Energiewasserwirtschaft und Strommarkt

Wasserkraft und Wasserkraftwirtschaft

O. Pirker, Wien 2020/21

Inhalt der Lehrveranstaltung:

- Energiewirtschaft (Österreichs)
- Elektrizitätswirtschaft Österreichs
- Wasserkraftpotentiale
- Kraftwerkspark und Leitungsnetz
- Wasserwirtschaftliche Fragestellungen im Zusammenhang mit dem Betrieb der Wasserkraftwerke
- Hydrologische Anwendungen (Beispiele) im Bereich der Wasserkrafterzeugung
- Position der Wasserkraft im liberalisierten Strommarkt
- Umweltthemen im Zusammenhang mit der Wasserkraftnutzung
- Tarifpolitik als Steuerinstrument im liberalisierten Strommarkt?

Teil 1: allgemeine Energiewirtschaft

Definition:

Der Begriff **Energiewirtschaft** umschreibt alle *Einrichtungen und Handlungen* von Menschen und Institutionen, die das Ziel verfolgen, die Versorgung von Privat-Haushalte und Betrieben aller Art mit Energieträgern wie z.B. Gas, Öl, Kohle, Brennholz oder elektrischer Energie sicherzustellen.

Er umfasst u. a. die Themenbereiche Energiequelle, Energiegewinnung, Energiespeicherung, Energieübertragung, Energiehandel und Vertrieb und Abrechnung von Energie, sowie die **Versorgungssicherheit**.

Träger der Energiewirtschaft sind vorrangig die sogenannten 'Energieversorgungsunternehmen' (**EVU**); darunter versteht man meist ein Unternehmen, das elektrische Energie erzeugt und/oder über das öffentliche Stromnetz verteilt und/oder das seine Abnehmer mit Erdgas und/oder Fernwärme beliefert. Im weiteren Sinne kann man auch Erdölindustrie und Kohleförderer bzw. -importeure sowie die Brennstoffhändler zur Energiewirtschaft zählen.

Energiebegriff:

Begriff und physikalische Maßeinheit der Energie:

Energie als physikalischer Begriff bedeutet Vorrat an Arbeitsvermögen.

Energie wird auch als Fähigkeit eines Systems bezeichnet, äußere Wirkung hervorzurufen (Max Planck).

Erscheinungsformen der Energie

Energie tritt in verschiedenen Erscheinungsformen auf, z.B. als **mechanische Energie** (Energie der Lage und der Bewegung), **thermische Energie** (Wärme), **chemische Bindungsenergie**, **elektrische Energie**, **elektromagnetische Strahlungsenergie** oder **Kernenergie**.

Energie kann gespeichert werden; sie kann auch umgewandelt werden und dabei Träger und Erscheinungsform wechseln (z.B. beim Speicherkraftwerk: Umwandlung der potentiellen mechanischen Energie von gespeichertem Wasser in elektrische Energie).

Energie kann jedoch **weder "erzeugt" noch „vernichtet" werden**. Der Begriff "Energieerzeugung" ist allerdings in der Praxis durchaus gebräuchlich (siehe Arbeitsbegriffe).

Energiebegriff:

Unter **Energie** versteht man die Arbeit, die durch ein System verrichtet werden kann; innerhalb dieses Systems unterliegt diese Energie dem Energieerhaltungssatz und kann dementsprechend weder neu geschaffen oder vernichtet werden.

Nach dem ***Energieerhaltungssatz*** kann in einem geschlossenen System unter Idealbedingungen eine Form der Energie verlustfrei in eine andere umgewandelt werden. Energie kann demnach nicht neu erschaffen werden oder verloren gehen. Die Energiesumme bleibt immer konstant.

Unter realen Bedingungen geht üblicherweise ein Teil der umzuwandelnden Energie unter Zunahme der ***Entropie*** in Wärmeenergie über.

Energie: Wertigkeit der Energie

Wertigkeit der Energie

Unter hochwertiger Energie versteht man Energie, die möglichst vollständig in andere Energieformen umgewandelt werden kann.

Maß für die Qualität oder Wertigkeit von Energie ist die **Exergie:**

Als **Exergie** bezeichnet man jenen Anteil der Energie, der in andere Energieformen umwandelbar ist; der nicht weiter umwandelbare Energieanteil heißt **Anergie**. Bei jedem energetischen Prozess nimmt die Exergie ab und die Anergie zu. Insgesamt bleibt die Energie jedoch konstant:

Energie = Exergie + Anergie = konstant.

Mechanische Energie und elektrische Energie z.B. sind sehr hochwertige Energieformen (100% Exergie). Sie können vollständig in Wärme umgewandelt werden. Wärme hingegen kann nur teilweise in andere Energieformen umgewandelt werden. Wärme enthält also einen nicht umwandelbaren Anteil Anergie (der Wärmeinhalt eines Körpers, dessen Temperatur nur sehr wenig höher liegt als die Umgebungstemperatur, besteht z.B. fast vollständig aus Anergie). Für eine optimale Nutzung der **Primärenergie** muss bei jeder Energieumwandlung der **Exergieverlust** möglichst klein gehalten werden. Unter diesem Gesichtspunkt ist es z.B. nicht zweckmäßig, hochwertige Elektrizität direkt für die Erzeugung von Niedertemperaturwärme zu verwenden. Grundsätzlich gilt dies für alle hochwertigen Energieträger, also auch für Öl und Gas. Energetisch sinnvoller ist es also z.B. mittels hochwertiger Energie und einer Wärmepumpe niederwertige Umgebungswärme zu nutzen.

Energie: Maßeinheiten

Internationale Maßeinheit der Energie ist heute das Joule (J); früher war auch die Kalorie (cal) gebräuchlich.

James Prescott Joule

Einheiten:	*gesetzlich:* SI - System	Joule
	gebräuchlich noch:	SKE
		Tonne
		Barrel (=137 kg Rohöl)
		kWh

Umrechnungen:	1 kg Steinkohle	$28{,}0 \times 10^6$ J
	1 kg Braunkohle	$10{,}9 \times 10^6$ J
	1 kg Erdöl	$42{,}5 \times 10^6$ J
	1 m³ Erdgas	$36{,}0 \times 10^6$ J
	1 kWh Wasserkraft / Erzeugung	$4{,}5 \times 10^6$ J
	1 kWh Import, Export, Verbrauch	$3{,}6 \times 10^6$ J

1 Joule (J) = 1 Wattsekunde (Ws)
1 Kilowattstunde (kWh) = $3.6 \cdot 10^6$ Joule = 3.6 Megajoule (MJ) (3’600 s = 1 h)
1MJ = 0.278 kWh
1kWh = 860 kcal (Kilokalorien)

*Das **Internationale Einheitensystem** oder **SI** (frz. Système international d’unités)*

Energie: Maßeinheiten

Energie; Arbeit: 1 Joule

Veranschaulichung:

Ein Joule ist gleich der Energie, die benötigt wird, um:

- einen Körper mit der Masse 0,102 Kilogramm – das entspricht etwa einer Tafel Schokolade – um einen Meter anzuheben (*1 Newtonmeter*) oder
- eine Sekunde lang die Leistung von einem Watt – das ist ungefähr die Leistung des menschlichen Herzens – zu erbringen (*1 Wattsekunde*) oder
- bei einer elektrischen Spannung von einem Volt für die Dauer einer Sekunde einen elektrischen Strom von einem Ampere fließen zu lassen (*1 Voltamperesekunde*) oder
- ein Gramm Wasser um ca. 0,239 Kelvin zu erwärmen oder
- einen Körper der Masse 2 Kilogramm aus der Ruhe auf eine Geschwindigkeit von 1 m/s zu beschleunigen.

James Prescott Joule

$$1J = 1\frac{kg\ m^2}{s^2} = 1\text{Nm} = 1\text{Ws}$$

Energie: Maßeinheiten

Leistung:

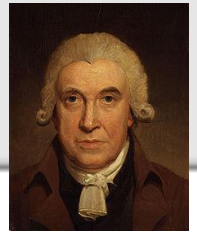
Als Leistung bezeichnet man den auf eine Zeiteinheit bezogenen Energieumsatz

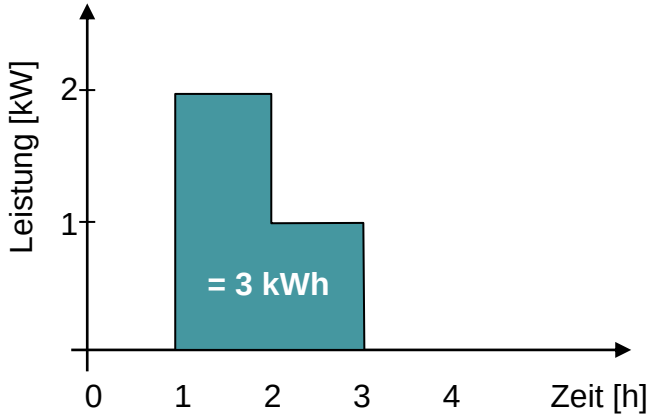
Leistung = Energie (Arbeit) pro Zeiteinheit.

Maßeinheit der Leistung ist das Watt (W).
1W = 1 J/s.
1kW = 1 000 W = 3.6 MJ/h

Das **Watt** ist die im internationalen Einheitensystem (SI) für die **Leistung** (Energieumsatz pro Zeiteinheit) verwendete Maßeinheit. Sie wurde nach dem schottischen Wissenschaftler und Ingenieur James Watt benannt. Als Einheitsbezeichnung wird der Großbuchstabe „W“ verwendet.
Das Watt ist eine abgeleitete Einheit. Sie lässt sich aus den Basiseinheit kg, m, und s zusammensetzen:

$$1W = 1\frac{kg\ m^2}{s^3} = 1\frac{J}{s}$$





Einheiten für Energie und Leistung:

- Leistung: Watt (W)
- Energie/Arbeit: Joule (J)

1 J = 1 Ws

Arbeit = Leistung x Zeit

Engpassleistung:	293 MW	293.000.000 W = 398.369 PS
Regelarbeitsvermögen:	1.717.300 MWh	1.717.300.000 kWh = 6.182.280 GJ = 6,2 PJ
Mittlere Leistung	196 MW	196.000.000 W = 266.486 PS

Energie: Maßeinheiten (Vielfache, Umrechnungsfaktoren)

Vielfache:

Kilo	K	10^3	Tausend
Mega	M	10^6	Million
Giga	G	10^9	Milliarde
Terra	T	10^{12}	Billion
Peta	P	10^{15}	Billiarde
Exa	E	10^{18}	Trillion

Umrechnungsfaktoren:

	kJ	1kWh	Kg ROE
1 Kilojoule (kJ)	-	0,00278	0,000024
1 Kilowattstunde (kWh)	3.600	-	0,086
1 kg Rohöleinheit (RÖE)	41.868	11,63	-

Natürlicher und anthropogener Energieumsatz

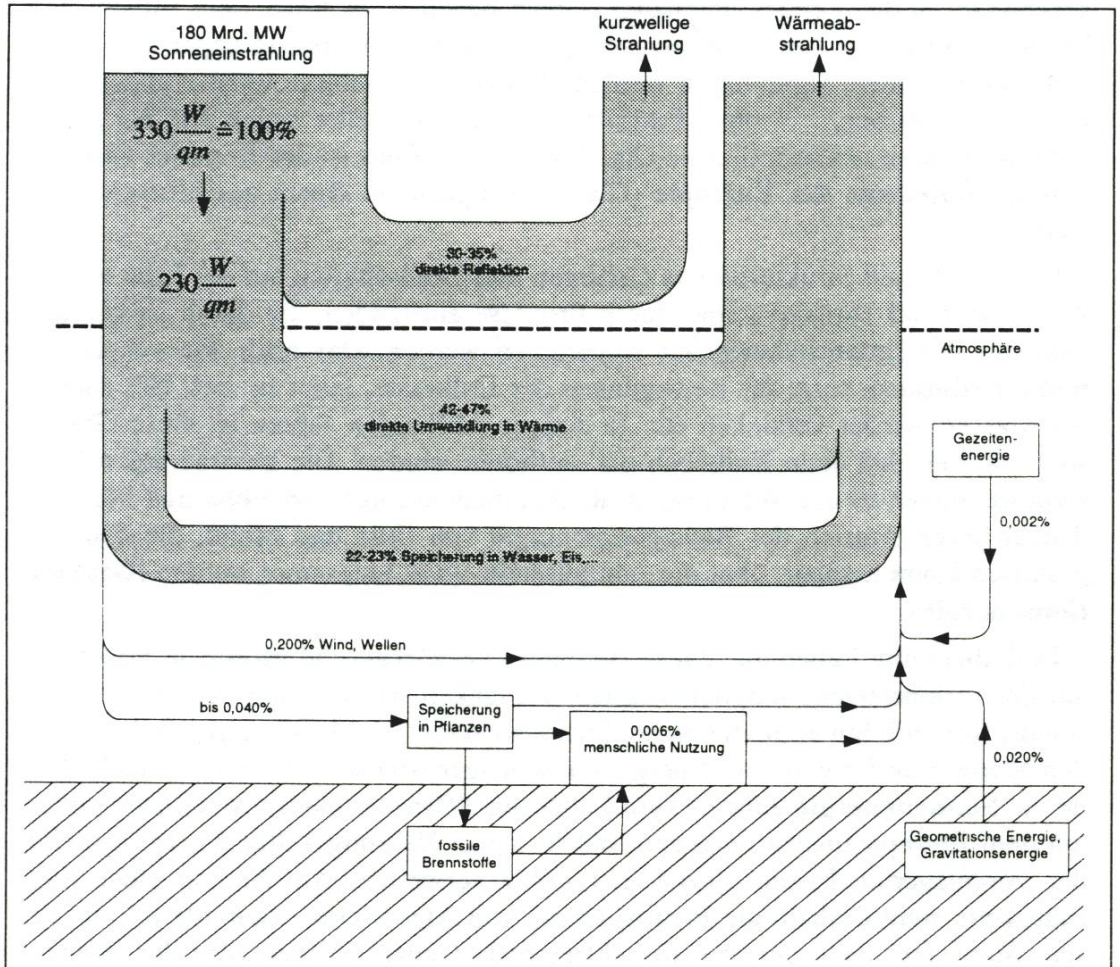


Abbildung 1.1: Natürliche und anthropogene Energieumsätze auf der Erdoberfläche und in der Atmosphäre

Quelle: Hensing et al., S. 2

Begriffe der Energiewirtschaft:

Primärenergie:

Das sind Energie – Rohstoffe, die noch keiner technischen Umwandlung unterworfen wurden (z.B. Steinkohle, Erdöl, Naturgas, Biomasse, Wasserkraft, Sonne, Geothermie, Wind)

Sekundärenergie:

Das sind Energieträger, die direkt, oder durch eine oder mehrere Umwandlungen in technischen Anlagen aus Primär- oder aus anderen Sekundärenergieträgern hergestellt werden (Z.B. Benzin, Heizöl, Biogas, elektrische Energie).

Endenergie:

Die Endenergie ist jene Energie, welche dem Verbraucher vor der letzten Umwandlung zur Verfügung steht (z.B. elektrische Energie, Heizöl beim Endverbraucher, Holzhackschnitzel). Sie resultiert aus der Sekundärenergie ggf. aus der Primärenergie vermindert um die Umwandlungsverluste, dem Eigenverbrauch und dem nichtenergetischen Verbrauch.

Nutzenergie:

Sie ist jene Energie, die nach der letzten Umwandlung in den Geräten des Verbrauchers zur Verfügung steht (z.B. Raumwärme, Beförderung, Information, Beleuchtung)

Energiedienstleistung:

Die Energiedienstleistung ist jene Dienstleistung, die der Verbraucher durch den Einsatz von Nutzenergie lukriert. Der Verbraucher ist nicht an Energie an sich, sondern an den durch Energieeinsatz erreichbaren Nutzen interessiert. Die Höhe der aufzubringenden Energie für die Energiedienstleistung ist abhängig von der Art der eingesetzten Energie, der Effizienz der energetischen Anlage und dem Nutzerverhalten (z.B. warme Räume, Transport über eine bestimmte Strecke in einer bestimmten Zeit, saubere Wäsche).

Begriffe der Energiewirtschaft:

Energiedargebot: Gesamtheit der in der Natur vorkommenden, sich darbietenden und für eine energiewirtschaftliche Nutzung in Betracht kommenden Energieströme; unterteilt in **Energievorräte (Ressourcen) und Energiequellen (Sourcen)**.

Energiereserven: Bekannte Energievorkommen, die wirtschaftlich nutzbar (gewinnbar) sind.

Energiequellen (SOURCEN): Nach derzeitigen Gegebenheiten oder in absehbarer Zukunft in Frage kommendes, wirtschaftlich nutzbares **Energiedargebot aus andauernden**, in der Natur auftretenden **Energieumsetzungsprozessen** (erneuerbar).

Energievorräte (RESSOURCEN): Bekannte und vermutete, sich **nicht erneuernde Energievorkommen**, die wirtschaftlich nutzbar (gewinnbar) sind oder für eine wirtschaftliche Nutzung (Gewinnung) in absehbarer Zukunft in Frage kommen können.

Abfallbrennstoffe: Als Brennstoff verwendbare Abfälle

Umrechnung Wasserkraft - Energiestatistik

Äquivalenzmethode (Wirkungsgradprinzip):

Diese Methode berücksichtigt, dass Energieverluste bei der Erzeugung elektrischer Energie aus Wärmekraftwerken (η=40%) wesentlich höher sind als bei der Erzeugung aus Wasserkraftwerken (η=80%).

Der **Rohenergieträger** wird bei der Äquivalenzmethode mit **4,5 TJ/GWh bewertet**.

International ist es durchaus üblich die elektrische Energie im Verbrauch mit ihrem tatsächlichen **Wärmeäquivalen**t zu bewerten, welcher 3,6 TJ/GWh beträgt.

In der österreichischen Statistik wird ein Wirkungsgrad von η=80% angenommen.

1 kWh = 3.600 kJ = 3,6 MJ = 3,6 MNm

$$\mathbf{1\ kWh_{elektr.}} = 3{,}6/0{,}8\ MJ_{hydr.} = \mathbf{4{,}5\ MJ_{hydr.}}$$

*Das **Wärmeäquivalent** ist der historische Umrechnungsfaktor zwischen einer mechanischen oder elektrischen Energiemenge und der daraus entstehenden Wärmeenergie, wenn eine vollständige Umwandlung in die Wärmeenergie erfolgt. Das mechanische bzw. elektrische Wärmeäquivalent gibt die Umrechnung zwischen den Einheiten Newtonmeter bzw. Wattsekunde.*

Umrechnung Wasserkraft - Energiestatistik

Substitutionsmethode:

Hier liegt der Gedanke der Substitution von Wasserkraft durch den hypothetischen Heizöleinsatz in Wärmekraftwerken zugrunde. Da zur Erzeugung von einer Kilowattstunde elektrischer Energie in Wärmekraftwerken rund 9 MJ eingesetzt werden müssen, wird als hypothetischer Heizwert der mittlere spezifische Wärmeverbrauch in Ölkraftwerken festgesetzt.

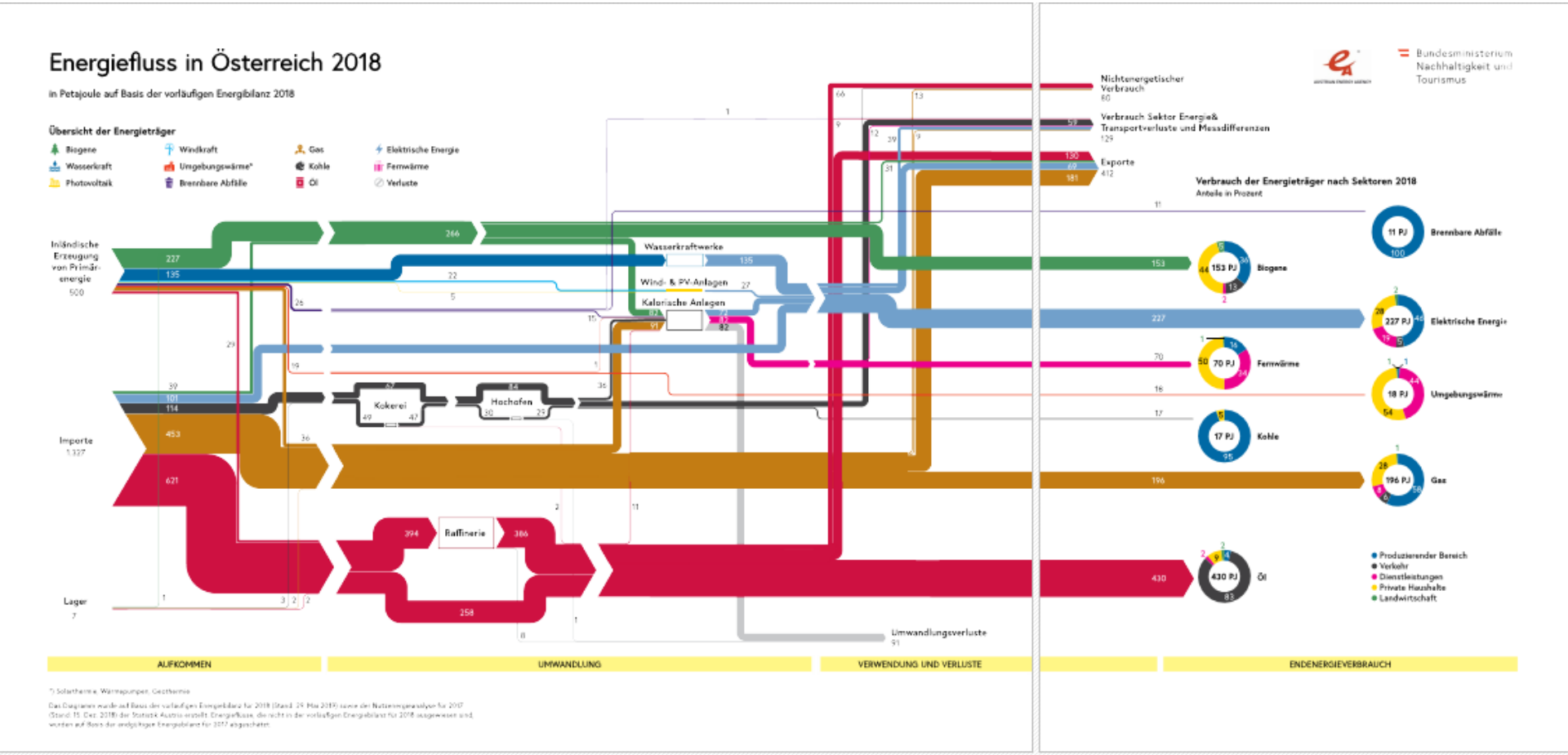
1 Nm = 1 J = 1 Ws 1 kWh = 3,6 MJ

η=0,4 für das Wärmekraftwerk

$$1\ kWh_{elektr.} = 3{,}6/0{,}4\ MJ_{hydr.} = 9{,}0\ MJ_{hydr.}$$

Der Grund für diese unterschiedlichen Ansätze liegt in der in der völlig unterschiedlichen Auffassung über die Einordnung der Wasserkraft. Während die Äquivalenzmethode davon ausgeht, dass die Kilowattstunde Wasserkrafterzeugung, erhöht um die Wirkungsgradverluste von 20%, ihrem physikalischen Gleichwert entspricht, muss bei der Substitutionsmethode alternativ in einem Wärmekraftwerk erzeugt werden.

Energieflussdiagramm Österreich 2018



Energiefluss in Österreich:

Energieflussbild zeigt Energieströme in Österreich in drei Hauptabschnitten:

- Energieaufkommen
- Energieumwandlung
- Energieeinsatz

Diese Darstellung ermöglicht es , den Weg und Verwendungszweck jedes einzelnen Energieträgers grafisch darzustellen. Es wird veranschaulicht, woher der Energieträger stammt (Import, inländische Erzeugung, Vorräte), wie er in andere Energieträger umgewandelt wird, welche Verluste und Energieverbräuche dabei entstehen und welche nichtenergetischen Verbräuche und Exporte zu verzeichnen sind. Der inländische Endenergieeinsatz wird auf verschiedene Nutzungsarten aufgeteilt und die dabei entstehenden Verluste werden eigens dargestellt. Damit wird ein abgerundetes Bild des österreichischen Energieflusses von der Entstehung bis hin zur endgültigen Nutzung der Energie gezeichnet.

Das Energieflussbild folgt einer bilanzmäßigen Sicht der Energieströme. Deshalb werden nicht in jedem Fall die physikalischen und technologischen Abläufe sichtbar. Die Strichdicke entspricht dem Umfang der Energieströme, unterhalb der Grenze von 10 Petajoule (PJ) wird eine einheitliche Strichstärke verwendet. Durch die Zusammenfassung von mehreren kleinen Strömen kann es zu einer Verzerrung der Verhältnisse kommen. Außerdem können Rundungsdifferenzen entstehen, die jedoch insgesamt 1 PJ nicht übersteigen.

Energieumwandlung

Primärenergieträger wie Gas, Wasserkraft, Rohöl oder Kohle werden in abgeleitete Energieformen wie Fernwärme, Strom, Benzin oder Heizöl umgewandelt. Zum Teil gibt es aber auch mehrere Umwandlungsschritte. So wird z.B. der abgeleitete Energieträger Heizöl seinerseits teilweise in Strom oder Fernwärme umgewandelt. Im Energieflussbild wird die Umwandlung in sehr vereinfachter Form dargestellt. Es werden nur wenige Ströme zwischen den einzelnen Umwandlungseinrichtungen gezeigt.

Die bei den Umwandlungseinrichtungen ausgewiesenen Mengen umfassen den entsprechenden österreichweiten Umwandlungseinsatz und Umwandlungsausstoß, sowie den Energieverbrauch.

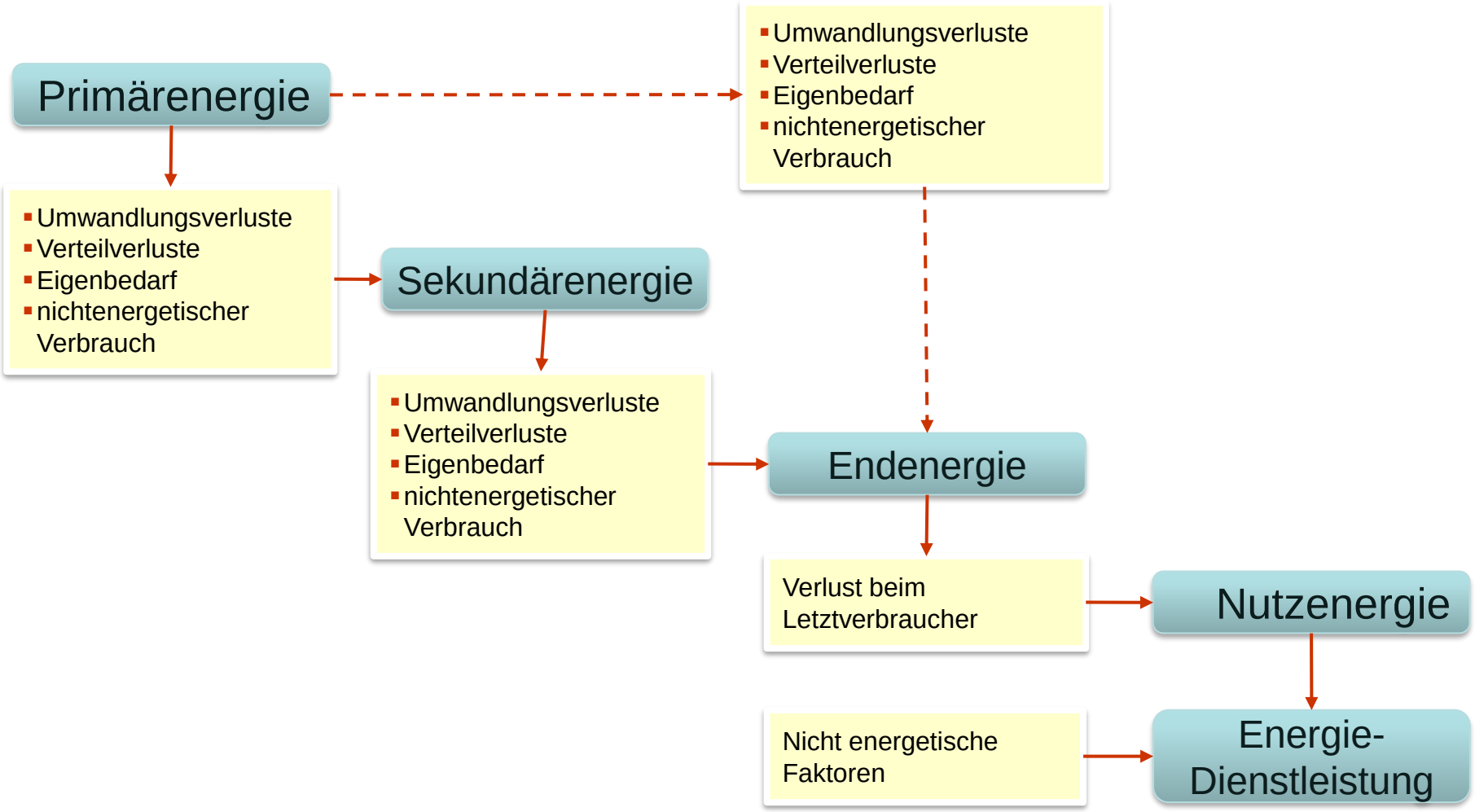
Es werden folgende Umwandlungseinrichtungen unterschieden:

- Hochöfen, Kokereien
- Raffinerien und Mischanlagen
- Wasserkraftwerke
- Wärmekraftwerke und Wärmeabgaben
- Kraft- Wärmekopplungsanlagen (KWK)
- Wärmeversorgungsunternehmen (Heizwerke)

Umwandlungsverluste (113 PJ) sowie der Verbrauch Sektor Energie (99 PJ) ergeben 212 PJ (das sind 11,5% des Energieaufkommens).

In weiterer Folge zeigt das Flussbild in einem nach oben gerichteten Pfeil die Exporte (413 PJ), die ins Lager gehenden Energiemengen (33 PJ) sowie die Energieträger, die für nichtenergetische Zwecke (z.B. in der chemischen Industrie, insgesamt somit 113 PJ) eingesetzt werden.

Stufen der Energiebilanz:



Primärenergie:	Sekundärenergie:	Endenergien:	Nutzenergie:	Energie-Dienstleistung:
Steinkohle Braunkohle Erdöl Naturgas Holz Uran Thorium Sonnenenergie Wasserkraft Biomasse Erdwärme Wind	Briketts Koks Kohlegas Kohlebenzin Heizöl Benzin Dieselöl Holzkohle Biogas	Briketts Koks Kohlegas Kohleöl Kohlebenzin Heizöl Benzin Dieselöl Holzkohle Biogas *Energie direkt beim Verbraucher*	Wärme Kälte Mechanische Arbeit Chemisch gebundene Energie Licht Schall *Umgewandelte Energie beim Verbraucher*	Beheizte Räume Erwärmtes Brauchwasser Zubereitete Nahrung Beleuchtung Kühlung Fortbewegung Maschinenarbeit Information Kommunikation *Erhaltene Dienstleistung*
	Heizwasser elektr. Energie Fernwärme Wasserstoff	Heizwasser elektr. Energie Fernwärme Wasserstoff		

Energiebilanz Österreichs im Überblick 2005 – 2019 in PJ

Energieaufbringung und Energieverbrauch in Petajoule im Überblick

	2005	2010	2017	2018	2019
Inländische Primärenergieerzeugung	**413,3**	**506,6**	**528,6**	**501,7**	**516,2**
Biogene Energien	155,2	218,1	238,2	224,2	225,3
Umgebungswärme)*	7,7	14,4	21,5	22,7	24,4
Wasserkraft	133,5	138,1	137,9	135,5	147,0
Wind	4,8	7,4	23,7	21,7	26,7
Photovoltaik	0,1	0,3	4,6	5,2	6,1
Brennbare Abfälle	16,7	25,6	27,8	27,1	26,8
Gas	55,7	58,5	43,7	36,0	32,2
Kohle	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Öl	39,6	44,1	31,2	29,2	27,6
(+) Importe	1.239,6	1.259,1	1.342,8	1.327,2	1.376,4
(-) Exporte	206,4	343,1	410,7	412,3	333,6
(+/-) Lager	-8,5	35,7	-3,3	6,7	-107,9
(=) Bruttoinlandsverbrauch	**1.438,1**	**1.458,3**	**1.457,4**	**1.423,4**	**1.451,1**
(-) Nichtenergetischer Verbrauch	66,9	76,0	71,0	78,2	89,3
(=) Primärenergieverbrauch	**1.371,1**	**1.382,2**	**1.386,4**	**1.345,2**	**1.361,8**

Energiebilanz Österreichs im Überblick 2005 – 2019 in PJ

Energieaufbringung und Energieverbrauch in Petajoule im Überblick

	2005	2010	2017	2018	2019
(=) Primärenergieverbrauch	1.371,1	1.382,2	1.386,4	1.345,2	1.361,8
(-) Umwandlungseinsatz	882,5	873,3	886,3	882,7	916,5
(+) Umwandlungsausstoß	764,8	759,0	785,6	791,3	837,0
(-) Verbrauch d. Sektors Energie**)	149,4	152,0	144,6	127,9	141,8
(=) Energetischer Endverbrauch	1.104,2	1.116,0	1.141,0	1.125,9	1.140,5
Produzierender Bereich	300,6	317,4	320,2	323,7	323,1
Verkehr	380,1	370,4	396,3	402,5	411,2
Dienstleistungen	123,8	109,7	109,8	105,3	111,0
Private Haushalte	277,3	296,0	291,2	272,1	273,0
Landwirtschaft	22,2	22,5	23,4	22,4	22,3
(+) Zurechnung Erneuerbaren-Richtlinie	77,7	82,4	95,3	83,3	k.A.
(=) Bruttoendenergieverbrauch	1.181,8	1.198,3	1.236,3	1.209,2	k.A.
Anrechenbare erneuerbare Energien	288,1	373,9	409,8	404,2	k.A.
Anteil erneuerbarer Energien in Prozent	24,4	31,2	33,1	33,4	k.A.

*) Solarthermie, Wärmepumpen, Geothermie **) inkl. Transportverluste und Messdifferenzen

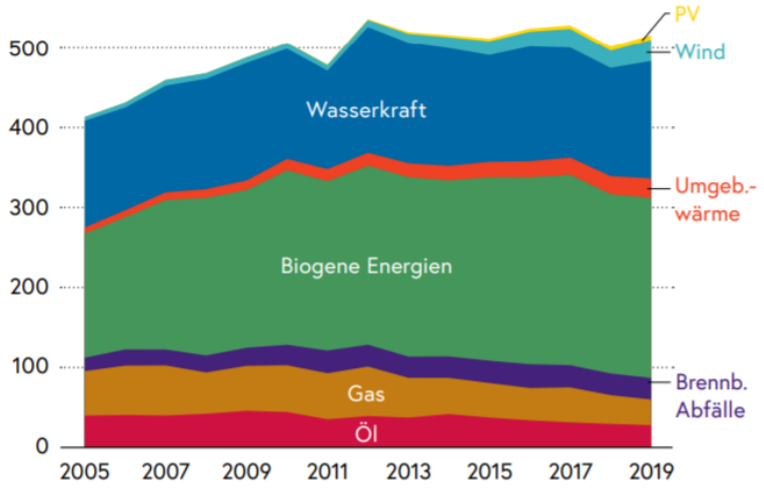
Österreich – Energieaufbringung 2019

- Entwicklung 2005 - 2019
- Struktur (prozentuale Verteilung)

Die Struktur der heimischen Energieerzeugung zeigt eine deutliche Reduktion von fossilen Energien und ein starkes Wachstum bei erneuerbaren Energien.

Inländische Primärenergieerzeugung

nach Energieträgern in Petajoule 2005 – 2019



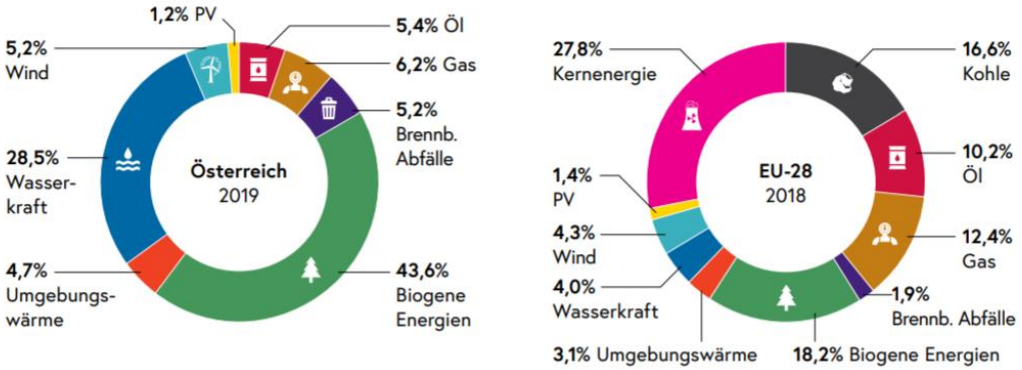
p.a. 2005 – 2019		2018 – 2019
+36,9%	PV	+18,4%
+13,1%	Wind	+23,1%
+8,6%	Umgebungswärme	+7,2%
+2,7%	Biogene Energien	+0,5%
+0,7%	Wasserkraft	+8,5%
+3,4%	Brennbare Abfälle	-1,4%
-3,8%	Gas	-10,4%
-2,5%	Öl	-5,5%

+1,6% p. a.

Gesamterzeugung 2005 – 2019

Primärenergieerzeugung im Vergleich

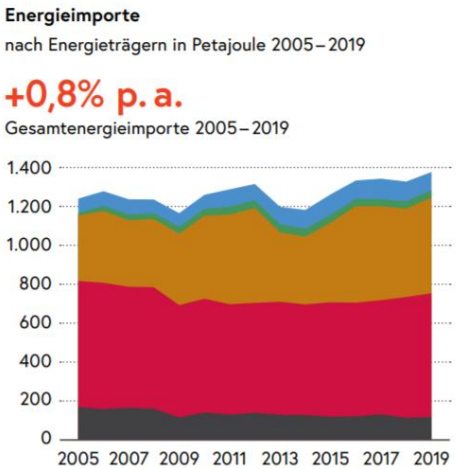
Anteile der Energieträger in Österreich und EU-28 in Prozent

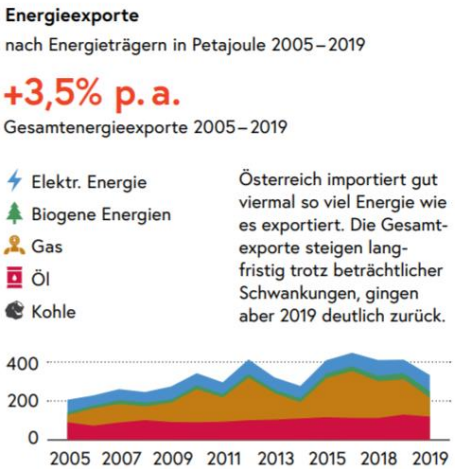


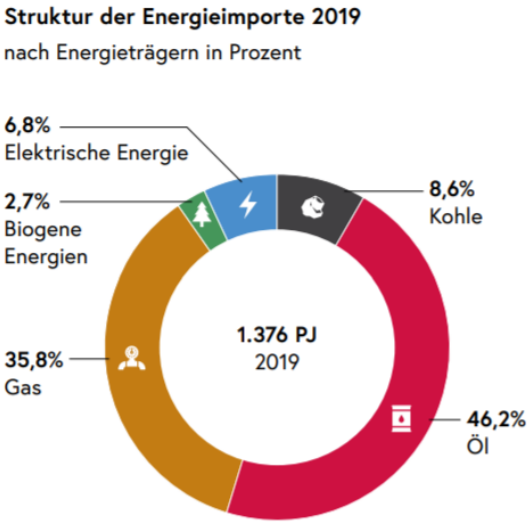
International betrachtet liegt der Anteil Österreichs an der gesamten EU-Primärenergieerzeugung nur bei 1,6 %, an der Erzeugung erneuerbarer Energien hingegen bei immerhin 4,2 %.

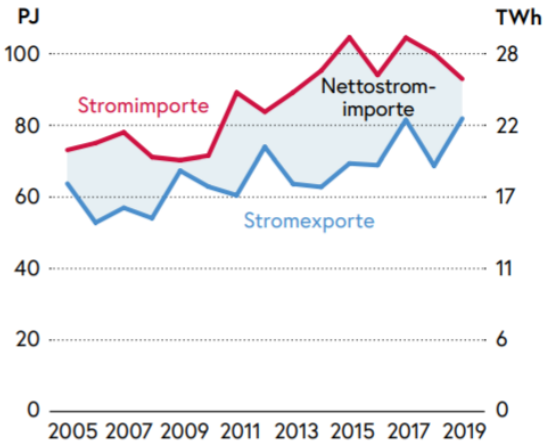
Österreich –
Außenhandel mit Energie 2019
- Entwicklung 2005 - 2019
- Struktur (prozentuale Verteilung)

Mangels ausreichender heimischer Vorkommen muss Österreich einen Großteil der fossilen Energien importieren, wobei die Importe langfristig leicht anstiegen.







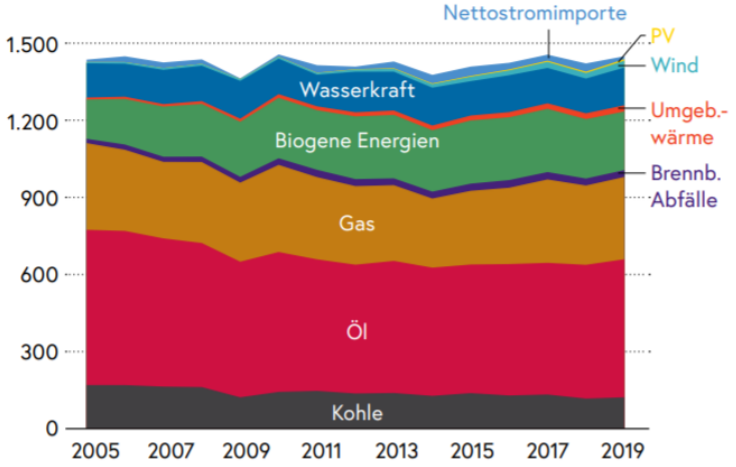


Österreich – Bruttoinnlandsverbrauch 2019
- Entwicklung 2005 - 2019
- Struktur (prozentuale Verteilung)

Der Bruttoinlandsverbrauch konnte langfristig weitgehend stabilisiert werden und ist trotz der Stagnation bei Wasserkraft durch deutliche Zuwächse von anderen erneuerbaren Energien gekennzeichnet.

Bruttoinlandsverbrauch

nach Energieträgern in Petajoule 2005–2019



Wachstum und Rückgang

der Energieträger

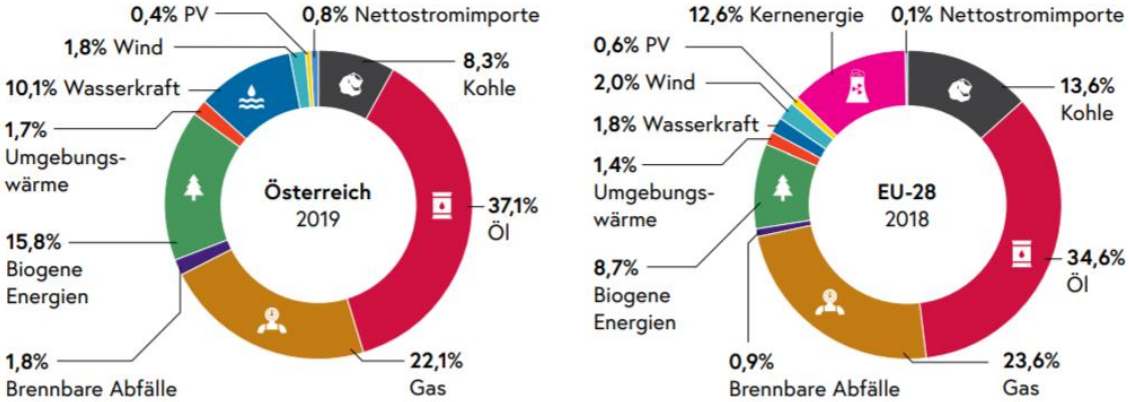
p.a. 2005–2019		2018–2019
+36,9%	PV	+18,4%
+13,1%	Wind	+23,1%
+1,3%	Nettostromimporte	-65,0%
+8,6%	Umgebungswärme	+7,2%
+3,4%	Brennbare Abfälle	-1,4%
+2,9%	Biogene Energien	-1,4%
+0,7%	Wasserkraft	+8,5%
-0,4%	Gas	+3,7%
-0,8%	Öl	+3,2%
-2,4%	Kohle	+4,2%

+0,1% p. a.

Bruttoinlandsverbrauch gesamt 2005–2019

Bruttoinlandsverbrauch im Vergleich

Anteile der Energieträger in Österreich und EU-28 in Prozent



Die österreichische Energieversorgung basiert auf einem ausgewogenen Energieträger-Mix. Von besonderer Bedeutung ist der sehr hohe Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttoinlandsverbrauch.

Österreich – Elektrizität

- Entwicklung 2005 – 2018*
- Struktur (prozentuale Verteilung)

Der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung betrug 2018 rund 77 % (das sind rd. 50 TWh), der Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) belief sich auf rund 15 %. Bei der Fernwärme-erzeugung beliefen sich diese Anteile auf 48 % bzw. fast 60 %.

Struktur

der Bruttostromerzeugung 2018*

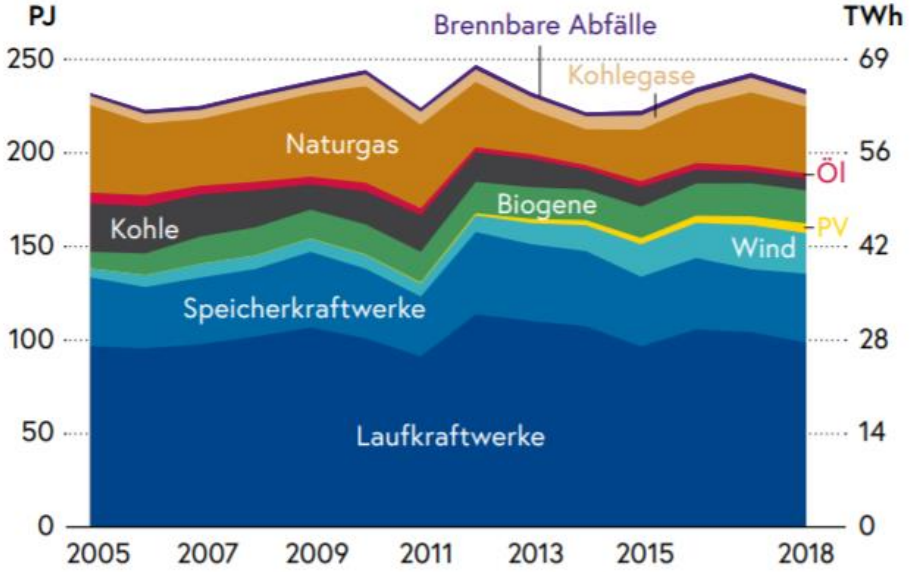
in Prozent		in PJ
42,1%	Laufkraftwerke	98,6
15,8%	Speicherkraftwerke	36,9
9,3%	Wind	21,7
2,2%	Photovoltaik	5,2
7,6%	Biogene Energien	17,7
2,8%	Kohle	6,5
1,1%	Öl	2,6
15,3%	Naturgas	35,7
2,8%	Kohlegase	6,5
1,1%	Brennb. Abfälle	2,6
100%	**Gesamt**	**234,0**

+0,7% p. a.

Stromerzeugung 2005–2019

Bruttostromerzeugung in Österreich

in PJ (linke Skala) und TWh (rechte Skala) 2005–2018*



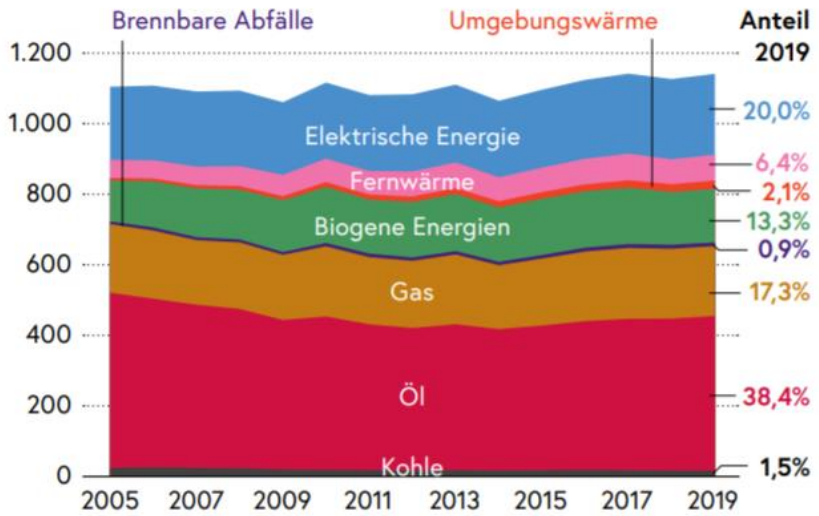
Quelle: Statistik Austria und eigene Berechnungen

* Die vorläufgen Energiebilanzen zeigen zwar die Stromerzeugung insgesamt, aber keine Aufteilung nach Energieträgern, eine detaillierte Darstellung ist daher hier nur bis 2018 möglich.

Österreich – Energetischer Endverbrauch
- Entwicklung 2005 - 2019
- Struktur (prozentuale Verteilung)

Auch beim energetischen Endverbrauch sind langfristig eine weitgehende Stabilisierung und ein Anstieg bei den erneuerbaren Energien bei gleichzeitigem Rückgang der fossilen Energieträger ersichtlich.

Energetischer Endverbrauch
nach Energieträgern in Petajoule 2005–2019

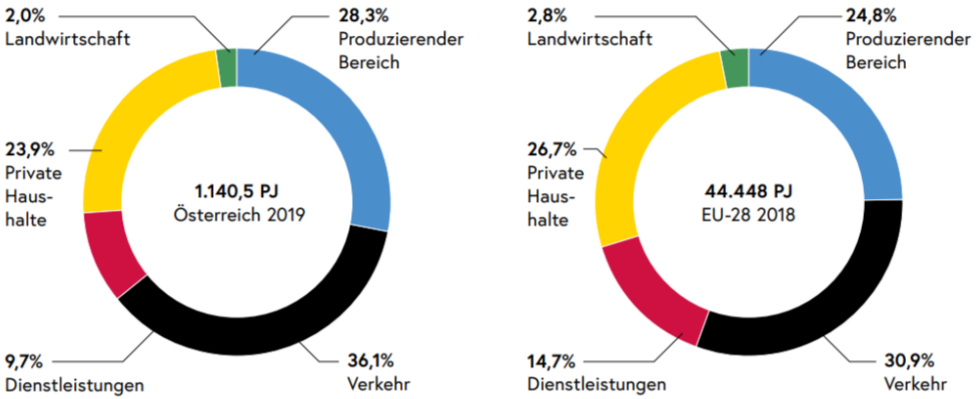


Wachstum und Rückgang
der Energieträger

p.a. 2005–2019		2018–2019
+8,9%	Umgebungswärme	+8,0%
+1,9%	Biogene Energien	+1,4%
+2,6%	Fernwärme	+3,4%
+2,2%	Brennbare Abfälle	-7,8%
+0,7%	Elektr. Energie	+0,7%
+0,1%	Gas	+0,0%
-0,9%	Öl	+1,9%
-2,7%	Kohle	-4,4%

+0,2% p. a.
Energetischer Endverbrauch gesamt 2005–2019

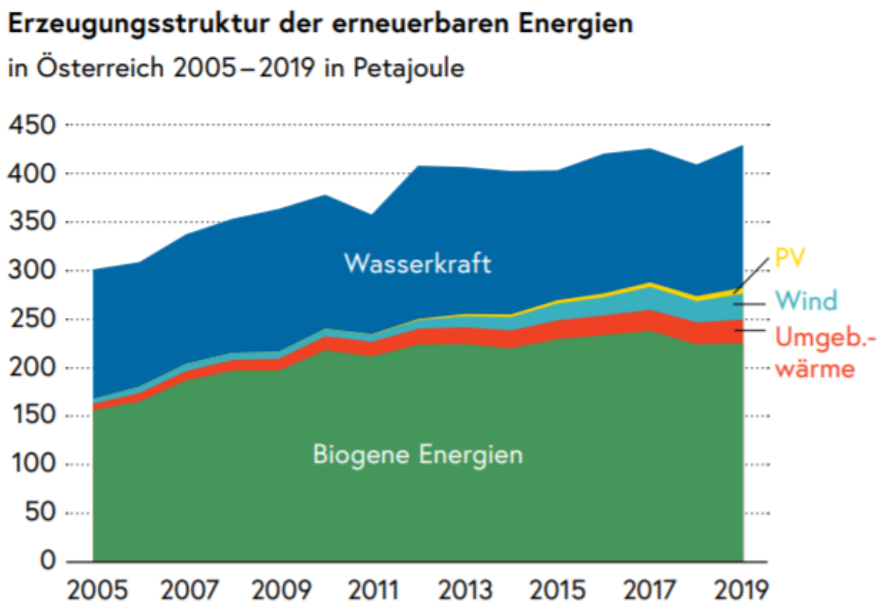
Struktur des energetischen Endverbrauches in Österreich und EU-28
nach wirtschaftlichen Sektoren in Prozent

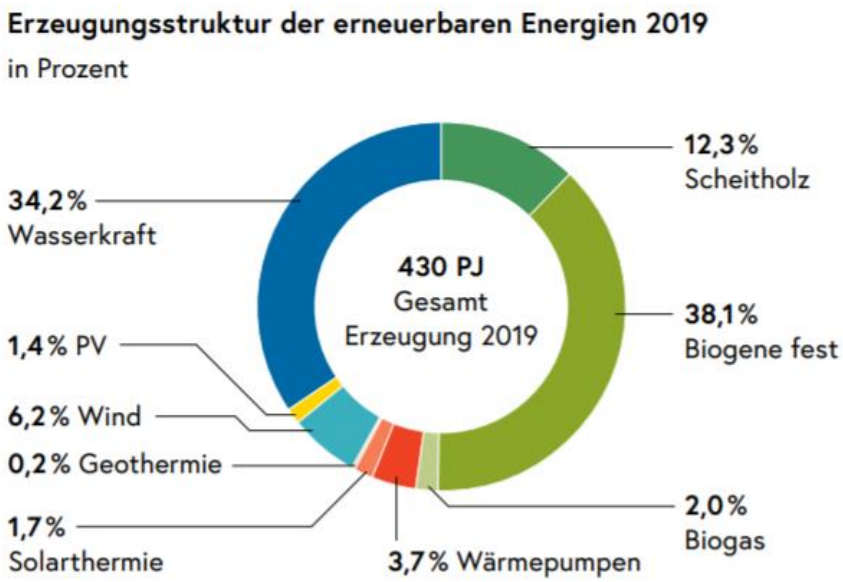


Österreich – Erneuerbare Energien

- Entwicklung 2005 - 2019
- Struktur (prozentuale Verteilung)

Österreich ist geprägt von einem sehr hohen Anteil erneuerbarer Energien. Die günstige topographische Lage sowie Förderungen führen zu einem verstärkten Einsatz von erneuerbarer Energie



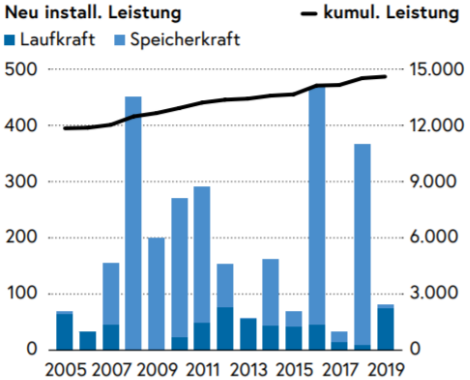


Österreich – Ökostrom 2019
- Entwicklung 2005 - 2019

Der Bereich Ökostrom hat durch das Ökostromförderregime seit dem Jahr 2003 einen nachhaltigen Aufschwung erfahren. Verschiedene Technologien zur Erzeugung erneuerbarer Energien werden dabei berücksichtigt und der Ausbau erneuerbarer Energien wird forciert.

Wasserkraft in Österreich 2005–2019

Jährlich neu installierte Bruttoengpassleistung und kumulierte Bruttoengpassleistung in MW

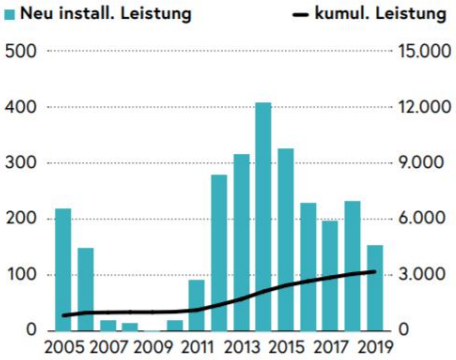


Quelle: E-Control (Daten 2019 vorläufig)

+1,5% p. a.
Leistung Wasserkraft 2005–2019

Windenergie in Österreich 2005–2019

Jährlich neu installierte Leistung und kumulierte Leistung in MW

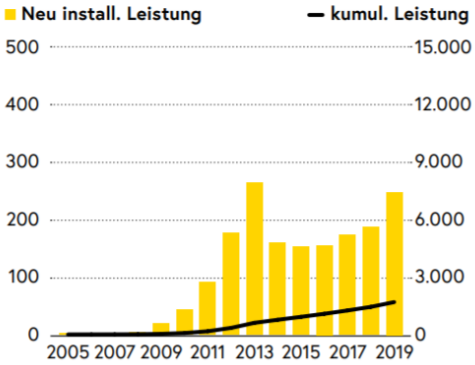


Quelle: P. Biermayr et al (2020) Innovative Energietechnologien in Österreich - Marktentwicklung 2019; im Auftrag des BMK

+10,1% p. a.
Leistung Windenergie 2005–2019

Photovoltaik in Österreich 2005–2019

Jährlich neu installierte Leistung und kumulierte Leistung in MWpeak

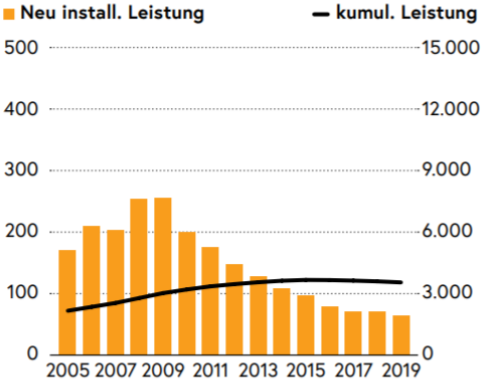


Quelle: P. Biermayr et al (2020) Innovative Energietechnologien in Österreich - Marktentwicklung 2019; im Auftrag des BMK

+35,6% p. a.
Leistung PV 2005–2019

Solarthermie in Österreich 2005–2019

Jährlich neu installierte Kollektorleistung und kumulierte Kollektorleistung in MWth



Quelle: P. Biermayr et al (2020) Innovative Energietechnologien in Österreich - Marktentwicklung 2019; im Auftrag des BMK

+3,6% p. a.
Leistung Solarthermie 2005–2019

Österreich – Ökostrom 2019
- Entwicklung 2005 - 2019

Der Bereich Ökostrom hat durch das Ökostromförderregime seit dem Jahr 2003 einen nachhaltigen Aufschwung erfahren. Verschiedene Technologien zur Erzeugung erneuerbarer Energien werden dabei berücksichtigt und der Ausbau erneuerbarer Energien wird forciert.

Geförderte Ökostromanlagen 2019

Anzahl Verträge, installierte Leistung und Einspeisemengen

	Anzahl aktive Verträge (Stück) 31.12.2019	Installierte Leistung (MW) 31.12.2019	Einspeisemengen (GWh) 2019
Kleinwasserkraft	1.877	368	1.333,6
Windkraft	447	2.548	6.207,7
Photovoltaik	28.885	928	707,3
Biomasse fest	138	228	1.581,8
Biomasse flüssig	14	1	0,2
Biogas	283	86	561,4
Deponie- u. Klärgas	36	14	14,0
Geothermie	2	1	0,2
Gesamt	**31.682**	**4.175**	**10.406,2**

Quelle: OeMAG

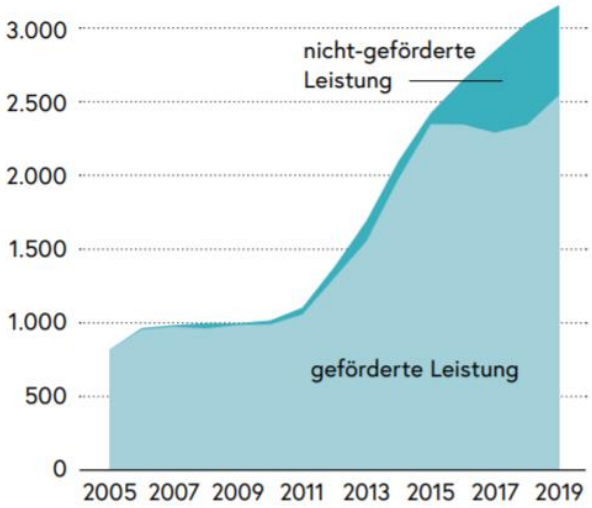
4.175 MW
install. Leistung gefördert 31.12.2019

31.682
aktive Förderverträge 31.12.2019

Die Entwicklung von Anzahl und Leistung der Ökostromanlagen ist in den letzten Jahren deutlich gestiegen: 2008 hatte die Ökostromabwicklungsstelle erst rund 5.000 aktive Förderverträge mit Anlagenbetreibern bei einer installierten Leistung von 1.500 MW.

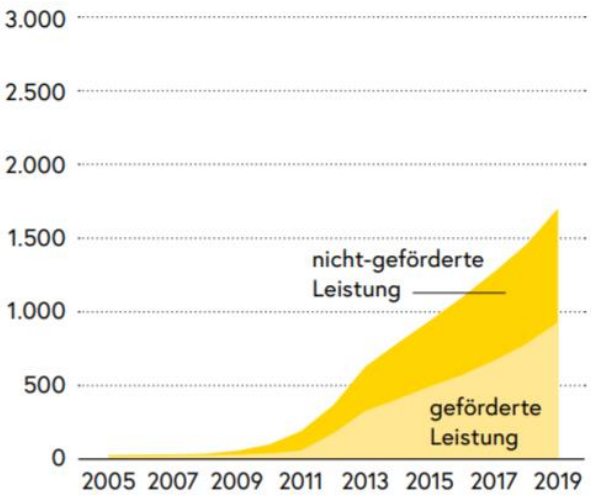
Installierte Leistung Wind

Gesamte und geförderte Leistung 2005–2019 in MW



Installierte Leistung PV

Gesamte und geförderte Leistung 2005–2019 in MW



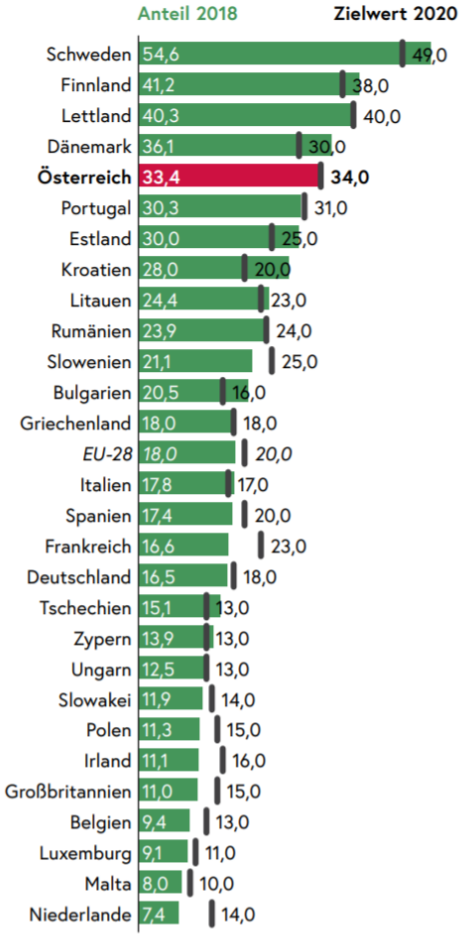
Quellen: P. Biermayr et al (2020) Innovative Energietechnologien in Österreich - Marktentwicklung 2019; im Auftrag des BMK; OeMAG

Erneuerbare Energien
im Europäischen Vergleich 2018

Österreich hat den Anteil an erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch in den letzten Jahren sukzessive auf nunmehr bereits beachtliche 33,4 % (2018) ausbauen können und ist auf einem guten Weg, das vorgegebene EU-Ziel zu erreichen.

Bruttoendenergieverbrauch

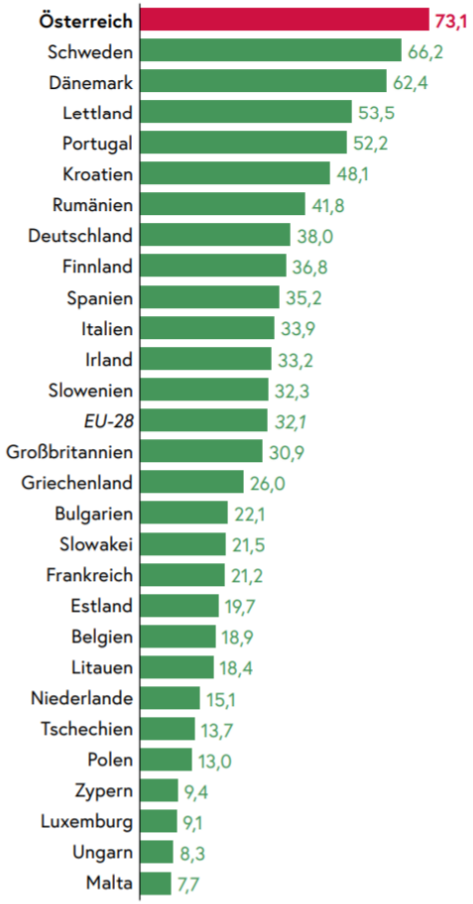
Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch 2018 und Zielwert 2020 in Prozent



Quelle: Eurostat, Stand 01/2020

Bruttostromverbrauch

Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch 2018 in Prozent



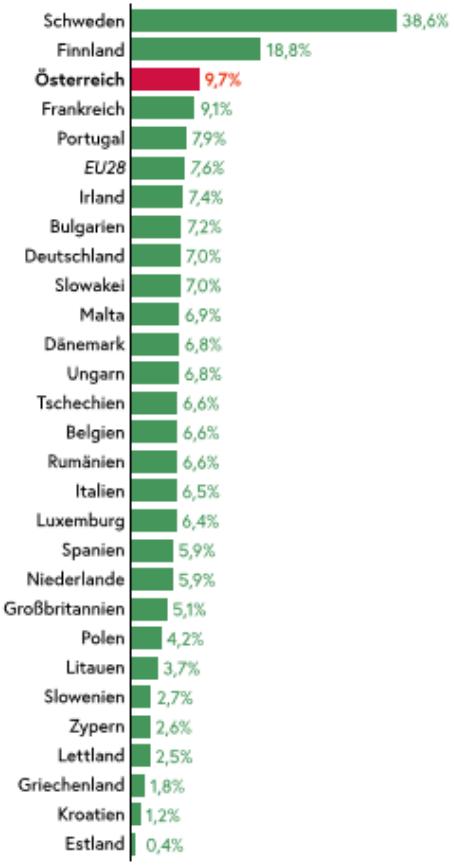
Quelle: Eurostat, Stand 01/2020

Erneuerbare Energien
im Europäischen Vergleich 2017

Beim Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch nimmt Österreich im EU-Vergleich die Spitzenposition ein, im Verkehrsbereich liegt Österreich an 3. Stelle und bei Raumheizung/Klimatisierung im vorderen Mittelfeld

Verkehr

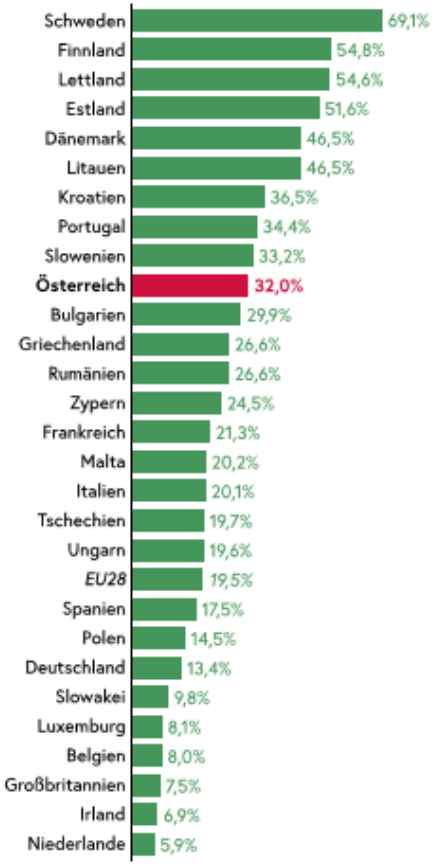
Anteil erneuerbarer Energien im Verkehr 2017 in Prozent



Quelle: Eurostat

Raumheizung/Klimatisierung

Anteil erneuerbarer Energien an Raumheizung/Klimatisierung 2017 in Prozent



Quelle: Eurostat

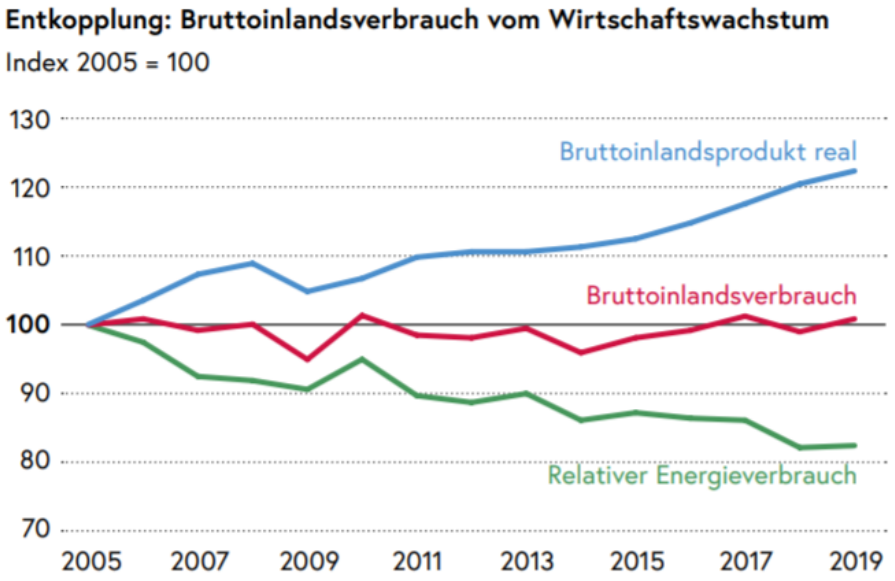
Österreich – Energieeffizienz
- Entwicklung 1973 - 2019

Das Wirtschaftswachstum konnte erfolgreich in den letzten Jahren vom Energieverbrauch entkoppelt werden. Der relative Energieverbrauch sinkt langfristig kontinuierlich, wobei in einzelnen Jahren Schwankungen durch Faktoren, wie die Wirtschafts-entwicklung und die Witterungsverhältnisse, zu beobachten sind.

Definition: **Energieintensität**

Energieintensität bezeichnet den End- oder Primärenergieverbrauch eines Systems, wie z.B. einer Volkswirtschaft, je erwirtschaftetem Output, wie z.B. Bruttoinlandsprodukt.

Je geringer die Energieintenstität, umso effizienter ist das betrachtete System. Je geringer also die Energieintensität, umso höher die Energieproduktivität und Energieeffizienz.



Österreich – Energieeffizienz
- internationaler Vergleich

AT: -1,4% p. a.

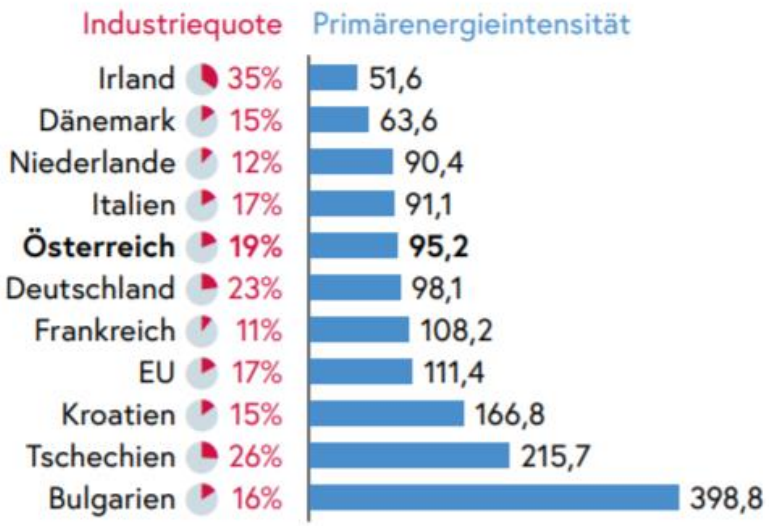
relativer Energieverbrauch 2005 – 2019

Energieeffizienz ist seit Jahrzehnten ein wichtiges Anliegen der österreichischen Energiepolitik – und das mit Erfolg, denn der Trend zur Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch ist deutlich zu erkennen. Während das reale BIP kontinuierlich und steil ansteigt, verläuft die Steigung des Bruttoinlandsverbrauchs wesentlich flacher und der relative Energieverbrauch zeigt einen sinkenden Trend.

Österreich liegt bei der Primärenergieintensität trotz einer relativ hohen Industriequote im EU- Länder-vergleich im vorderen Drittel und deutlich unter dem EU-Durchschnitt.

Industriequote und Energieintensität

Industriequote und Energieintensität 2018 (BIV/BIP in koe pro 1.000€) ausgewählter Länder 2018



Quelle: Eurostat
Primärenergieverbrauch (PEV) gemäß Energieeffizienz-RL; (PEV = Bruttoinlandsverbrauch – Nichtenerget. Verbrauch – Verbrauch Wärmepumpen)

Die Energieeffizienz ist das Verhältnis von Dienstleistungs-, Waren- oder Energieertrag (Output) zur zugeführten Energie (Input) (vgl. Energieeffizienz-Richtlinie 2012/27/EU). Unter Energieeffizienz wird somit also die rationelle Verwendung von Energie verstanden.

Österreich – Energieimporte Nettoimporttangente Entwicklung 2005 - 2019

Die Importabhängigkeit der Energieversorgung ist in Österreich aufgrund der vergleichsweise geringen Vorkommen fossiler Energieträger zwar höher als im europäischen Durchschnitt, konnte allerdings mit Ausnahme des Jahres 2019 in den letzten Jahren tendenziell verbessert werden.

Definition: Nettoimporttangente
Die Nettoimporttangente gibt die Importabhängigkeit der Energieversorgung an und errechnet sich aus dem Import-Export-Saldo dividiert durch den Bruttoinlandsverbrauch eines Landes.

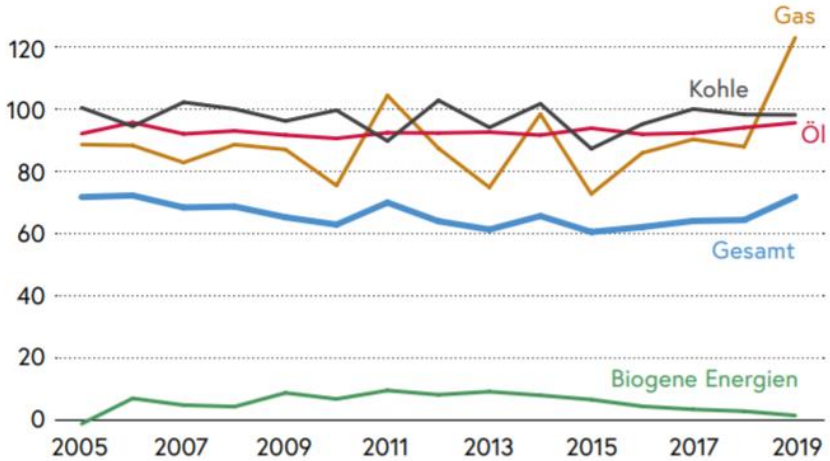
Die Auslandsabhängigkeit der österreichischen Energieversorgung liegt über dem Durchschnitt der EU-28-Länder, der sich insgesamt auf 55,7 % (2018) belaufen.

!!! FAKT

55,7% EU-28-Durchschnitt

71,9% Österreich

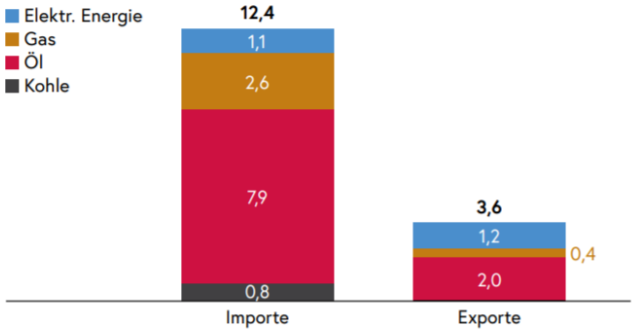
Nettoimporttangente
in Prozent 2005 – 2019



Quoten von über 100 % erklären sich dadurch, dass Importe zur Aufstockung der Lagerbestände Verwendung finden.

Ausgaben und Einnahmen im Energieaußenhandel

Ausgaben und Einnahmen im Energieaußenhandel
in Milliarden Euro 2019



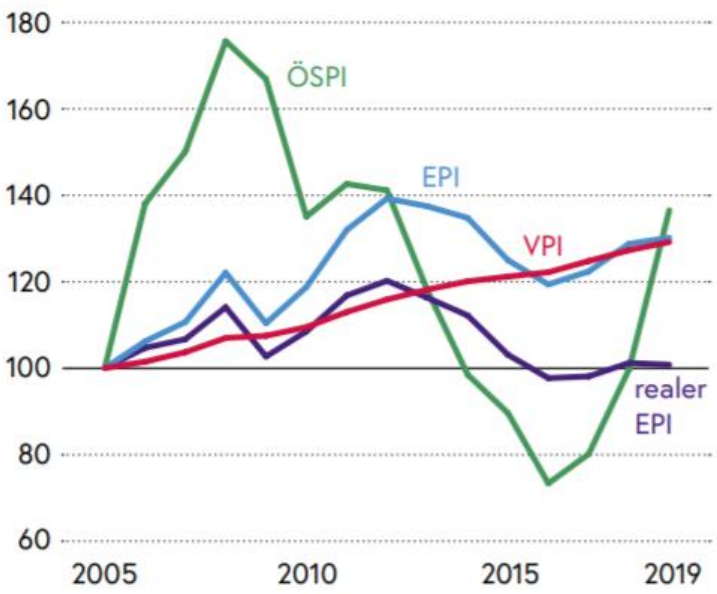
Quelle: Statistik Austria, Außenhandelsstatistik

Österreich – Energiepreisentwicklung Entwicklung 2005 - 2019

Die internationale Öl- und Gaspreisentwicklung spiegelt sich in den Preisen für Österreich wider. Die realen Haushalts-Energiepreise sind kaum gestiegen und die realen Industrie-Energiepreise sind teilweise sogar gesunken (Strom, Gas)

Verbraucherpreis- und Energiepreisindex

Entwicklung 2005–2019, Index 2005 = 100



Quelle: Österreichische Energieagentur

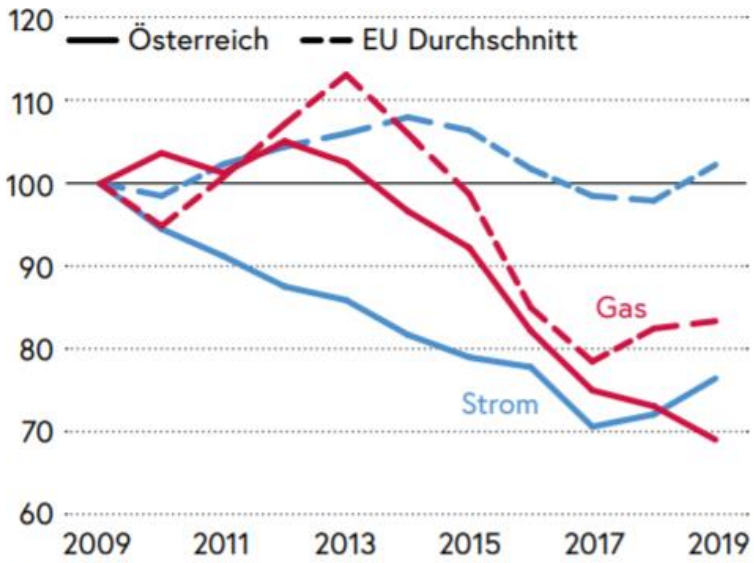
Der Energiepreisindex (EPI) ist Bestandteil des Verbraucherpreisindex (VPI) und ein gewichteter Index, der monatlich von der Österreichischen Energieagentur auf Basis der von Statistik Austria publizierten Messzahlen zum Verbraucherpreisindex (VPI) bzw. der im VPI enthaltenen Energieträger erhoben wird. Die einzelnen Energieträger werden im EPI repräsentativ gewichtet, um damit das aktuelle Konsumverhalten der privaten Haushalte darstellen zu können.

Der österreichische Strompreisindex (ÖSPI) wird nach einer standardisierten Methode und auf Basis der Notierungen an der Energie-Börse EEX (European Energy Exchange) in Leipzig berechnet. Grundlage des ÖSPI sind die Marktpreise für Strompreis-Futures der kommenden vier Quartale. Sie sind gleichzeitig ein Indikator für die zu erwartende Entwicklung des Strompreises. Der ÖSPI bildet nur die reine Energiekomponente ab.

Österreich – Energiepreisentwicklung Entwicklung 2005 - 2019

Vergleich Österreich mit EU-Durchschnitt

der realen Bruttopreise Industrie, Index 2009 = 100



Quelle: Eurostat

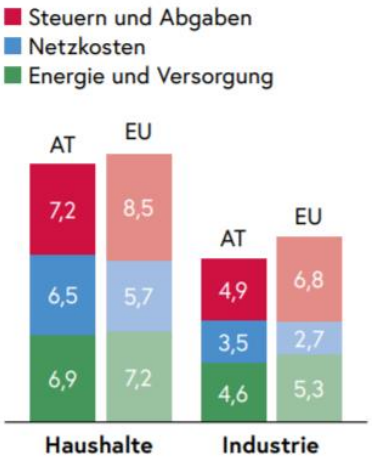
Die Entwicklung des EPI zeigt einen deutlichen Anstieg der Haushaltsenergiepreise bis 2012, danach einen markanten Rückgang bis 2016, ehe die Preise in den folgenden drei Jahren wieder stiegen. Der reale EPI liegt allerdings 2019 nur knapp über dem Wert für 2005. Der ÖSPI ging – nach einer anfänglich beträchtlichen Zunahme – bis 2016 stark zurück und nahm in den letzten drei Jahren wieder zu, 2019 sogar beträchtlich. Die Entwicklung der Gasindustriepreise in Österreich zeigt in Analogie zu der internationalen Preisentwicklung einen Anstieg der realen Preise bis 2012, danach ist ein deutlicher Rückgang festzustellen. Der Strompreis für die österreichische Industrie wird seit 2009 kontinuierlich günstiger, steigt aber ab dem Jahr 2018 wieder leicht an. Im Vergleich dazu steigt der Strompreis in der EU zunächst an und liegt zuletzt knapp über dem Ausgangsniveau von 2009.

Österreich – Strompreise 2019 EU Vergleich

Netzkosten, Steuern und Abgaben haben neben der Energiepreiskomponente auch großen Einfuss auf den Preis für Endkunden. Steuern und Abgaben steigen in den meisten Ländern tendenziell an, im EU-Vergleich liegt Österreich aber nach wie vor im Mittelfeld bei den Strompreisen für die Industrie.

Strompreise für Industrie und Haushalte 2019

nach Komponenten in Cent/kWh



Quelle: Eurostat

Neben der Entwicklung des Gesamtpreises für Strom und Gas sind auch die Entwicklungen der einzelnen Preiskomponenten von Bedeutung.

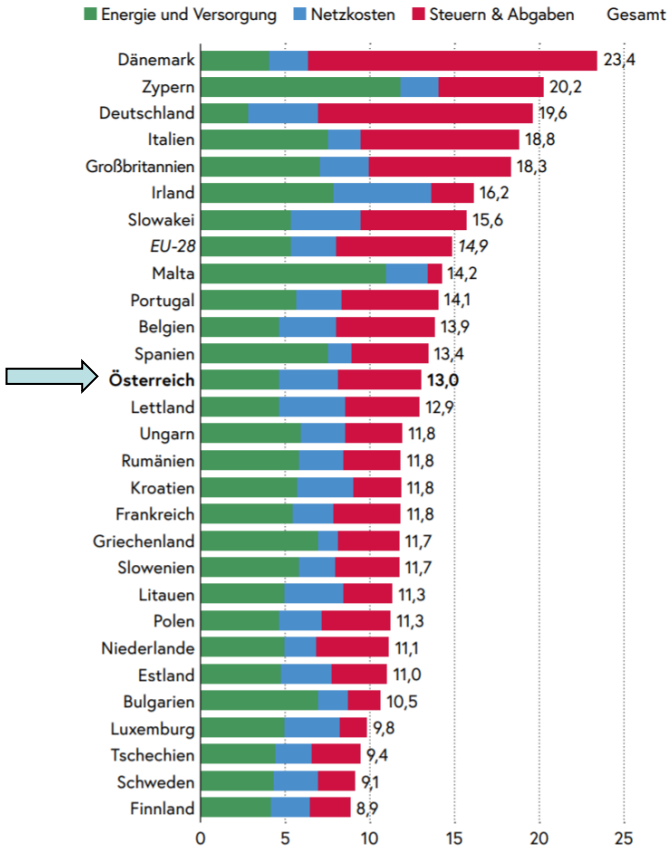
Der Energiepreis für Strom und Gas setzt sich aus Energie-, Netzkosten sowie Steuern, Gebühren, Abgaben und Spesen zusammen.

-2,7% p. a.

Realer Bruttostrompreis für Industrie 2009–2019

Strompreise der Industrie im EU-Vergleich

in Cent/kWh 2019



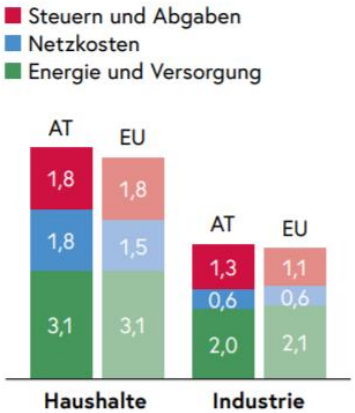
Quelle: Eurostat, Elektrizitätspreiskomponenten

Österreich – Gaspreise 2019 EU Vergleich

Im europäischen Vergleich liegt Österreich bei den Brutto-industriegaspreisen im guten Mittelfeld, allerdings sind diese in Österreich bis 2013 weniger stark gestiegen als im EU-Schnitt und danach stärker gefallen. Während die Preise in Österreich auch 2019 sanken, nahmen sie im EU-Schnitt wieder zu.

Gaspreise für Industrie und Haushalte 2019

nach Komponenten in Cent/kWh



Quelle: Eurostat

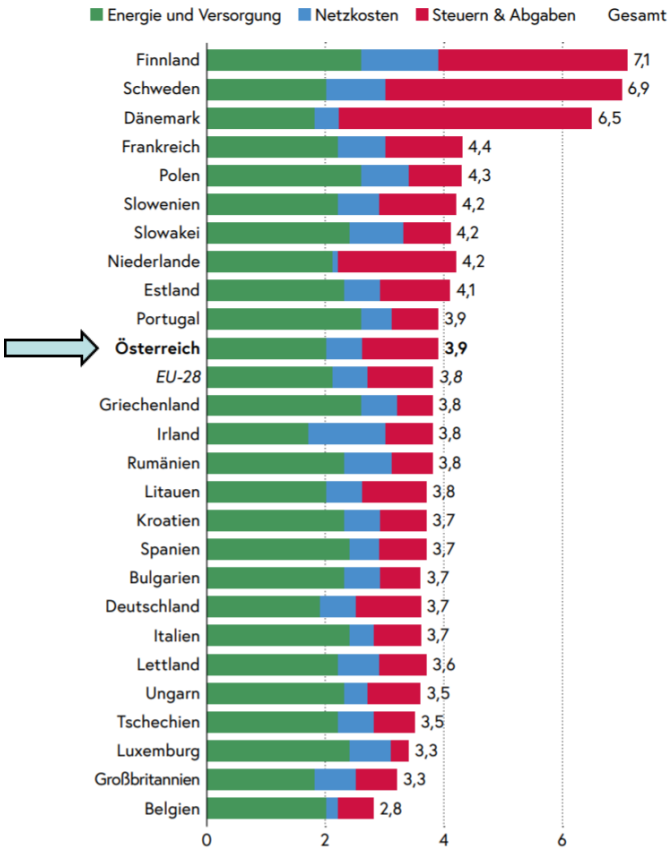
-3,6% p. a.

Realer Bruttogaspreis für Industrie 2009–2019

Der Industriegaspreis insgesamt ist in Österreich im europäischen Vergleich relativ hoch, dies resultiert aus einem relativ hohen Anteil an Steuern und Abgaben. Bei der Energie- und Netzkomponente rangiert Österreich gut im Mittelfeld des EU-Raumes. Die Steuer-komponente ist hingegen nur in Schweden, Dänemark, Finnland, den Niederlanden und Frankreich höher.

Gaspreise der Industrie im EU-Vergleich

in Cent/kWh 2019



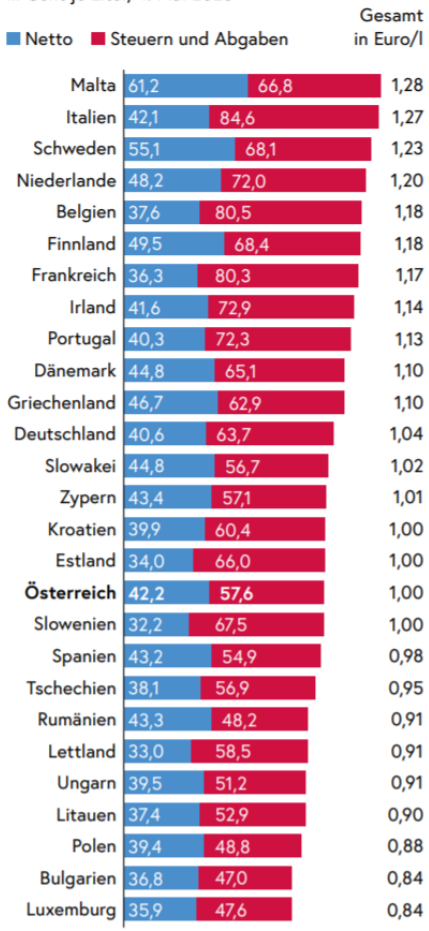
Quelle: Eurostat, Gaspreiskomponenten

Österreich – Treibstoffpreise 4/2020 EU Vergleich

Bei Superbenzin 95 und Diesel (Brutto-Verbraucherpreis) liegt Österreich im guten Mittelfeld im EU-Vergleich.

Dieselpreise im EU-Vergleich

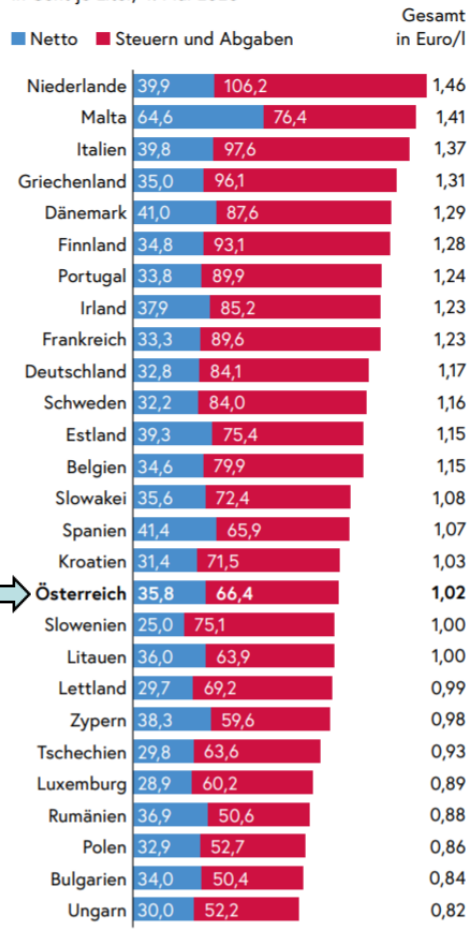
in Cent je Liter, 4. Mai 2020



Quelle: Oil Bulletin

Superbenzinpreis 95 im EU-Vergleich

in Cent je Liter, 4. Mai 2020

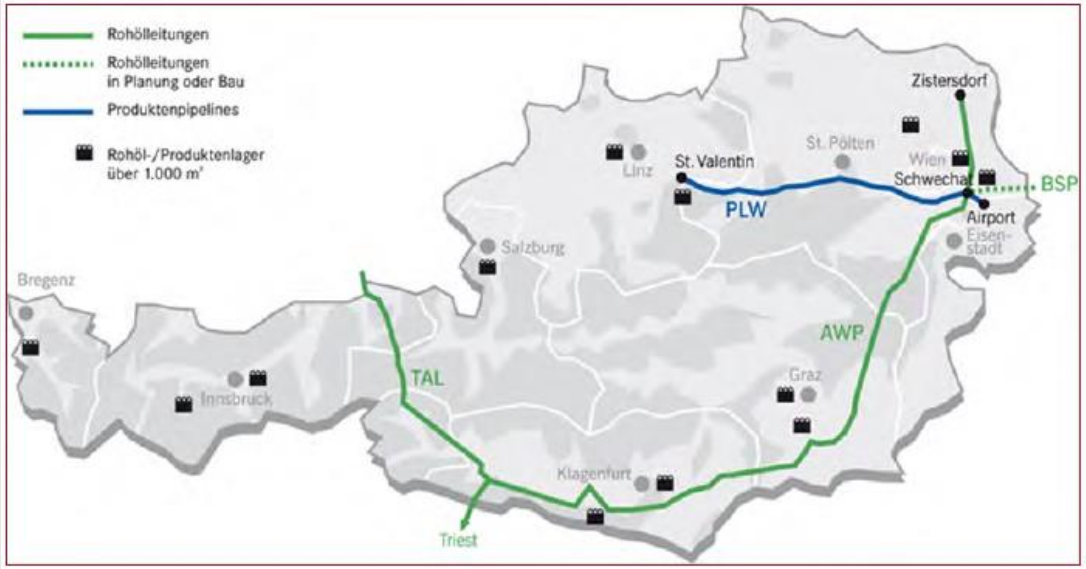


Quelle: Oil Bulletin

Transport von Rohöl

Importiertes Erdöl gelangt über die Transalpine Ölleitung (TAL) und die von ihr in Kärnten abzweigende Adria-Wien-Pipeline (AWP) in die Raffinerie Schwechat zur weiteren Verarbeitung. Der Durchsatz der TAL betrug 2014 41,2 Mio. t. Davon gingen 39 % an die bayrischen Raffinerien Ingolstadt, Vohburg, Neustadt und Burghausen, 33 % an die Raffinerien in Karlsruhe sowie 19 % an die AWP zur Weiterleitung an die Raffinerie Schwechat. 9 % gelangten zur Weiterleitung an tschechische Raffinerien an die Mitteleuropäische Rohrleitung (MERO).

Über die AWP erfolgt grundsätzlich der gesamte Rohölimport der Republik Österreich. Das Erdöl wird per Schiff im Hafen Triest angeliefert, gelagert und von dort über die TAL nach Österreich verpumpt. Über eine Abzweigung der TAL kurz hinter der italienisch-österreichischen Grenze wird das für Österreich bestimmte Erdöl in das Tanklager Würmlach (bei Kötschach-Mauthen) übernommen. Von dort aus führt die AWP über Kärnten, Steiermark, Burgenland und Niederösterreich zur Raffinerie Schwechat. Die AWP-Pipeline hat eine Länge von rund 420 km, im Beobachtungszeitraum 2014 betrug der Durchsatz 7,7 Mio. t.
Die AWP versorgt über eine 14 km lange Stichleitung auch das Lager der Erdöl-Lagergesellschaft (ELG) in Lannach/Stmk.



Der Bau der projektierten BSP (Bratislava-Schwechat-Pipeline) hat noch nicht begonnen. Gründe der Verzögerungen sind umweltpolitische Probleme mit der Trassenführung auf slowakischer Seite. Die Verlängerung der Druschba-Pipeline von Bratislava nach Schwechat soll mit einer Jahreskapazität von 2,5 Mio. t Rohöl ausgelegt werden – langfristig könnten bis zu 5 Mio. t transportiert werden. Diese Leitung würde wesentlich zur Erhöhung der österreichischen Versorgungssicherheit auf dem Erdölsektor beitragen, da mit ihr ein zweiter Leitungsweg nach Österreich – insbesondere für Rohöltransporte aus Russland und nderen Ländern der früheren Sowjetunion - gegeben wäre.

Erdgas Speicherung und Transport 2014

Die in Österreich tätigen Erdgasspeicherbetreiber – die Unternehmen Uniper Energy Storage GmbH, OMV Gas Storage GmbH, RAG Energy Storage GmbH, Astora GmbH & Co. KG und GSA LLC – verfügen über Speicher mit einer Gesamtkapazität von 8,2 Mrd. m³ Arbeitsgasvolumen. Es sind dies teilausgeförderte Erdgaslagerstätten in 500 bis 1.500 m Tiefe, in denen das Gas eingelagert wird, bis es schließlich in den Verbrauch gelangt.

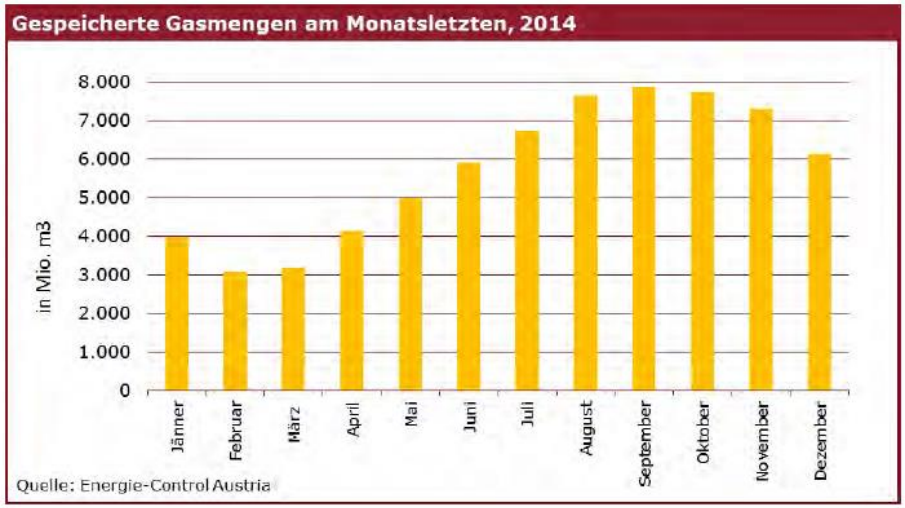
Aus Kostengesichtspunkten ist es erforderlich, die Transportleitungen ebenso wie die Förderanlagen von Erdgas ganzjährig auszulasten. Da jedoch der Verbrauch im Sommer deutlich unter jenem im Winter liegt, werden die (täglichen und saisonalen) Schwankungen bei der Abnahme und die weitgehend konstante Anlieferung von Erdgas aus Import und Inlandsförderung mit Hilfe von Erdgasspeichern in Einklang miteinander gebracht.

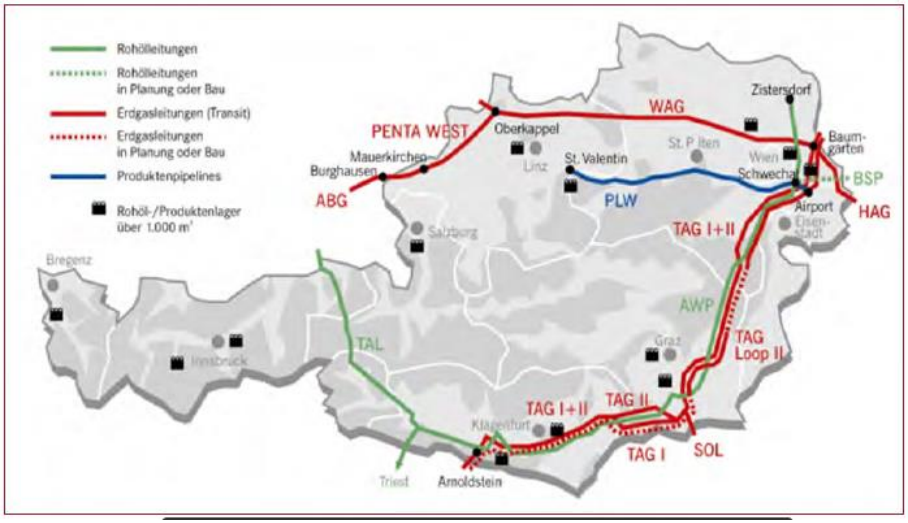
Das Verteilnetz der österreichischen Netzbetriebsunternehmen weist eine Streckenlänge von 38.799 km auf.

Neben dem Erdgasverteilungssystem (Hoch- und Niederdruck) zur Versorgung der Endverbraucher gibt es noch Transitleitungen mit einer Gesamtlänge von 3.129 km. Es sind dies Pipelines mit internationaler Bedeutung, die Österreich queren, aber auch für den innerösterreichischen Transport genutzt werden.

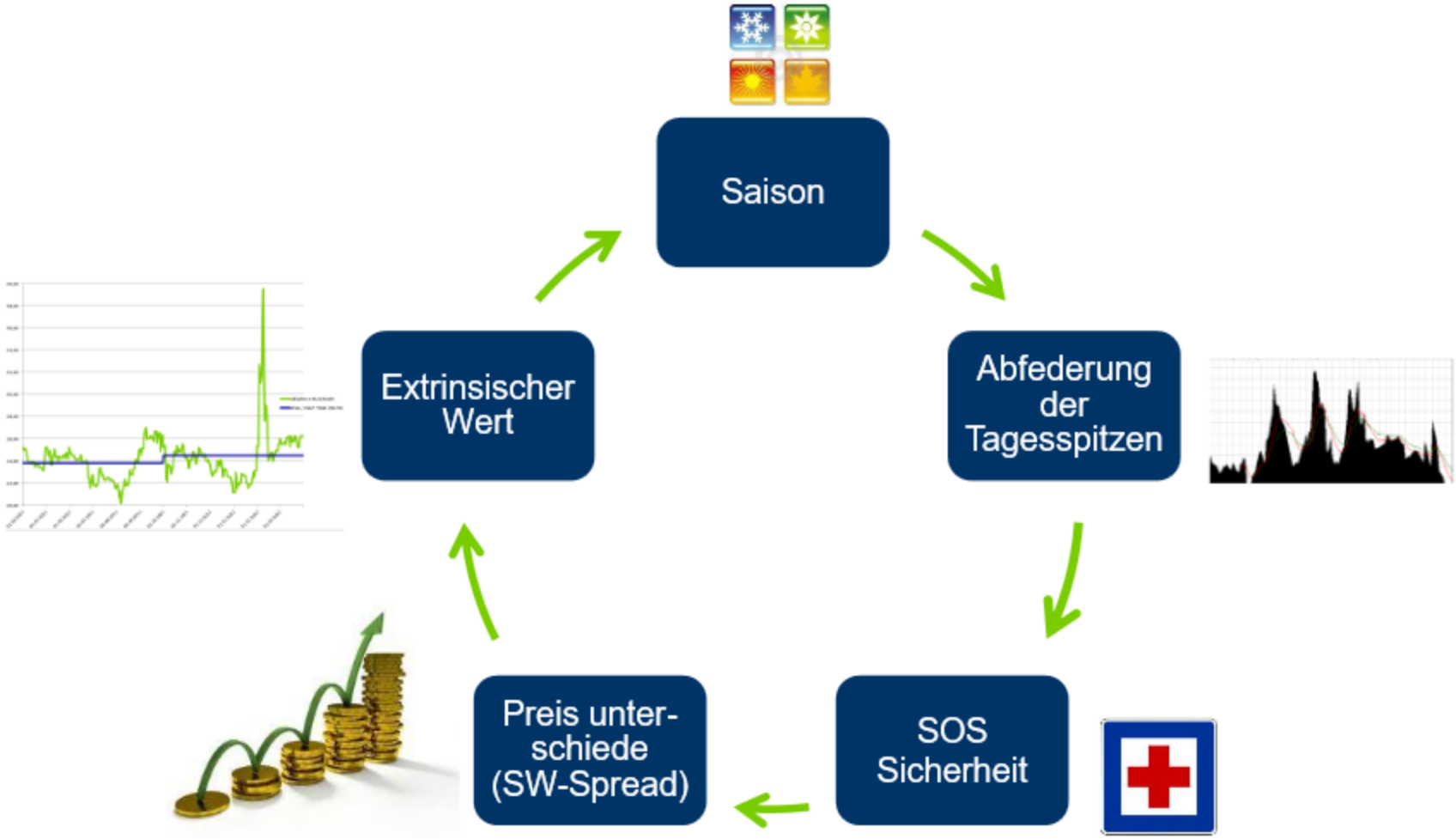
Der internationale Erdgastransport wird über ein dichtes Leitungsnetz, welches sich von der Russischen Föderation über Nachfolgestaaten der ehemaligen Sowjetunion, die Slowakei, die Tschechische Republik und Österreich bis zu den Zielregionen in West- und Südeuropa erstreckt, durchgeführt.

Österreich – Schlüsselstellung im europäischen Erdgastransport!

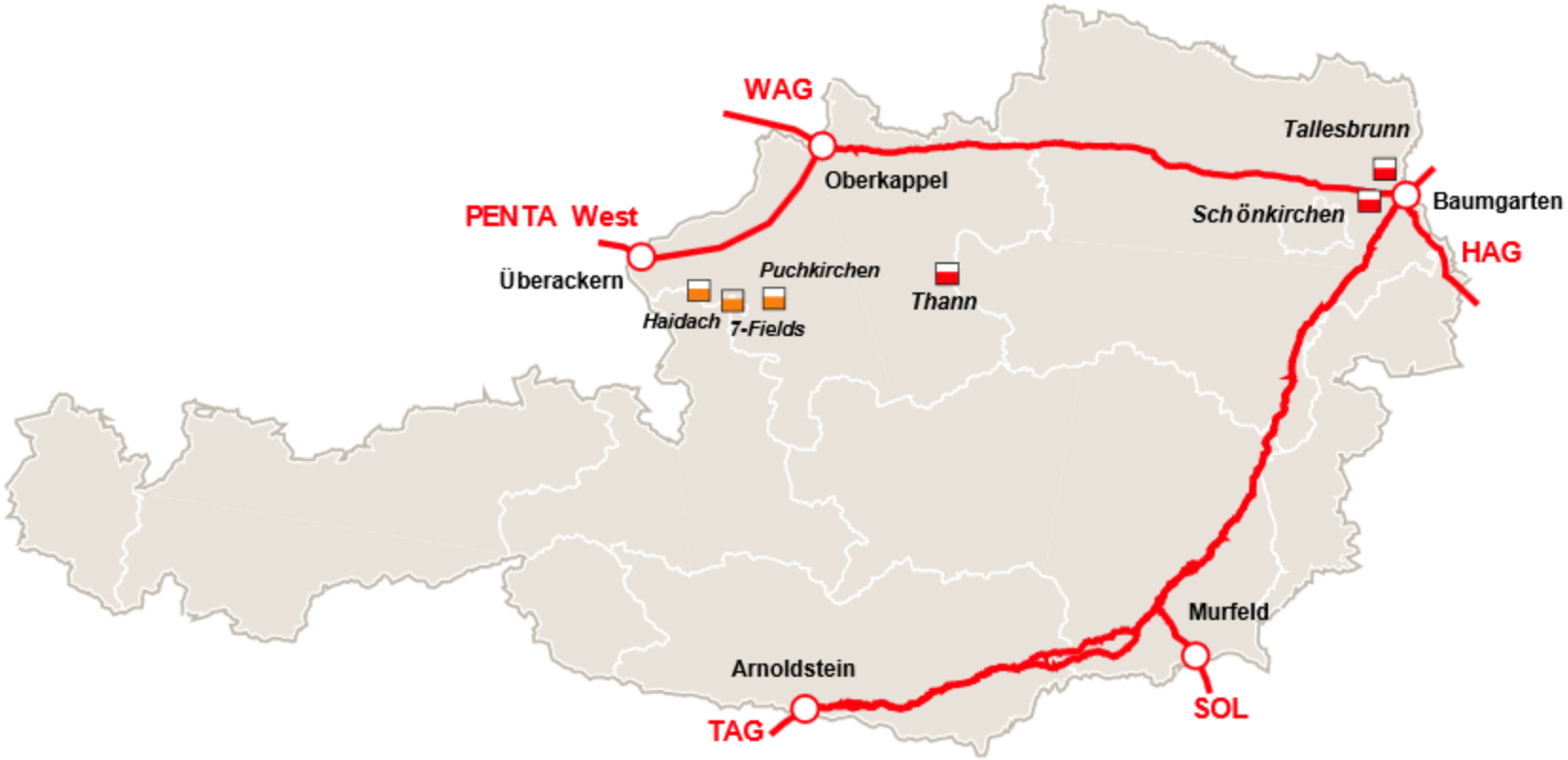




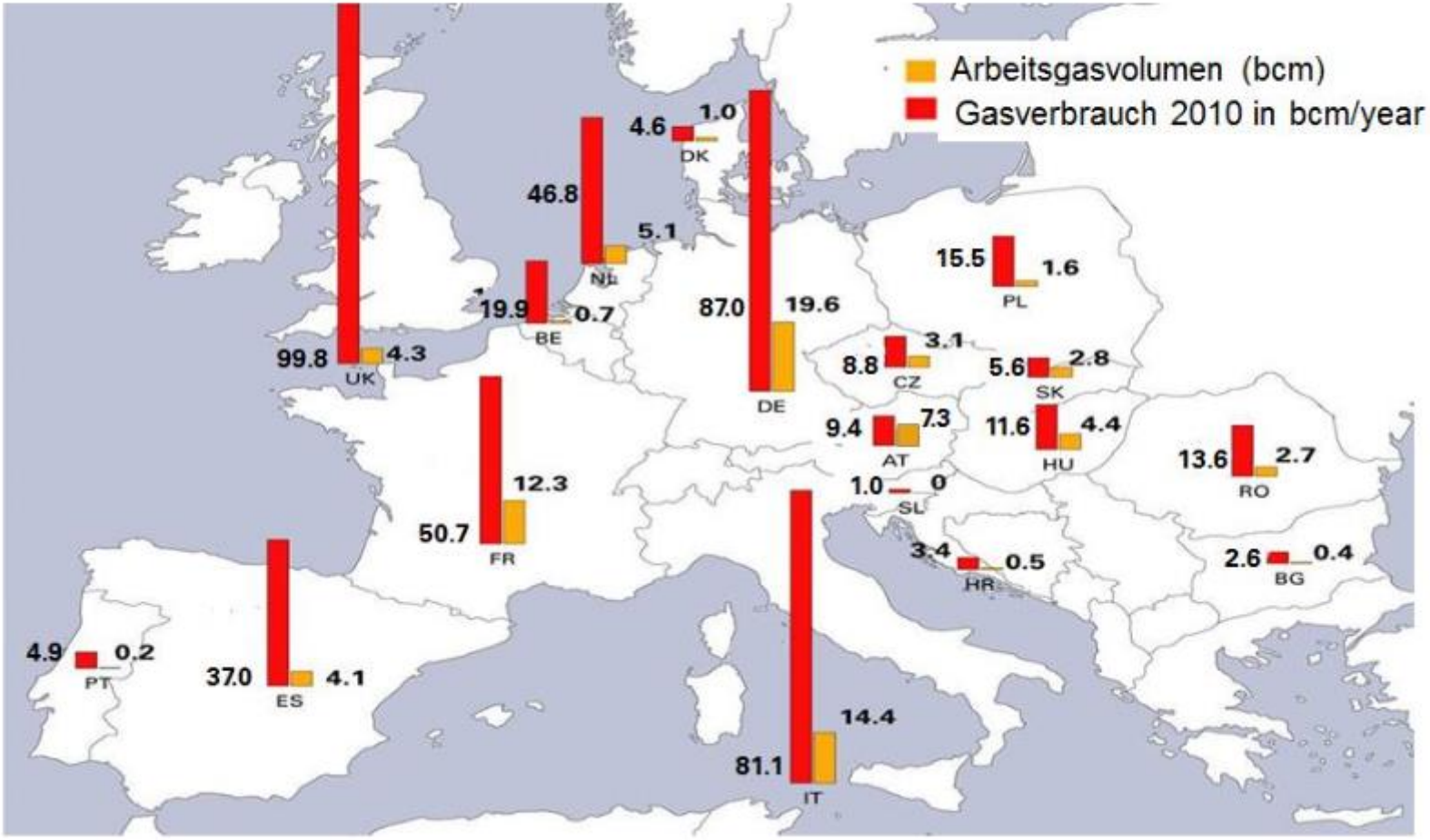
Warum Erdgasspeicher



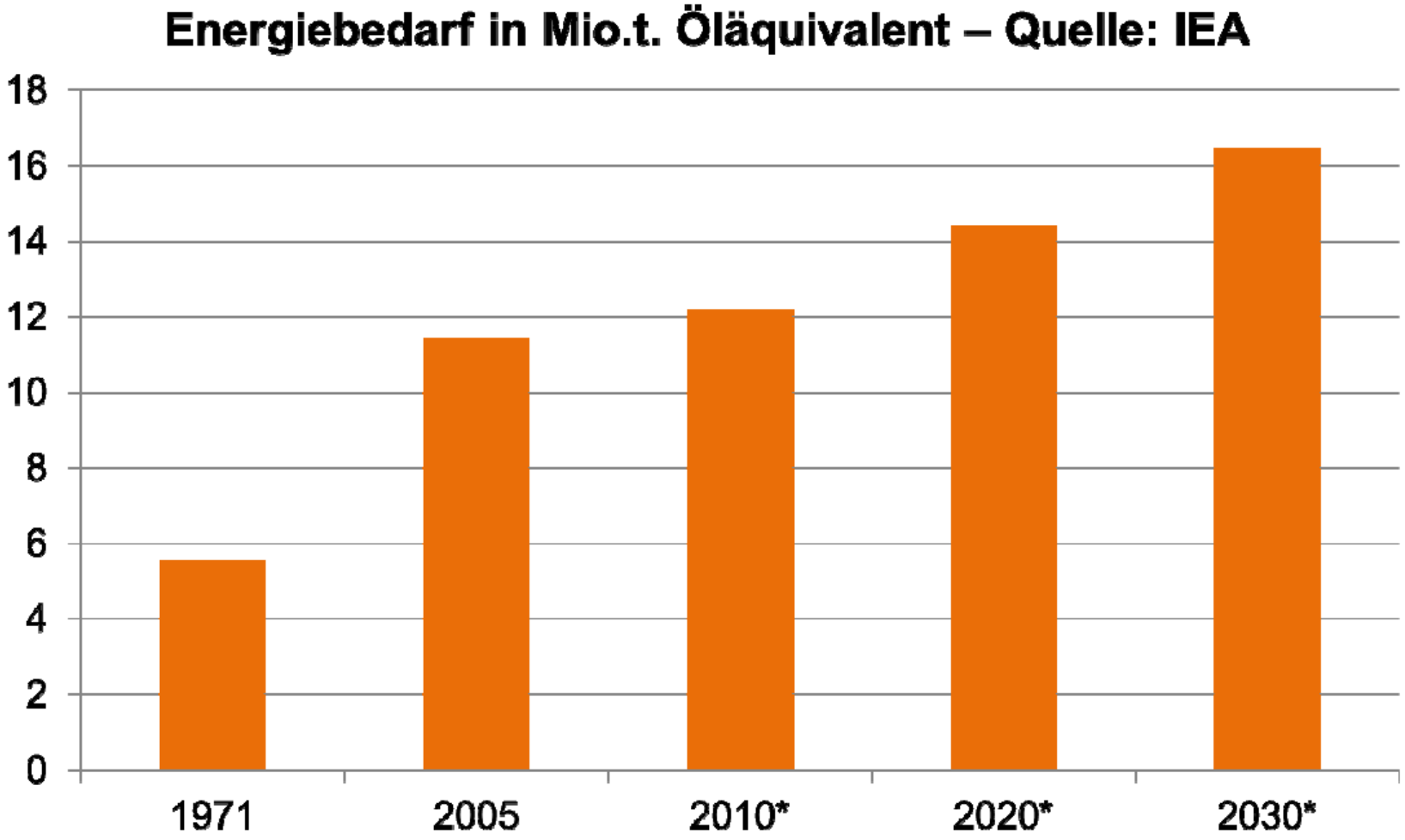
Lage: Erdgasspeicher in Österreich



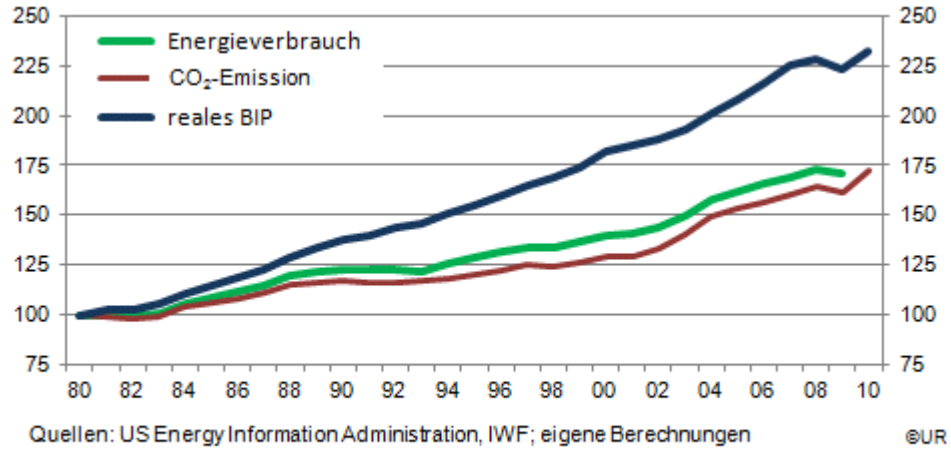
Erdgasspeicher vs. Jahresgasverbrauch EU 2011



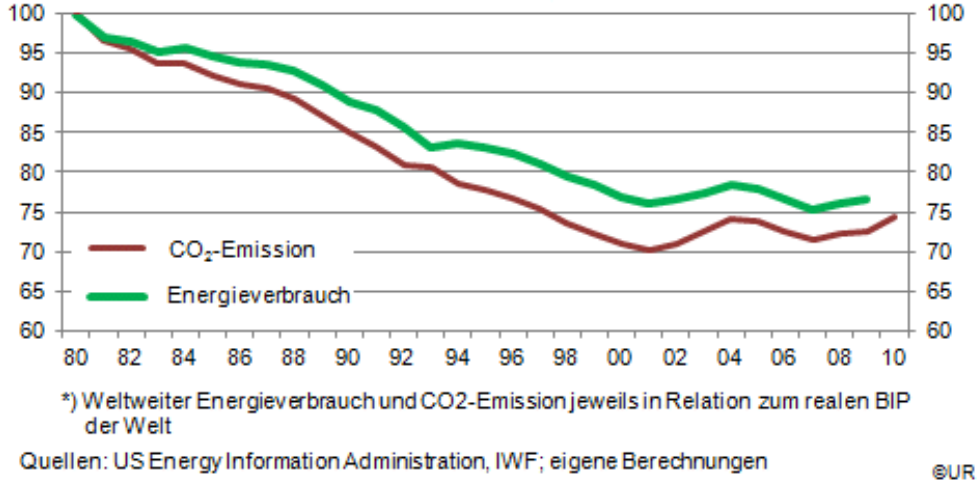
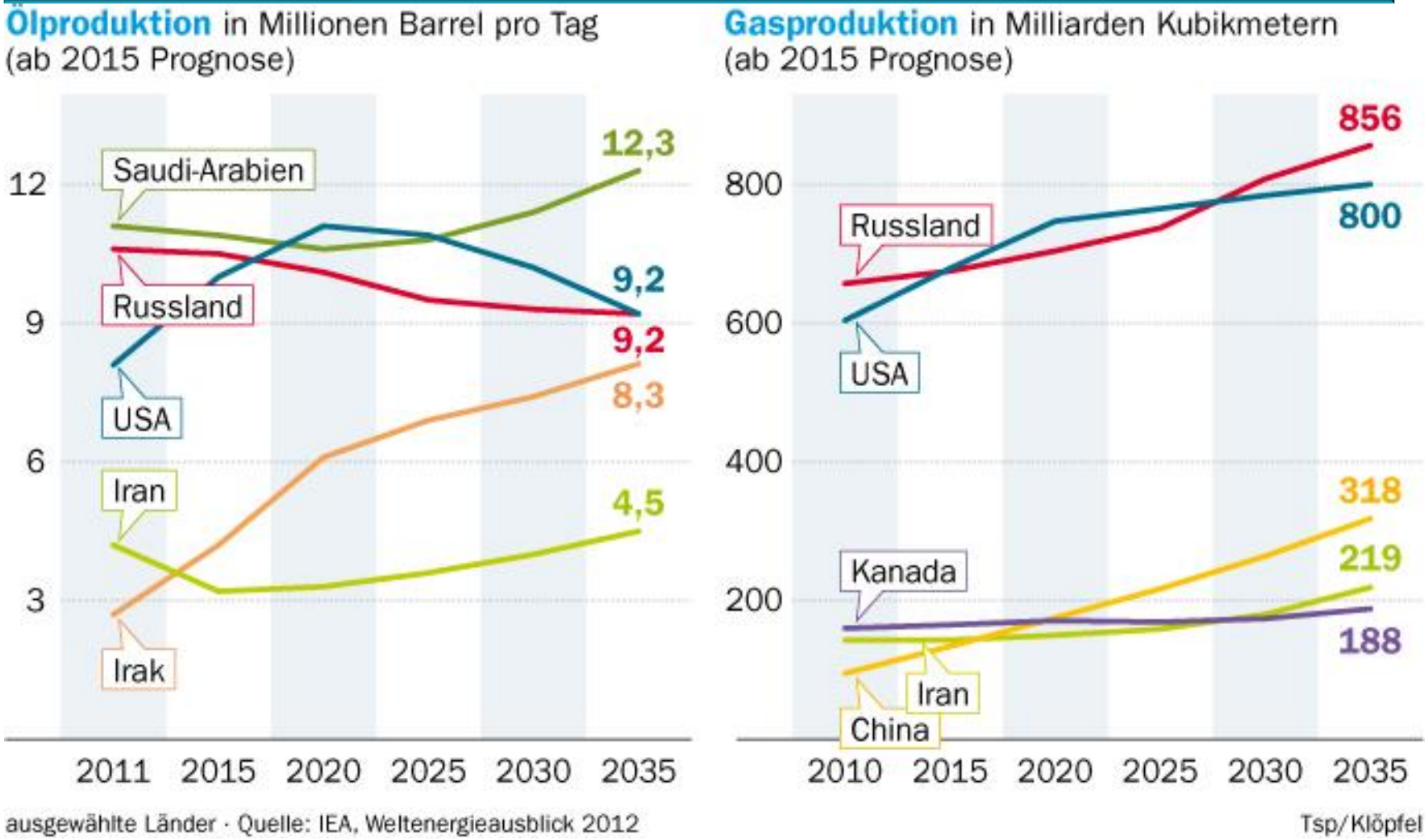
Der Welt-Energiehunger ist enorm



Energieverbrauch und CO2 Emissionen / Entwicklung weltweit



Entwicklung des Energieverbrauchs, der CO2-Emissionen und des realen BIP der Welt (1980=100)



Die größten Energieproduzenten der Welt – Prognosen ab 2015