
Energieautarkie für Österreich 2050

Feasibility Study

Kurzfassung

Autorinnen und Autoren

Wolfgang Streicher, Universität Innsbruck - Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften, Arbeitsbereich Energieeffizientes Bauen

Hans Schnitzer, Michaela Titz, TU Graz, Institut für Prozess- und Partikeltechnik

Florian Tatzber, Richard Heimrath, Ina Wetz, TU Graz, Institut für Wärmetechnik

Stefan Hausberger, TU Graz, Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik

Reinhard Haas, Gerald Kalt, TU Wien, Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft, Energy Economics Group

Andrea Damm, Karl Steininger, Universität Graz - Wegener Center for Climate and Global Change

Stephan Oblasser, Landesenergiebeauftragter Tirol

Review:

Michael Cerveny, Andreas Veigl, ÖGUT, Wien

Consulting:

Martin Kaltschmitt, Universität Hamburg-Harburg

Dezember 2010

Kurzfassung

Um den globalen Temperaturanstieg aufgrund des Klimawandels auf 2°C zu begrenzen, forderte der Rat der Europäischen Union (2009) alle Verhandlungsparteien der Klimakonferenz in Kopenhagen auf, sich das 2°C Ziel zu eigen zu machen. Die Industrieländer müssten ihre Treibhausgas-Emissionen um mindestens 80 % bis 95 % bis 2050 gegenüber dem Niveau von 1990 absenken. Eine ähnliche Empfehlung gaben die Spitze der G8 bei ihrem Treffen 2009 in L'Aquila ab. Dies impliziert den Ausstieg aus der fossilen Energieversorgung. Die vorliegende Studie untersucht, ob und unter welchen Rahmenbedingungen im Zeithorizont 2050 eine 100-prozentige Versorgung Österreichs mit eigenen erneuerbaren Energieträgern möglich ist.

Generelle Annahmen für die Studie:

- Österreich wird im Jahr 2050 zu 100 % aus heimischen erneuerbaren Energieträgern versorgt.
- Es wird angenommen, dass der derzeit gegebene Netto-Energieimport in Form von grauer Energie in Gütern nicht weiter zunimmt. Österreich importiert derzeit deutlich mehr Energie in Form von grauer Energie in Gütern als es auf ebendiese Weise exportiert. Würden diese Netto-Bilanzierung mit dem Ausland via „Energie in Gütern“ berücksichtigt, wäre Österreichs Verbrauch an fossiler Energie derzeit um 44 % höher als in der Energiestatistik ausgewiesen. Dieser Umstand ist auch für die Interpretation des Begriffs „Energieautarkie“ und das in dieser Studie entwickelte Szenario relevant.
- Es werden nur landwirtschaftliche Überschussflächen zur Deckung mit erneuerbaren Energieträgern herangezogen. Der landwirtschaftliche Flächenbedarf Österreichs für die Nahrungs- und Futtermittelproduktion wird konstant gelassen.
- Energieaustausch mit den EU-Nachbarländern wird im Import/Export auf Tages- und Wochenbasis zugelassen – im Jahresmittel beträgt der Import/Exportsaldo Null.
- Was die Speicherung von Elektrizität betrifft wird angenommen, dass Österreich nur die nationale Überproduktion an Strom im Sommer in eigenen Pumpspeicherkraftwerken oder chemischen Speichern zwischenspeichern braucht.

Die mögliche zukünftige Rolle von Smart Grids zur Vernetzung von (dezentralen) Erzeugern, Speichern und Verbrauchern wird in der Studie nur insofern berücksichtigt, als dies eine notwendige Voraussetzung zur Aufrechterhaltung des heute hohen Niveaus der Versorgungssicherheit darstellt und den Ausgleich elektrischer Energie über mehrere Stunden bis zu wenigen Tagen gewährleistet.

Potentiale erneuerbarer Energieträger

Die technischen Potentiale an erneuerbaren Energieträgern wurden basierend auf vorhandenen Studien und der Literatur erhoben. Die Potentiale wurden in den betrachteten Szenarien nicht voll ausgeschöpft, da dies unter den getroffenen Annahmen nicht erforderlich war.

Berücksichtigte erneuerbare Energieträger

- Biomasse (Forstwirtschaft, Landwirtschaft und Grünabfälle, Klärschlamm und Schwarzlauge, Reststoffe von Industrie und Gewerbe, Altspeiseöle und Fette). Die Biomasse kann in Nieder- und Hochtemperaturwärme, Elektrizität, Biogas und synthetisches Gas und Kraftstoffe umgewandelt werden. Allerdings wird die stoffliche Verwertung der Biomasse (als Baustoff und Industrierohstoff) auch weiterhin als prioritär erachtet und dementsprechend bei der Ermittlung des für die energetische Nutzung verfügbaren Potentials berücksichtigt.
- Wasserkraft und ihre Umwandlung in Elektrizität und als Tages- und Saisonspeicher für Elektrizität über Pumpspeicherkraftwerke.
- Windenergie und ihre Umwandlung in Elektrizität sowie ihre tages- und saisonale Speichernotwendigkeit.
- Photovoltaik und ihre Umwandlung in Elektrizität sowie ihre tages- und saisonale Speichernotwendigkeit.
- Solarthermie und ihre Nutzungsmöglichkeit für Niedertemperaturwärme in Gebäuden und Produktion.
- Oberflächennahe Geothermie und Umweltwärme und ihre Nutzungsmöglichkeit über Wärmepumpen (mit dem entsprechenden Bedarf an Elektrizität) für Niedertemperaturwärme in Gebäuden und Produktion.
- Tiefe Geothermie und ihre Nutzungsmöglichkeit für Wärme und Elektrizität.
- Nicht biogene Abfälle werden nicht berücksichtigt, da für 2050 von einer stark erhöhten stofflichen Recyclingquote ausgegangen wird.

Berücksichtigte Umwandlungstechnologien von Primär- auf Sekundärenergieträger

- Kraft-Wärme-Koppelung
- Anlagen zur Herstellung von Bioethanol aus Biomasse
- Anlagen zur Vergasung und Biogas (Methan) aus Biomasse
- Anlagen zur Herstellung von 2nd generation fuels (FT-Diesel, Biomethan)
- Anlagen zur Herstellung von Kraftstoffen und Methan aus Elektrizität und CO₂ der Atmosphäre (Erneuerbares Methan, höherkettige Kohlenwasserstoffe aus Elektrizität und CO₂)

Struktur des Energiebedarfs und der Effizienz

Der Energiebedarf wurde in den Sektoren Gebäude und Mobilität über Energiedienstleistungen (m² erwärmte/gekühlte Gebäudefläche, Personen- bzw. Tonnenkilometer) definiert. Mit diesem Ansatz können bei gegebenem Gebäudekomfort und Mobilitätsbedürfnis der Bevölkerung sowohl die Effizienzerhöhung bei Gebäuden (Energiebedarfsreduktion durch hochwertige Gebäudesanierung und Passivhäuser im Neubau) und der Mobilität (Senkung des Flottenverbrauchs) als auch die Deckung über andere Technologien (Öffentlicher Verkehr, nichtmotorisierter Individualverkehr) gleichberechtigt mit dem Einsatz erneuerbarer

Energieträger über verschiedene Technologiepfade berücksichtigt werden. Im Bereich der Produktion wurde aufgrund fehlender Werte ein anderer Zugang gewählt. Hier wurde im Zuge der Betrachtungen der Energiebedarf einzelnen Energiebedarfskategorien nach ÖNACE zugeordnet, da das Energiedienstleistungskonzept aufgrund der Vielfalt an Outputs für den Produktionsbereich nicht angewandt werden kann.

Szenarien des Energiebedarfs und deren Grundannahmen

Die Bandbreite des Bedarfs an Energiedienstleistungen für das Jahr 2050 wurde über drei Szenarien dargestellt, wobei nur das Konstant- und Wachstumsszenario durchgängig berechnet wurden:

- **Konstantsszenario:** Niveau der Energiedienstleistung von Mobilität und Gebäuden bzw. Bruttowertschöpfung der Industrie 2050 wie 2008.
- **Wachstumsszenario:** konstantes Wachstum der Energiedienstleistung von Mobilität und Gebäuden und Bruttowertschöpfung der Industrie bis 2050 0,8 % p.a., d. h. Anstieg um knapp 40 % gegenüber 2008.
- **Effizienz-Wachstum:** wie Wachstumsszenario aber mit erhöhter Effizienz.

Der Endenergiebedarf für die definierten Energiedienstleistungen ergibt sich für 2050 damit zum einen aus einer Erhöhung der Effizienz (= Energieeinsparung) von Technologien, zum andern durch eine Verschiebung hin zu verbrauchsärmeren Technologien.

Im Bereich der privaten Mobilität kann der Energieverbrauch durch eine Verlagerung des Modal Splits und eine starke Verringerung des Flottenverbrauchs nachhaltig verringert werden. Der PKW-Verkehr könnte und müsste hohe Anteile elektrisch bewältigen. Damit werden die knappen möglichen Mengen an verfügbaren heimischen Kraftstoffen aus erneuerbaren Rohstoffen für schwere Nutzfahrzeuge und Maschinen in Land- und Bauwirtschaft frei, wo eine Elektrifizierung deutlich schwieriger wäre. Bei PKW ergibt sich so ein hoher Anteil von Plug-In Hybridfahrzeugen und reinen Elektrofahrzeugen. Verbrennungsmotorisch gefahrene Strecken müssten im Mittel mit etwa 3 ltr/100 km, elektrisch gefahrene Kilometer mit ca. 0,12 kWh/km zurückgelegt werden. Zusätzlich erfolgt auch noch eine starke Verlagerung auf öffentlichen Verkehr (ÖV) und nichtmotorisierten Individualverkehr (NMIV) auf einen Anteil von knapp 50 % (Konstant), bzw. über 60 % (Wachstum). Im Bereich des Güterverkehrs erfolgt eine fast vollständige Verlagerung des Straßenfernverkehrs auf die Schiene bzw. Schifffahrt und eine Verringerung des Flottenverbrauchs. Betrachtet werden auch mobile Maschinen und Geräte, Flugverkehr und Pipelines. Der regionale Flugverkehr wird in beiden Szenarien fast vollständig auf die Schiene verlagert. Insgesamt ergibt sich aus den beschriebenen Änderungen für das Konstantsszenario eine Verringerung des Energiebedarfs für Mobilität um über 70 %, im Wachstumsszenario um etwa 2/3. Abb. 0.1 zeigt den Endenergiebedarf im Bereich Mobilität für 2008 und für die beiden gerechneten Szenarien.

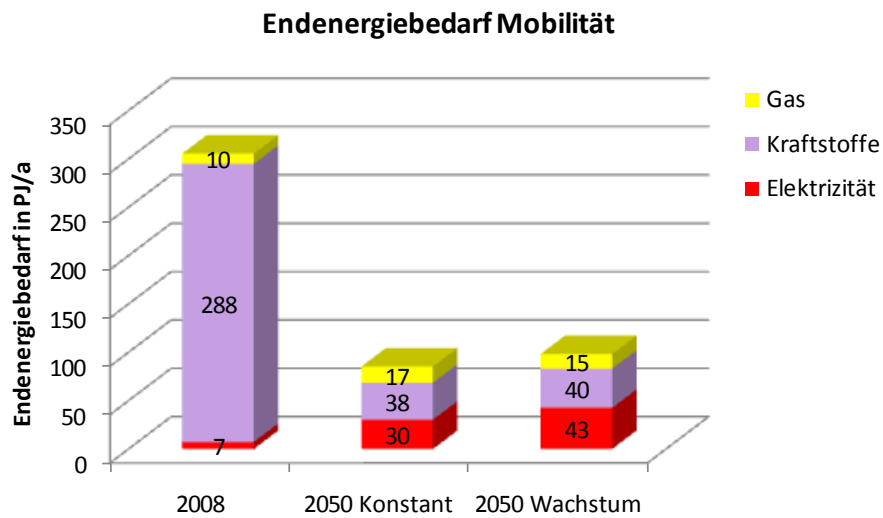


Abb.: 0.1 Endenergiebedarf der Mobilität 2008 und für die beiden Szenarien für 2050

Im Gebäudebereich geht durch die thermische Sanierung der durchschnittliche Heizenergiebedarf von derzeit etwa 144 kWh/m².a auf 61 kWh/m².a im Konstantenszenario und auf 49 kWh/m².a im Wachstumsszenario bis 2050 zurück. Der Kühlbedarf wird trotz des Klimawandels aufgrund der besseren Gebäudehüllen als leicht fallend angenommen. Der Strombedarf für Wohn- und Dienstleistungsgebäude wird sich bis 2050 insgesamt um knapp 20 % (Konstantenszenario) bzw. 7 % (Wachstumsszenario) reduzieren. Damit sinkt der Gebäudeenergiebedarf um 51 % im Konstant-, bzw. um 44 % im Wachstumsszenario. Die Beheizung des Gebäudebereichs erfolgt im Wachstumsszenario fast ausschließlich mit einer Kombination aus Wärmepumpe und Solarthermie – auf diese Weise kann die vorhandene Biomasse für Mobilität und Industrie bereit gestellt werden. Abb. 0.2 zeigt den Endenergiebedarf im Bereich Gebäude für 2008 und für die beiden gerechneten Szenarien.

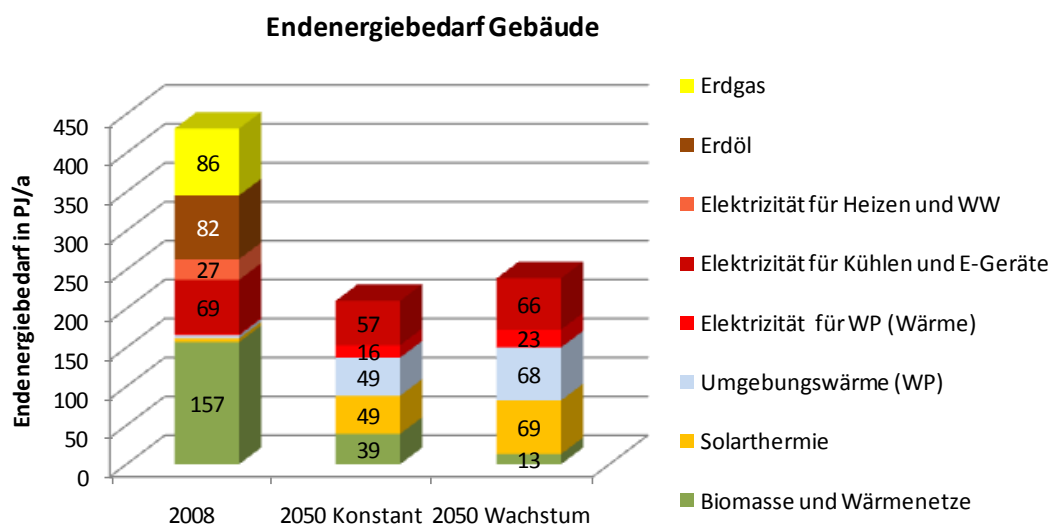


Abb.: 0.2 Endenergiebedarf der Gebäude 2008 und für die beiden Szenarien für 2050 (WW: Warmwasser, WP: Wärmepumpe)

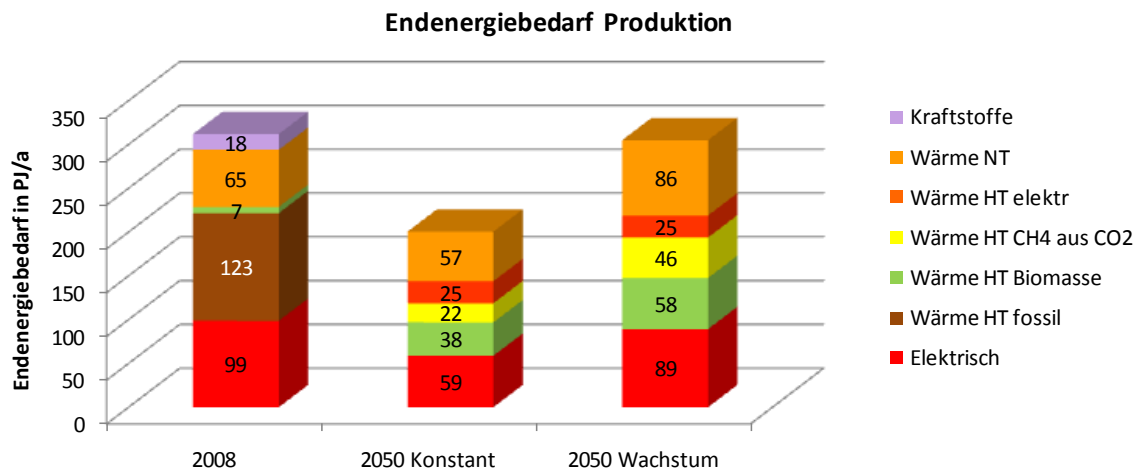


Abb.: 0.3 Endenergiebedarf der Produktion 2008 und für die beiden Szenarien für 2050 (NT: Niedertemperatur, HT: Hochtemperatur)

Im Produktionsbereich wird – in Anlehnung an die Vorgaben der Energieeffizienzrichtlinie der EU – von einer Effizienzverbesserung von 1 % p.a. ausgegangen, damit reduziert sich der Energiebedarf im Konstantenszenario um 35 %. Dies ist auf das stete Bestreben zurückzuführen, Produktionskosten zu senken und daraus resultierend Prozesse energieeffizienter zu gestalten. Im Produktions-Wachstumsszenario sinkt trotz einer angenommenen jährlich um 0,8 % steigenden Bruttowertschöpfung der Energiebedarf um 2,3 % bis 2050 gegenüber 2008. Abb. 0.3 zeigt den Endenergiebedarf im Bereich Produktion für 2008 und für die beiden gerechneten Szenarien.

Insgesamt verringert sich der Endenergiebedarf 2050 damit von ca. 1.100 PJ im Jahr 2008 um 53 % auf 497 PJ (Konstantenszenario) bzw. 38 % auf 647 PJ (Wachstumsszenario). Durch zusätzliche, heute nicht absehbare, Effizienzmaßnahmen könnte er noch weiter verringert werden.

Nur wenn der Energiebedarf mittels Effizienzsteigerungen und intelligenter Energienutzung so deutlich wie hier angenommen gesenkt wird, kann Energieautarkie erreicht und Österreich vollständig mit heimischer erneuerbarer Energie versorgt werden.

Energiesystem 2050 für das Konstantenszenario und das Wachstumsszenario

Abb. 0.4 zeigt das Energiesystem für das Konstantenszenario und Abb. 0.5 für das Wachstumsszenario. Biomasse und Wasserkraft decken in beiden Szenarien deutlich mehr als die Hälfte des Energiebedarfs.

Im Konstantenszenario wird die Biomassenutzung von 216 PJ im Jahr 2008 um 13 % auf 244 PJ ausgeweitet und die Stromproduktion aus Wasserkraft von derzeit 38 TWh auf knapp 45 TWh ausgebaut. Die Windkraftherzeugung steigt um mehr als das fünffache auf über 13 TWh,

Photovoltaik trägt mit 16 TWh über 500-Mal mehr zur Stromproduktion bei als 2008. Auch die Wärmenutzung aus Solarthermie (Zuwachs um den Faktor 10) und Wärmepumpen (Faktor 8) erhöht sich gegenüber dem Basisjahr markant.

Im Wachstumsszenario werden die erneuerbaren Energiepotenziale noch stärker ausgeschöpft: Die Biomasseproduktion erhöht sich um 36 % auf 293 PJ und schöpft damit 95 % des verfügbaren Potenzials aus – dabei wird angenommen, dass nur landwirtschaftliche Überschussflächen genutzt werden und die Flächen für die Nahrungs- und Futtermittelproduktion gegenüber 2008 konstant bleiben. Die Wasserkraft wird auf 177 PJ (fast 50 TWh) ausgebaut und nutzt damit knapp 90 % des mit 56 TWh/a angegebenen ausbauwürdigen Potenzials. Das Windkraftpotenzial ist mit über 14 TWh/a, das Photovoltaikpotenzial mit fast 20 TWh/a ebenso zu 80 bzw. 85 % genutzt. Ähnliches gilt für die Nutzung von Solarthermie (75 PJ). Oberflächennahe Geothermie (68 PJ) ist durch den Strombedarf in ihrer Nutzung limitiert. Zusätzlich leistet in diesem Szenario mit der Stromerzeugung aus „Tiefer Geothermie“ eine weitere erneuerbare – und aus heutiger Sicht noch als extrem teuer zu bewertende – Energiequelle mit 71 PJ einen deutlichen Beitrag zur Deckung des Energiebedarfs.

An neuen Umwandlungstechnologien kommt die Erzeugung von CH₄ und längerkettigen Kohlenwasserstoffen aus Elektrizität und CO₂ sowie die Erzeugung von 2nd generation fuels aus Biomasse zum Einsatz.

Die notwendigen ökonomischen und organisatorischen Randbedingungen zur Erreichung des Ausbaus dieser Technologien sollten in weiteren Studien untersucht werden.

Nicht im Flussbild eingetragen ist der notwendige Ausbau der Pumpspeicherkraftwerke zum Ausgleich der Volatilität der Stromerzeugung von Photovoltaik, Wasserkraft und Windenergie. Die derzeitige Pumpspeicherleistung von etwa 3,8 GW würde sich im Konstant Szenario auf 7 GW und im Wachstums Szenario auf 9 GW erhöhen.

Maßnahmen

Die für Energieautarkie notwendigen Rahmenbedingungen erfordern engagierte, klare und eindeutige politische Entscheidungen und Weichenstellungen. Das betrifft u.a. ökonomische Instrumente (z.B. Energiepreise), Vorschriften, Infrastrukturinvestitionen (v.a. im Bereich Mobilität, Stromnetzinfrastuktur; Energiespeicher) und verstärkte Energieforschungsanstrengungen. Um die soziale Akzeptanz für die zu ergreifenden Maßnahmen zu erhöhen sind zielgruppenspezifisch abgestimmte Informationsaktivitäten sowie bewusstseinsbildende Maßnahmen zu initiieren. Es ist sorgfältig abzuwägen, ob höhere Potentialerschließungen oder aber weiter reichende Effizienzanstrengungen höhere Akzeptanz finden.

Die starke Erhöhung der Effizienz durch Verringerung des Flottenverbrauchs der Mobilität (sprich kleinere und effizientere private Fahrzeuge) ist zwar eine Maßnahme, die jedem Privaten eine Kostenersparnis bringt, jedoch einen gesellschaftlichen Wertewandel erfordert. Die Verlagerung des Güter-Fernverkehrs von der Straße auf die Schiene sowie des Personen- und Güterverkehrs

vom Flugverkehr auf die Schiene würde einen starken Ausbau der Infrastruktur der Bahn erfordern.

Die Einsparungen im Bereich Gebäude und Produktion werden vergleichsweise einfacher zu erreichen sein. Die Erhöhung der Rate für hochwertige thermische Sanierungen im Gebäudebereich auf die von der Bundesregierung bereits in der Energiestrategie skizzierten 3 % p.a. ist jedenfalls notwendig. Im Produktionsbereich ist die Reduktion des Energiebedarfs auf die ständige Verbesserung der Produktionsprozesse zurückzuführen, die Entwicklung und Marktdurchdringung effizient gestalteter technologischer Lösungen leistet dazu einen erheblichen Beitrag. Mit dieser Effizienzsteigerung in allen Sektoren kann der verbleibende Energiebedarf durch erneuerbare Energieträger gedeckt werden.

Die Berechnungen zeigen, dass Energieautarkie in Österreich machbar ist, aber der Spielraum relativ klein ist. Dies liegt u.a. daran, dass Österreich – etwa im Unterschied zu andern EU-Mitgliedstaaten – über keine Möglichkeiten der Offshore-Windenergienutzung verfügt sowie aufgrund des geringen Direktstrahlungsanteils von der Sonne keine solarthermische Stromerzeugung einsetzen kann. Bei einer noch weiteren Erhöhung des Energiedienstleistungsniveaus oder bei geringeren als die in dieser Studie angenommenen Effizienzsteigerungen stößt man an die Grenzen der vorhandenen Potentiale an erneuerbaren Energieträgern.

Aussagen hinsichtlich Kosten und Nutzen auf makroökonomischer Ebene sind derzeit noch verfrüht und erfordern noch weitere Analysen.

Energieflussbild Österreich 2050 100 % energieautark
konstante Energiedienstleistung 2008 - 2050

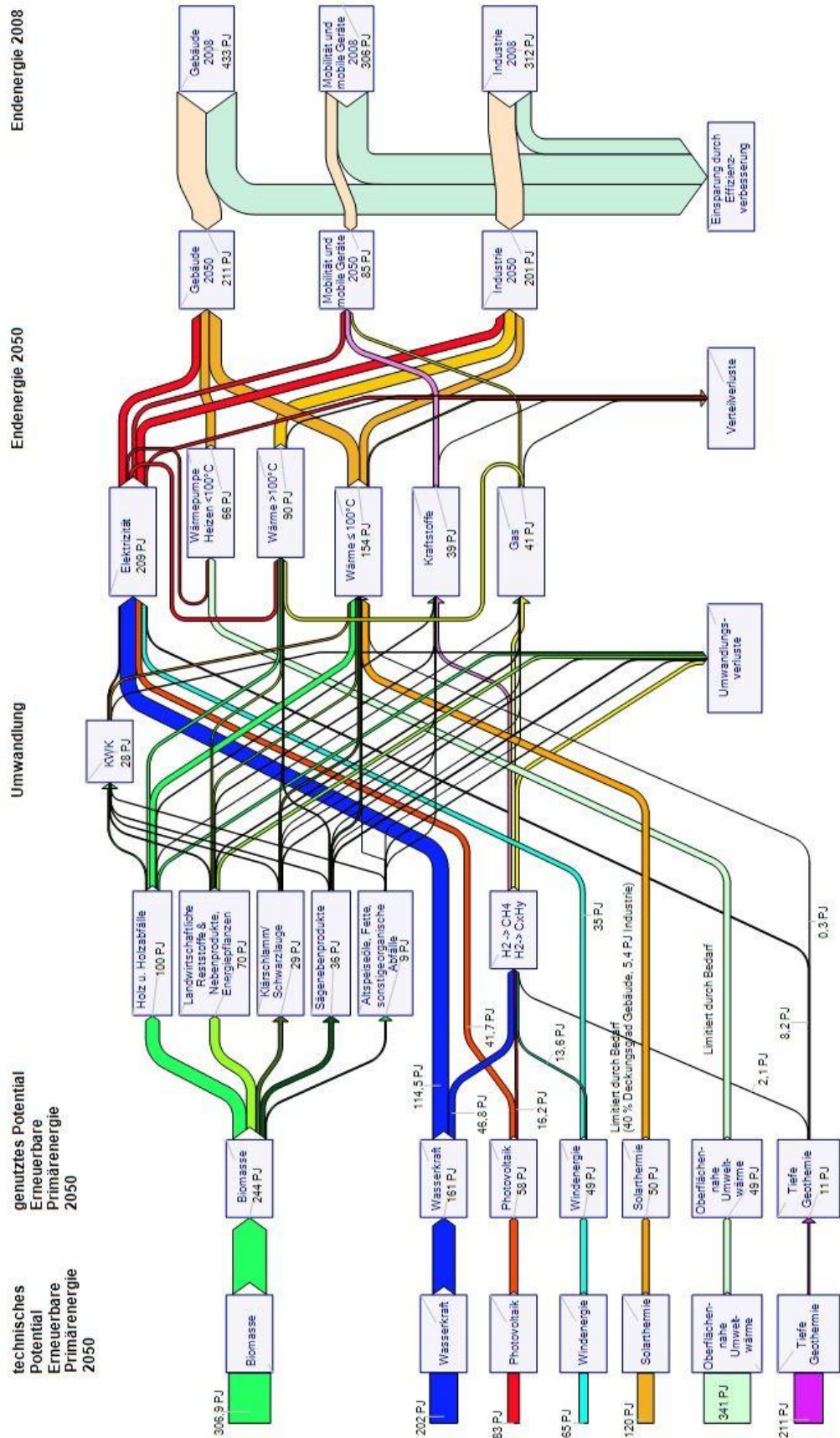


Abb.: 0.4 Energieflussbild Österreich 2050 mit Energieautarkie für konstante Energiedienstleistung bis 2050

**Energieflussbild Österreich 2050 100 % energieautark
Wachstum der Energiedienstleistung um 0,8 %/a**

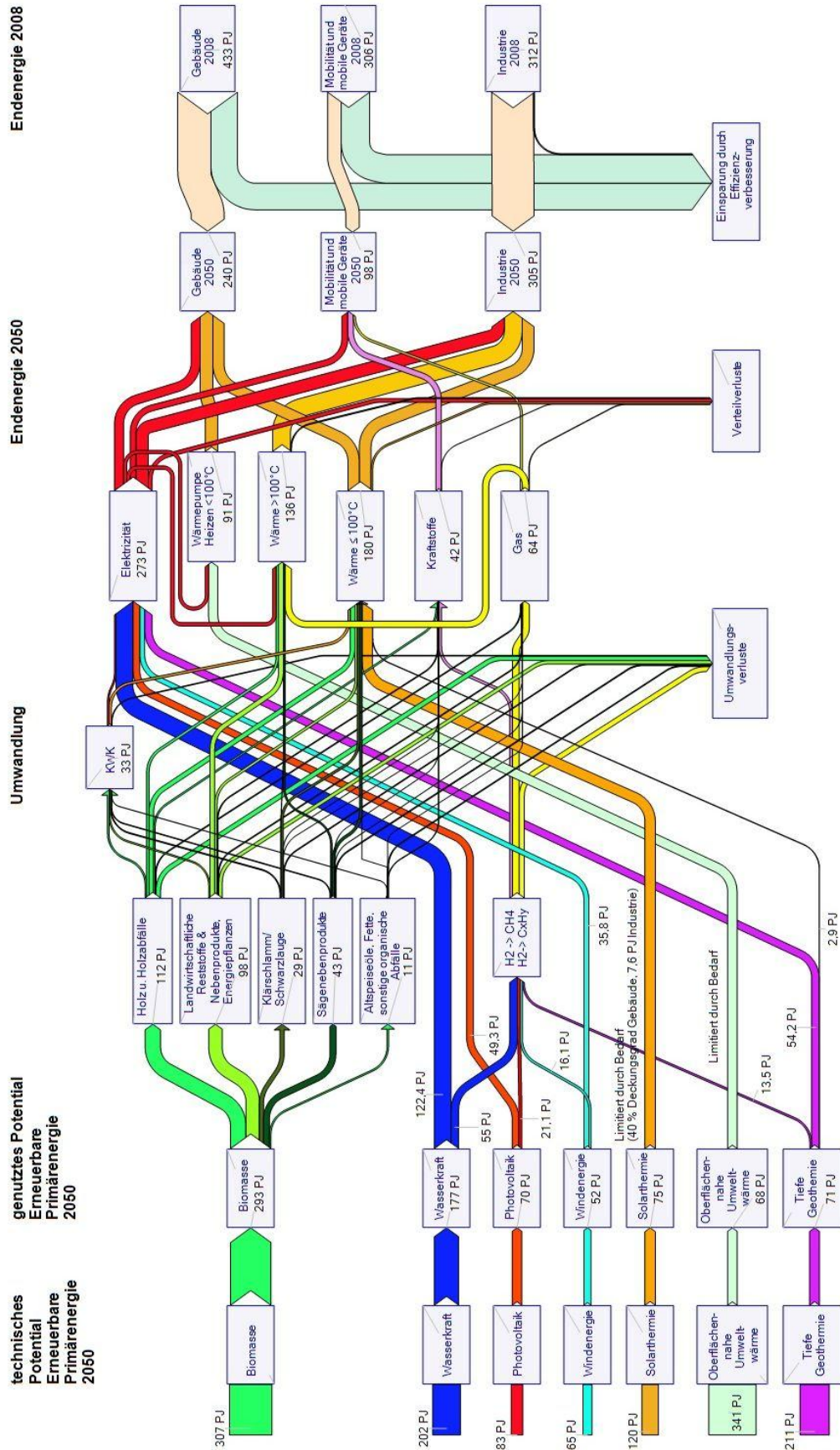


Abb.: 0.5 Energieflussbild Österreich 2050 mit Energieautarkie für ein Wachstum der Energiedienstleistung mit 0,8 %/a

Das Projekt wurde abgewickelt über die

