75'000 Anlagen zur erneuerbaren Energiebereitstellung) stellen Wärme bereit.
- Dies sind vor allem kleine Einzelraum- und Gebäudeheizungen (~90 Prozent) sowie Erdwärmesonden und andere Wärmepumpensysteme (~10 Prozent). Wie viel Wärme sie genau bereitstellen, ist nicht bekannt, und auch der kantonale Wärmeverbrauch kann nur grob abgeschätzt werden.
- Aus den drei im Kanton Aargau ansässigen Kehrichtverbrennungsanlagen Turgi, Buchs und Oftringen stammen pro Jahr rund 130 Gigawattstunden Fernwärme. Damit werden rund 25 Prozent des vorhandenen Wärmepotenzials genutzt, Tendenz steigend.
- Die Kernenergieanlagen Beznau 1+2 sowie Leibstadt stellen pro Jahr gemeinsam knapp 3000 Gigawattstunden Fernwärme bereit. Dies entspricht einem Wärmenutzungsgrad von etwa einem Prozent. Mittels bestehender Ausbauprojekte könnte dieser Anteil auf eine Leistung von rund 1350 Megawatt und somit gut 25 Prozent ansteigen. Die Kernenergieanlagen haben eine Wärmeleistung von 65 Prozent gegenüber einer elektrischen Leistung von 25 Prozent.

ist in den letzten Jahren spürbar stärker angewachsen als im Schweizer Durchschnitt. All diese Aspekte machen den Kanton Aargau zu einem interessanten Fallbeispiel, um die Umsetzung der nationalen Energiestrategie zu veranschaulichen.

Erneuerbare Energie im Aargau – heutiger Beitrag sowie Potenziale in Zukunft

Analysiert man verschiedene aargauische Datensätze (Energiestatistik, AGIS-Geodaten usw.) in Bezug auf den heutigen Ausbau der erneuerbaren Energien, entspricht die Situation im Aargau in etwa derjenigen der Gesamtschweiz. Gut 60 Prozent des kantonalen Strombedarfs können mit lokaler erneuerbarer Stromproduktion gedeckt werden. Dazu trägt aktuell die Wasserkraft mit Abstand den grössten Teil bei. Darauf folgt der erneuerbare Anteil aus den Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA). Gemäss Energieverordnung sind 50 Prozent daraus erneuerbar. Hinzu kommen die neuen Erneuerbaren. Im Aargau sind das heute hauptsächlich Fotovoltaik- und Biogasanlagen. Die neuen Erneuerbaren sollen laut Energiestrategie in Zukunft jedoch eine zunehmende Rolle spielen – und dies nicht nur bezüglich Strom, sondern auch im Bereich der Wärme- und Treibstoffbereitstellung. Bei der Wärme nimmt der erneuerbare Anteil im Aargau insbesondere durch den Ausbau der Umweltwärmenutzung stetig zu. Bei den Treibstoffen hingegen ist er aktuell verschwindend gering. Es stellt sich somit die Frage, ob und wie die Ziele der nationalen Energiestrategie auf kantonaler Ebene zu erreichen sind. Zudem fragt sich, in welchem Mass dies eine Intensitätssteigerung bei der Nutzung natürlicher Ressourcen zur Folge haben wird.

Nationale Energiestrategie 2050, angewendet auf den Kanton Aargau

Die nationale Energiestrategie vertritt im Wesentlichen die Grundsätze, dass der Endenergie- sowie der Stromverbrauch reduziert, der Anteil der erneuerbaren Energien erhöht und die energetischen CO₂-Emissionen gesenkt werden sollen. Die Strategie basiert

Eckdaten zur aktuellen erneuerbaren Treibstoffversorgung im Kanton Aargau

- Anlagen zur Produktion erneuerbarer Treibstoffe gibt es nur wenige, die meisten davon sind Biogasanlagen. Der Rest produziert Biodiesel aus Altöl.
- Aargauer Biogasanlagen verstromen das Biogas direkt vor Ort und speisen somit in das Strom- und nicht in das Gasnetz ein.

Eckdaten zum Szenario «Neue Energiepolitik (NEP)» sowie zur Stromerzeugungsvariante «Erneuerbar (E)»

- Im Zeitraum zwischen 2010 und 2050 nimmt die (End-)Energienachfrage im Szenario NEP um rund 50 Prozent ab, die Nachfrage nach Elektrizität hingegen nur um rund 10 Prozent. Bei der Nachfrage nach fossilen Energieträgern ist die Abnahme mit rund minus 80 Prozent hingegen gewichtig. Grund für den vergleichsweise schwachen Rückgang bei der Elektrizität sind ein Ausbau der Wärmepumpen sowie eine starke Elektrifizierung beim Personenverkehr.
- In der Stromerzeugungsvariante «E» wird praktisch der gesamte Strom mit erneuerbaren Energien bereitgestellt. Dazu tragen im Aargau die Wasserkraft mit etwa zwei Drittel und die neuen Erneuerbaren (vor allem Fotovoltaik und Biogasanlagen) mit etwa einem Drittel bei – insbesondere bei der Stromproduktion aus neuen Erneuerbaren ist somit gegenüber dem heutigen Stand ein starker Ausbau notwendig.

auf verschiedenen Energieszenarien und Stromversorgungsvarianten. Hier wird auf das Szenario «Neue Energiepolitik (NEP)» Bezug genommen, das dem stärksten Umbau des Energiesystems entspricht und das einzige Szenario ist, bei welchem die Klimaziele erreicht werden können. Die Stromerzeugungsvariante «Erneuerbar (E)» beinhaltet den grössten Ausbau der Erneuerbaren und steht damit für die stärkste energetische Nutzung der natürlichen Ressourcen. Die Stromversorgungsziele aus dem Szenario NEP Variante E scheinen im Aargau mit lokalen Ressourcen erreichbar zu sein, wenn auch durch eine andere Zusammensetzung als in den nationalen Szenarien vorgesehen. Im Aargau tragen vor allem die Wasserkraft sowie der bestehende Mix aus KVA und den neuen Erneuerbaren (Fotovoltaik und Biogasanlagen) zur heutigen erneuerbaren Stromproduktion bei. Die Zusatzpotenziale liegen primär beim Ausbau der Sonnenenergie (gut 1100 Gigawattstunden pro Jahr), bei der Windenergienutzung (50 Gigawattstunden pro Jahr) sowie bei der Optimierung der (Klein-)Wasserkraft

(25 Gigawattstunden pro Jahr). Die KVA spielen in der zukünftigen Stromversorgung eine untergeordnete Rolle. Die Herausforderungen liegen dort in einer verstärkten Abwärmenutzung sowie dabei, die Abfallmenge zu reduzieren, respektive die stoffliche Weiterverwendung der Abfälle zu steigern. Die Bereitstellung von Energie spielt in der Abfallwirtschaft eine Nebenrolle.

Stromerzeugungspotenziale aus der Tiefengeothermie sind im ausgewiesenen Zusatzpotenzial von gesamthaft rund 1180 Gigawattstunden pro Jahr keine enthalten, da im Aargau aktuell ein konkretes Projekt vorangetrieben wird.

Summiert man hingegen alle aktuell im Aargau zusätzlich nutzbaren Biomassenpotenziale auf, zeigt sich ein Energieinhalt von rund 500 Gigawattstunden pro Jahr. Unter Berücksichtigung eines elektrischen Wirkungsgrads von 30 Prozent bei der Umwandlung in Nutzenergie wären damit jährlich rund 150 Gigawattstunden Strom bereitstellbar. Dies ist zwar deutlich weniger Strom als beispielsweise aus der Fotovoltaik. Da es bei

der Energiebereitstellung aus Biomasse aufgrund der Lagerfähigkeit des Rohstoffs hingegen kaum saisonale und keine tageszeitlichen Schwankungen gibt, ihre Bereitstellung je nach Energieanlage gar kurzzeitig regulierbar ist, dürfte die Biomasse in Zukunft im Gesamtenergiesystem dennoch eine nicht unerhebliche Rolle spielen.

In Bezug auf die Wärme- und Treibstoffbereitstellung im Kanton Aargau ist eine quantitative Gegenüberstellung von Ist- und Soll-Werten schwieriger als beim Strom. Denn bezüglich der Wärmemengen sind weder Produktion noch Verbrauch eindeutig quantifizierbar, da Wärme (abgesehen von der Fernwärme) jeweils erst direkt vor Ort produziert und verbraucht und dadurch nicht zentral bilanziert wird.

Erneuerbare Treibstoffe werden aktuell im Aargau erst in sehr geringem Mass produziert, der grösste Teil davon ist Biogas. Die Aargauer Biogasanlagen verstromen das Biogas hingegen direkt vor Ort und speisen somit in das Strom- und nicht in das Gasnetz ein. Einzig kleine Mengen von Biodiesel aus Altöl werden direkt als Treibstoff weiterverwendet.

Rohstoff oder Energie – die Biomasse als Dreh- und Angelpunkt im erneuerbaren Energiesystem

Im Hinblick auf Potenzialbetrachtungen erneuerbarer Energien kommen verschiedene Betrachtungsebenen ins Spiel. Denn einerseits geht es um die Energieinhalte natürlicher Ressourcen, andererseits um Energiemengen, aufgeteilt auf die verschiedenen Nutzenergieformen Strom, Wärme, Treibstoffe. In den nationalen Energieszenarien wird aufgezeigt, wie viel Nutzenergie zu welchen Zeitpunkten nachgefragt und bereitgestellt wird.

Die Frage, welche Rohstoffe für welche Nutzenergieproduktion eingesetzt werden sollen, stellt sich nicht bei allen Erneuerbaren im gleichen Mass. Für die Biomasse und insbesondere für das Waldenergieholz hingegen dürfte sie in Zukunft an Relevanz zunehmen. Denn hier besteht eine Konkurrenz bezüglich der Ressourcenverwendung. Ob ein höherer Wirkungsgrad oder eine höhere Wertigkeit als

relevanter betrachtet wird bei der Beurteilung verschiedener Technologien, ist eine Frage der Interessenabwägung. Der Begriff der Wertigkeit bezieht sich auf die «Qualität» einer Nutzenergieform; Strom und Treibstoffe sind höherwertige Nutzenergieformen als Wärme. Auch innerhalb der Biomassen gibt es Unterschiede, da sich die zusätzlich mobilisierbaren Rohstoffmengen wie auch die technologischen Optionen für die energetische Nutzung von Waldenergieholz, Hofdünger und Grünabfällen stark unterscheiden. Das grösste Potenzial für zusätzlich nutzbare Biomassen liegt beim Waldenergieholz, gefolgt vom Hofdünger. Durch eine differenzierte Betrachtung können die Chancen jeder Biomassenkategorie identifiziert und vorhandene Zusatzpotenziale optimal ausgeschöpft werden. Je nachdem, ob diese nun in der zusätzlichen Ressourcenmobilisierung, der verstärkten Kaskadennutzung (d. h. kombinierte stoffliche und energetische Nutzung), oder der technologischen Optimierung von Energieanlagen liegen. Die Frage der Knappheit lokal vorkommender Ressourcen hängt bei der Biomasse jedenfalls vor allem auch vom Wechselspiel zwischen der Bereitstellung von Strom, Wärme und Treibstoffen ab und weniger von der Gesamtmenge der Ressource. Bei den Brenn- und Treibstoffen aus Biomasse (Holzpellets, flüssige Biotreibstoffe usw.) stellt sich zudem die Frage, ob Rohstoff oder Endprodukt importiert werden soll, wie dies bisher bei den fossilen Brenn- und Treibstoffen der Fall war. Oder ob Brenn- und Treibstoffe in Zukunft komplett aus lokalen, erneuerbaren Quellen stammen sollen. Es muss zudem diskutiert werden, aus welchen Ressourcen deren Herstellung als sinnvoll erachtet wird. In den Energieszenarien werden diese Aspekte nicht eindeutig beantwortet. Für die Wärmeversorgung stehen neben der Bereitstellung von Wärme aus Biomasse verschiedene erneuerbare Möglichkeiten zur Verfügung – beispielsweise Erdwärmesonden, Solarthermie oder diverse weitere Wärmepumpensysteme. Wie bei den bisher oft ungenutzten Abwärmepotenzialen aus der Industrie besteht hierbei kaum Nutzungskonkurrenz.

Nach Abschluss des Projekts «Erneuerbare Energien Aargau» werden verbleibende Fragen zur optimalen energetischen Nutzung von Biomasse auf Ebene Schweiz im Kompetenzzentrum Biomasse des Bundes (SCCER Biosweet) weiterverfolgt. Das SCCER Biosweet wurde als eines von sieben Energie-Kompetenzzentren im Jahr 2014 gegründet und wird vom Kanton Aargau unterstützt.

Herausforderungen im Gesamtenergiesystem

Der Umbau des Energiesystems erfordert Veränderungen in den verschiedenen Energiemärkten. Insbesondere der Strommarkt ist gefordert – umso mehr, als aktuell auch dessen Öffnung vorangetrieben wird. Die Schwankungen bei der Bereitstellung von Strom werden mit einer Erhöhung des erneuerbaren Anteils zunehmen, wenn auch teilweise parallel zu den Schwankungen der Nachfrage (tageszeitliche Schwankungen). Die bedarfsgerechte erneuerbare Stromproduktion wird wichtiger, ebenso wie neue Speicher- und Ausgleichskapazitäten (saisonal sowie tageszeitlich). Die «Power-to-gas»-Technologie könnte durch die Verknüpfung von Strom- und Treibstoffmarkt diesem Problem Abhilfe schaffen. Denn mittels «Power-to-gas» kann überschüssiger Strom in Gas (mit Erdgasqualität) umgewandelt und so gespeichert werden. Die Möglichkeit, Biomasse für die bedarfsgerechte Bereitstellung von Strom, Wärme und Treibstoffen einzusetzen, ist einzigartig und macht sie besonders wertvoll.



Foto: Oliver Thees, WSL

Die einzelnen erneuerbaren Energien spielen bei der Energiestrategie des Bundes eine ganz unterschiedliche Rolle. Die Biomasse und insbesondere das Waldenergieholz bergen die vielfältigsten zusätzlichen Möglichkeiten einer energetischen Nutzung.

Und auch bei der Energiespeicherung mittels «Power-to-Gas» kann die Biomasse eine besondere Rolle spielen. Nämlich als Quelle von erneuerbarem Kohlenstoff, der beim Umwandlungsprozess benötigt wird. Gesamtsystem-Betrachtungen werden folglich wichtiger und spielen bereits heute, insbesondere in Zusammenhang mit der energetischen Nutzung von Biomasse, eine wichtige Rolle. Bestehende Lenkungsmechanismen (wie die Kostendeckende Einspeisevergütung [KEV]) beziehen sich jedoch meist nur auf eine Nutzenergieform und bergen dadurch die Gefahr, Konkurrenznutzungen ungewollt zu benachteiligen. Die Tatsache, dass die Biomasse heute oft als «letzte Option» für die erneuerbare Stromproduktion angesehen wird und meist auf finanzielle Förderung angewiesen ist, könnte sich aufgrund der genannten Vorzüge in Zukunft jedoch ändern.

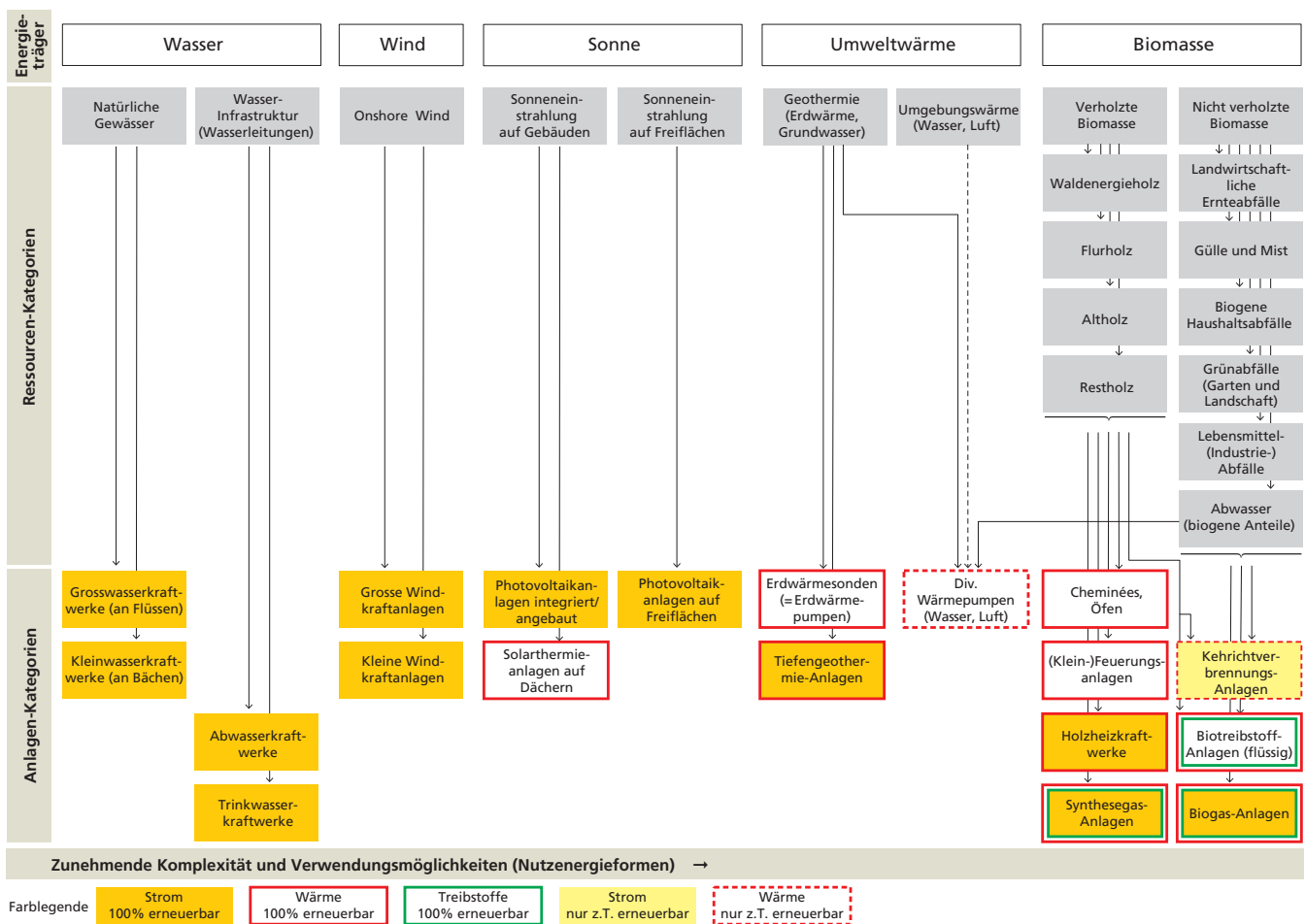
Erreichbarkeit der Energiestrategieziele im Aargau

Die Ziele der nationalen Energiestrategie in Bezug auf die erneuerbare Stromproduktion können im Aargau erfüllt werden. Wie es in Bezug auf die Wärme aussieht, ist schwer zu beziffern, und bei den Treibstoffen ist die Umstellung von fossil auf erneuerbar am wenigsten weit fortgeschritten. Bisher werden nur kleine Mengen Flüssigtreibstoff im Aargau produziert (Biodiesel aus Altöl). Die Herstellung von Bioethanol aus lokalen Rohstoffen ist teilweise technologisch noch nicht ausgereift oder für die Herstellung im kleinen Massstab relativ teuer. Im Aargau produziertes Biogas wird aktuell jeweils direkt vor Ort in Strom und Wärme umgewandelt, für die Zukunft bestehen jedoch Bestrebungen für dessen Einspeisung ins Gasnetz. Die Situation in der Gesamtschweiz sieht derjenigen im Aargau in vieler Hinsicht ähnlich. Ob der grundlegende Richtungswechsel mit seinen ambi-

tiösen Effizienzzielen gelingt und ob eine zum (End-)Energieverbrauch proportionale Aufteilung auf die Kantone sinnvoll und zielführend ist, ist fraglich. Die Betrachtung auf kantonaler Ebene zeigt uns jedoch einerseits, dass der Kanton Aargau durchaus einen Beitrag zur Umsetzung der Energiewende leisten kann – mindestens bezüglich Strom und Wärme. Und sie hilft andererseits, grundlegende Problemstellungen wie die Verknüpfung von Rohstoff und Energie bei der Biomasse zu veranschaulichen und so zu einem verbesserten Systemverständnis beizutragen.

Der Schlussbericht zur Studie mit dem Titel «Erneuerbare Energien Aargau» kann ab Ende Juli 2015 unter www.wsl.ch > Dienstleistungen und Produkte > Publikationen > Schriftenreihe > WSL Berichte heruntergeladen werden.

Erneuerbare Energieträger



Hier ist die Verknüpfung von Rohstoff und Nutzenergie via die verschiedenen Anlagenkategorien dargestellt. Zudem zeigt die Grafik die unterschiedliche Komplexität der einzelnen Energieträger, sowohl auf Ebene der Ressourcen wie auch auf derjenigen der Anlagen. Die Biomasse weist hierbei die grösste Vielfalt auf.