

FOSSILFREIES ENERGIESYSTEM – BEISPIEL TIROL

Wolfgang Streicher
Arbeitsbereich Energieeffizientes Bauen
Universität Innsbruck

Projekt Für das Land Tirol

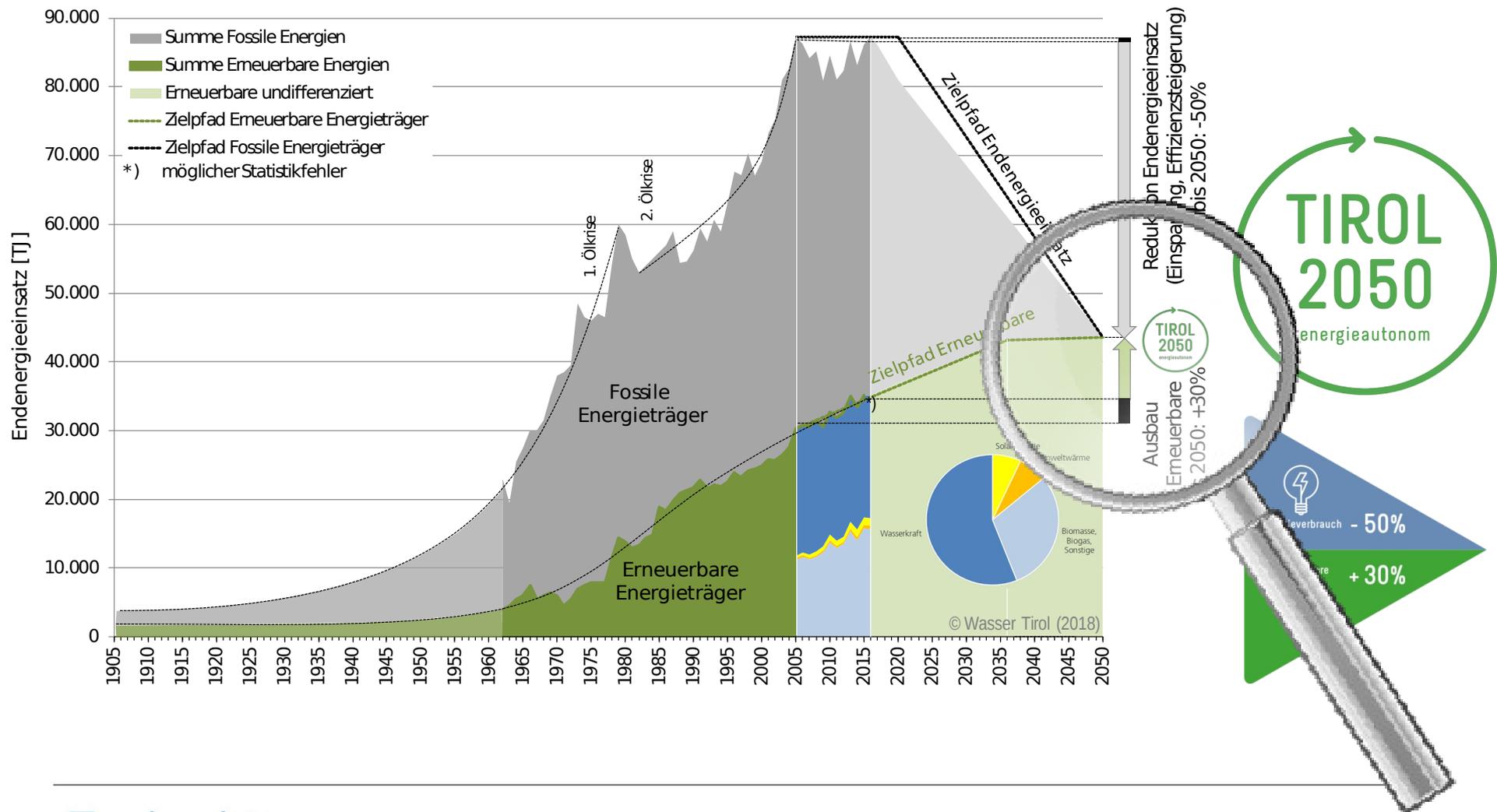
Ressourcen- und Technologie- Einsatzszenarien Tirol 2050



universität
innsbruck



Laufzeit: 07/2017 - 06/2019
https://www.tirol.gv.at/fileadmin/themen/umwelt/wasser_wasserrecht/Downloads/19-03-08_Szenarien-Tirol-2050_Endbericht-Stand-18-10-15.pdf



Aufgabenstellung

Welche **heimischen Energieressourcen** werden in welcher Größenordnung mit welchen **technologischen Lösungen** zur Erreichung der bilanziellen Energieautonomie im Jahre 2050 (Ziel Tirol energieautonom 2050) benötigt?

1. Ermittlung der Bedarfsentwicklung und Ressourcen

- Bedarfsberechnung auf Basis aktueller Bedarfswerte und -muster, Ermittlung von Einspar- und Effizienzsteigerungspotenzialen
- Quantifizierung heimischer Ressourcendargebote
- Berücksichtigung heute absehbarer Technologien, Synergien (Sektorkopplung)

2. Bedarfsdeckungsszenarien für das Ziel 2050

mit den gegebenen heimischen nutzbaren Ressourcen im Jahressaldo

- keine energiewirtschaftlichen Betrachtungen, monatliche oder wöchentliche Betrachtung / Speicherbetrachtung
- keine Betrachtung der „grauen Energie“

3. Grundlagen für eine grobe Marschrichtung bis 2050

Projektteam & Advisory Board

Projektteam

- Wasser Tirol - Wasserdienstleistungs-GmbH (Ressourcen, Koordination)
- Universität Innsbruck, AB Energieeffizientes Bauen (Sonstiges/Gebäude)
- Universität Innsbruck, AB Intelligente Verkehrssysteme (Mobilität)
- Management Center Innsbruck (Produktion)

Büro LH-Stv. ÖR Geisler

Advisory Board
Abt. Wasser-, Energie- Forstrecht
SG Verkehrsplanung

Abt. Landesentwicklung und Zukunftsstrategie

Landesenergiebeauftragter

Nachhaltigkeitsbeauftragte



Einbeziehung Stakeholder

- 21.09.17 Kick Off
- 03.11.17 Dargebot: Wald
- 27.11.17 Advisory Board 01
- 15.01.18 Gebäude: Stakeholder-WS
- 17.01.18 Dargebot: Biogas, LW-Kammer
- 22.01.18 Produktion: Stakeholder-WS
- 24.01.18 Dargebot: Stakeholder-WS
- Wasserkraft
- 26.01.18 Mobilität: Stakeholder-WS
- 13.02.18 Dargebot: Wasserkraft
- 22.02.18 Dargebot: Wasserkraft EU-
- WRRL
- 09.03.18 Advisory Board 02
- 27.03.18 Dargebot: Wasserkraft
- 09.04.18 Produktion: Sandoz
- 18.04.18 Produktion: GE Jenbacher
- 04.05.18 Advisory Board 03
- 07.06.18 Advisory Board 04
- 13.06.18 Vernetzungstreffen der Tiroler
- EVU

25.06.18 Stakeholder-Workshop

25.07.18 Dargebot: Wasserkraft im

Strukturtext

FOSSILFREIES ENERGIESYSTEM.- BEISPIEL TIROL,
Streicher, Ehrhard, Graz, 14.2.2024





SEKTOREN

SONSTIGES/GEBÄUDE

PRODUKTION

MOBILITÄT



SZENARIEN

SZENARIO I: STROM-MAXIMIERT

SZENARIO II: WASSERSTOFF-MAXIMIERT

SZENARIO III: METHAN-MAXIMIERT

SZENARIO IIIa: ADAPTIERTES METHAN

SZENARIO IV: ENERGIE-MIX

Sektor Gebäude/Sonstiges

■ Annahmen zur Zielerreichung:

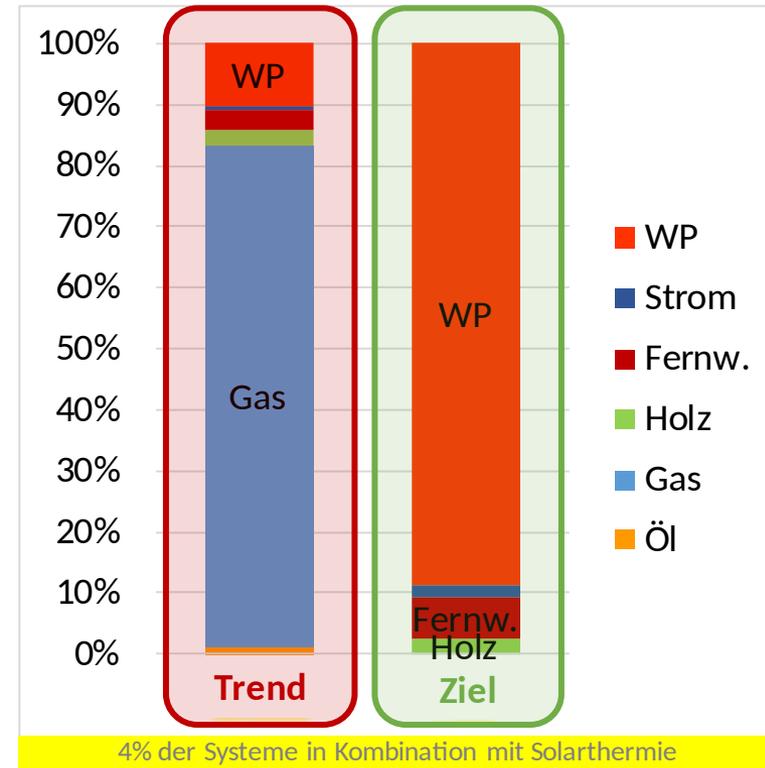
- Baseline ist NEA 2016 Tirol: Alle Bottom-Up-Werte über HWB und WWWWB und Energieträgerverteilung angepasst.
- Ab 2023 Passivhausstandard Neubau, hochwertige Sanierung
- Sanierungsrate 1,3 %/a, Neubaurate nach ÖROK-Bevölkerungsprognose
- Ab 2023 keine fossilen Energieträger bei Neubau und Tausch des Wärmeerzeugers (Austauschrate 3%/a)
- Wirkungsgradverbesserung bei Wärmeerzeugern (z.B. WP von 3,5 => 4)

■ Sonstige Rahmenbedingungen:

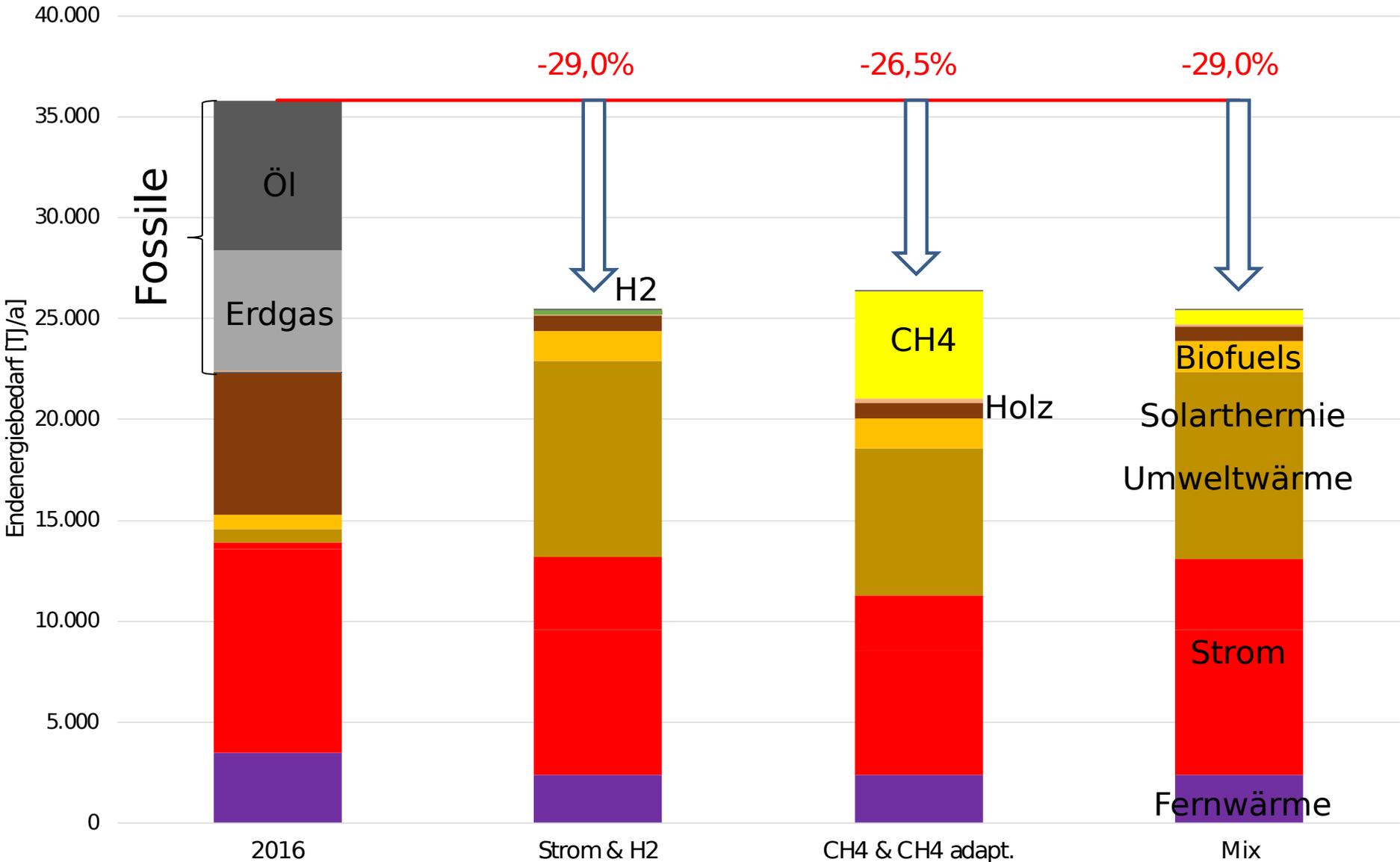
- Aggregation Sonstige nach NEA in
 - Wohngebäude
 - Öffentliche und private Dienstleistungen
 - Landwirtschaft

Sektor Gebäude/Sonstige

- Szenario I: Strom-Maximierung → Zeitlicher Verlauf Gebäude vorhanden
 - Bei Neubau oder Tausch: Wärmereizger primär Wärmepumpe (92 %), Rest Biomasse, Strom, Fernwärme
- Szenario II: Wasserstoff → Nur Start und Endwerte vorhanden
 - Für Gebäude gleich wie Szenario I (Wasserstoff im Gebäudebereich als kaum durchführbar erachtet)
- Szenario III und IIIa: P2G-Methan → Nur Start und Endwerte vorhanden
 - Alle Gebäude, die 2016 mit Gas versorgt werden, auch 2050 mit P2G
- Szenario IV: Energie-Mix → Nur Start und Endwerte vorhanden
 - P2G: 5 % der Gebäude, die 2016 mit Gas beheizt wurden (=2,65 % aller Gebäude)



Endenergiebedarf Sektor Sonstiges / Gebäude



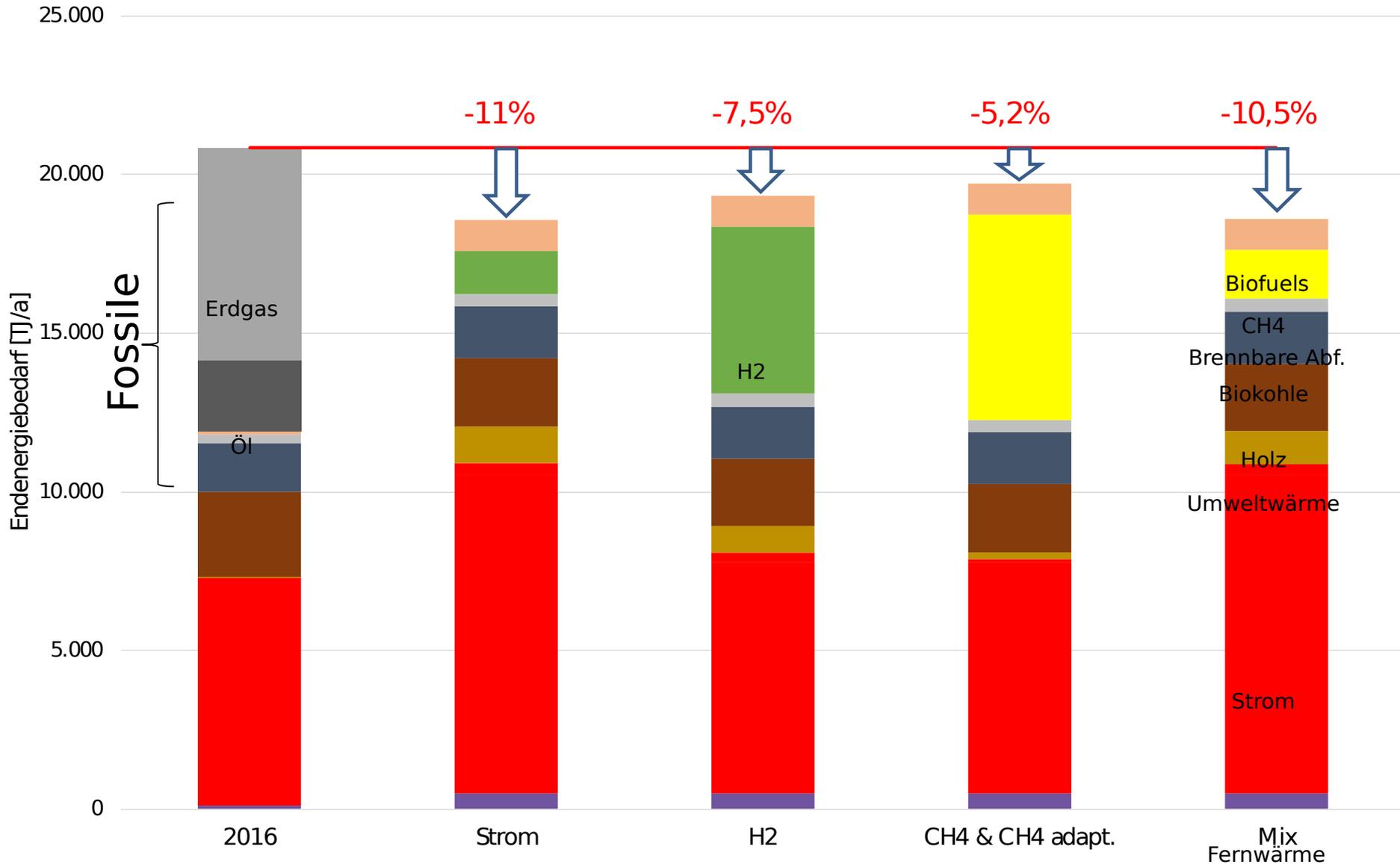
Sektor Produktion

- Allgemeine Annahmen zur Zielerreichung:
 - Steigerung Energiebedarf: + 0,8 % p.a. (Wirtschaftswachstum)
 - Effizienzsteigerung Dampferzeugung / Industrieöfen: 0,8 % p.a
 - Effizienzsteigerung Standmotoren: 1,2 % p.a (Druckluft, etc.)
 - Effizienzsteigerung Gebäude / Kfz: vgl. Sektoren Gebäude / Mobilität
- Sonstige Rahmenbedingungen:
 - Sämtliche ÖNACE-Kategorien wurden bezüglich Einsparungen getrennt betrachtet (Chemie, Nicht-Eisenmetalle, Steine/Erden/Glas, Holzverarbeitung,...)
 - Keine Änderung der Betriebsstruktur / Produktionsstruktur
 - Derzeit verwendete Holzbiomasse wurde weiterhin als Energieträger genutzt
 - Kohle, soweit stofflich notwendiger Energieträger, wurde durch Biokohle ersetzt

Sektor Produktion

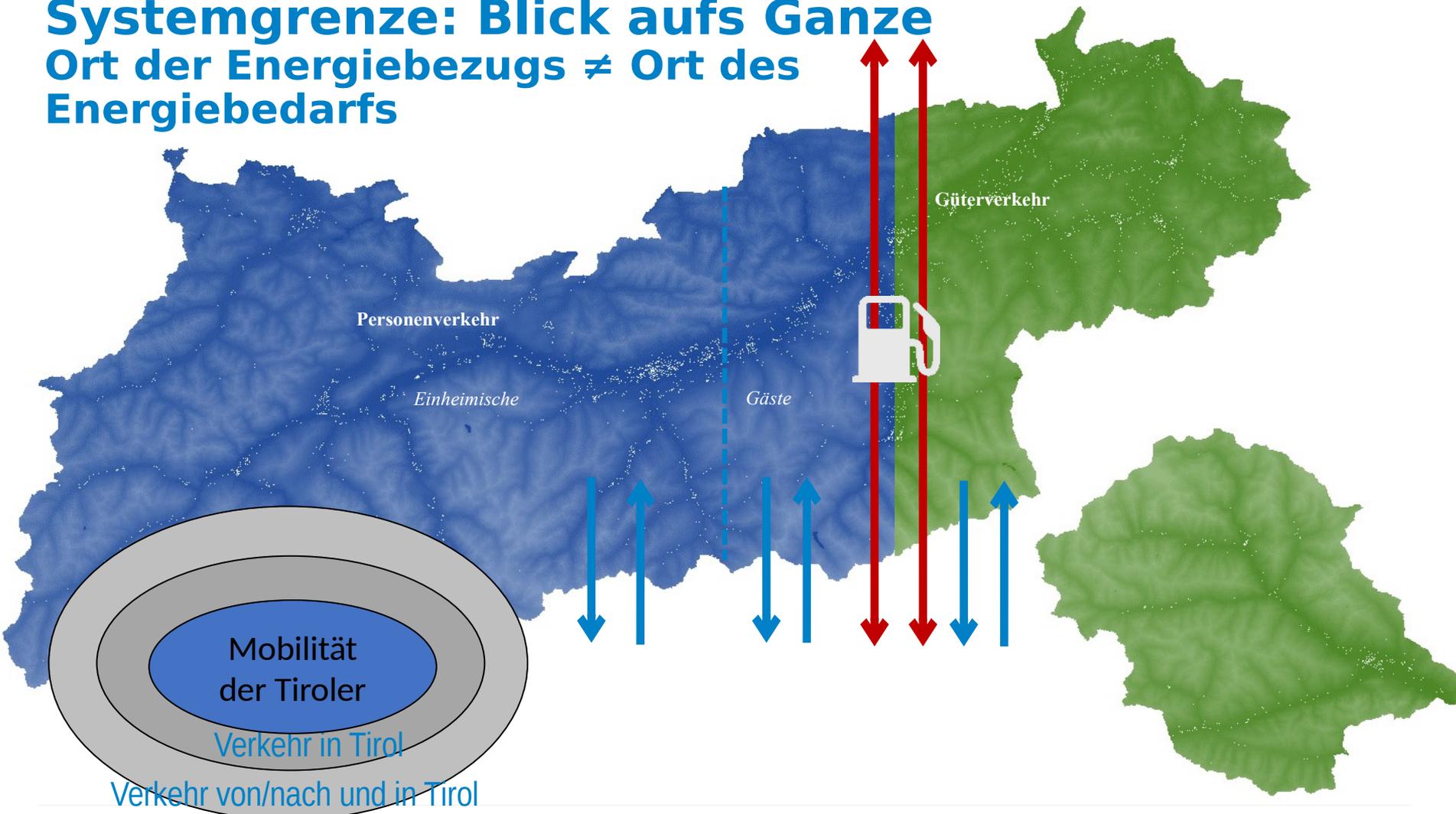
- Szenario I: Strom-Maximierung
 - Sämtliche Verbraucher – sofern technisch möglich - werden auf strombasierende Technologien umgestellt
 - Industrieöfen mit „Flammenbedarf“ werden mit Wasserstoff (on-demand) betrieben
- Szenario II: Wasserstoff
 - Moderater Einsatz von Strom als Energieträger
 - Sämtliche fossile Energieträger werden durch Wasserstoff ersetzt
- Szenario III und IIIa: P2G-Methan
 - Wie Szenario II, aber fossile Energieträger werden durch P2G-Methan ersetzt
- Szenario IV: Energie-Mix
 - Maximierung der Strom-Technologien
 - Fossile Energieträger werden durch P2G-Methan ersetzt

Endenergiebedarf Sektor Produktion



Sektor Mobilität

Systemgrenze: Blick aufs Ganze
Ort der Energiebezugs \neq Ort des Energiebedarfs



Annahmen Sektor Mobilität

- Allgemeine Annahmen zur Zielerreichung:
 - Baseline ist NEA 2016 Tirol, d.h. in Tirol bezogene Energie
 - Anreise von Gästen nicht und der Tanktourismus nur teilweise berücksichtigt
 - Vorgabe für 2050 keine Einschränkung der Dienstleistung
 - Nutzenergie nicht reduziert, sondern analog zu Bevölkerungswachstum um 11% erhöht, d.h. keine Verhaltensänderung in Personenmobilität und Güterverkehr (nur) parallel zu Personenverkehr
 - Flughafen/Flugverkehr bleibt in aktuellem Umfang (strateg. Bedeutung für Tirol), Zillertalbahn wird auf H₂ umgestellt



Sektor Mobilität

In allen Szenarien:

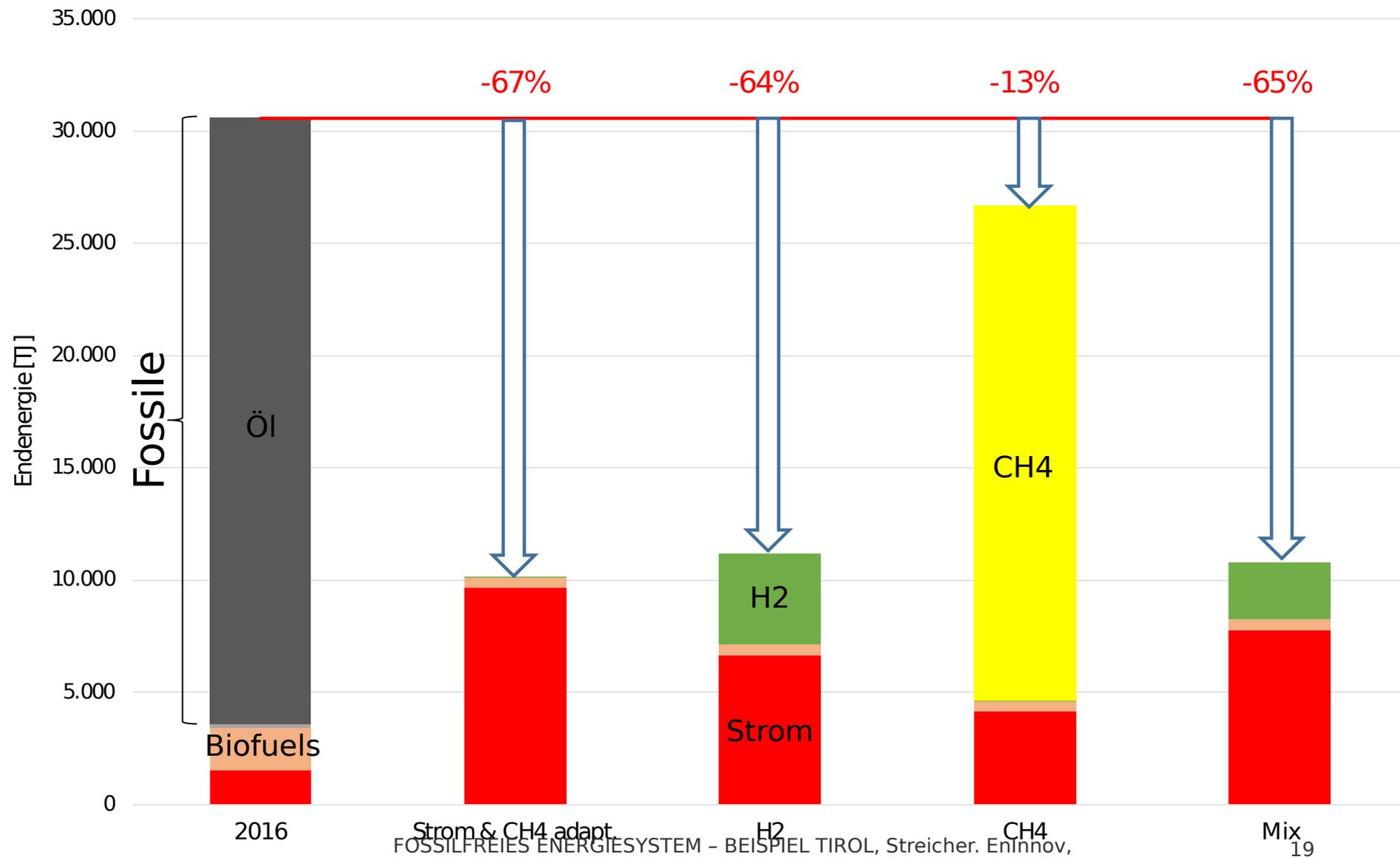
Schiene elektrisch außer Zillertalbahn H₂;

Flugverkehr Biofuel (Import)

- Szenario I: Strom-Maximierung
 - Straßenverkehr vollständig elektrisch
- Szenario II: Wasserstoff
 - Straßenverkehr: PKW & Lieferwagen BEV, alle Nutzfahrzeuge H₂
- Szenario III: P2G-Methan
 - Straßenverkehr: je 50% PKW & Lieferwagen CH₄ / BEV, Nutzfahrzeuge CH₄
- Szenario IIIa: in Mobilität wie Szenario I
- Szenario IV: Energie-Mix
 - Straßenverkehr: PKW, Lieferwagen, Bus und 30% LKW BEV, 70% LKW H₂



Endenergiebedarf Sektor Mobilität



Mobilität Grobrechnung 2016 = 2050

Potentiale Verhaltensänderung MIV



1. Alle MIV-Wege kürzer als 1 km zu Fuß (7% der MIV-Wege, 4% aller Wege)

2016: ca. 80 TJ 2050: ca. 20 TJ

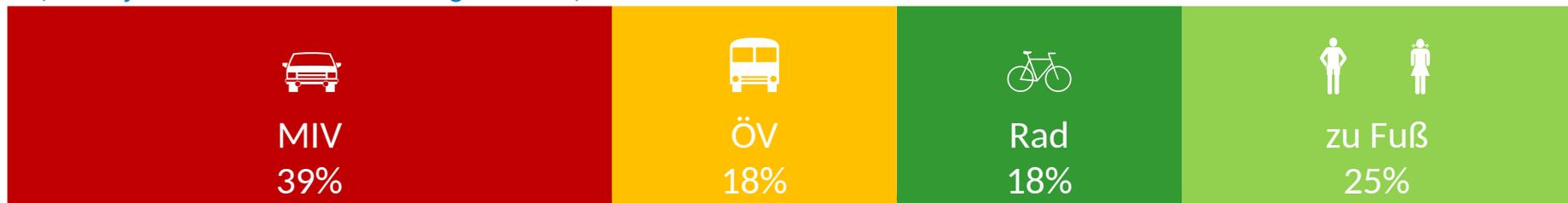
2. 50% der MIV-Wege zwischen 1 und 5 km auf Fahrrad (37% der MIV-Wege, 22% aller Wege)

2016: ca. 1.000 TJ 2050: ca. 250 TJ

3. 20% der MIV-Wege über 5 km auf ÖV (56% der MIV-Wege, 34% aller Wege)

2016: ca. 3.200 TJ 2050: ca. 800 TJ

+30% Wege zu Fuß = Verdreifachung Wege mit Rad = 80% mehr ÖV-Fahrten als 2016
(davon jeweils 11% aus Bevölkerungszuwachs)



Energieeinsparungspotential: Summe 2016 ca. 4.500 TJ, Summe 2050 ca. 1.100 TJ



RESSOURCEN

Wasserkraft / Solar



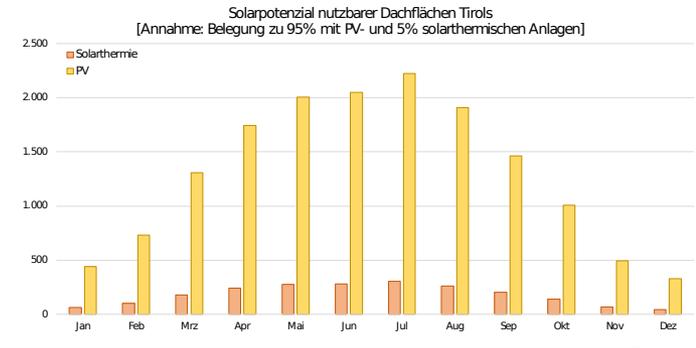
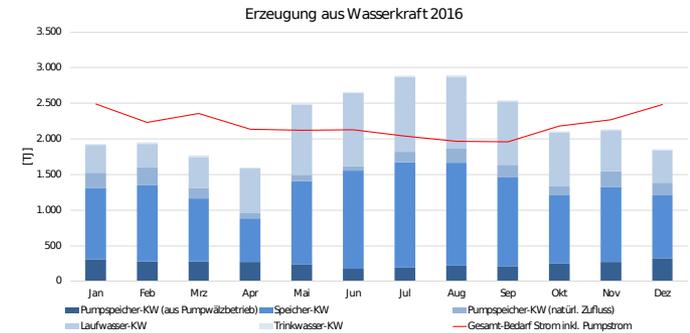
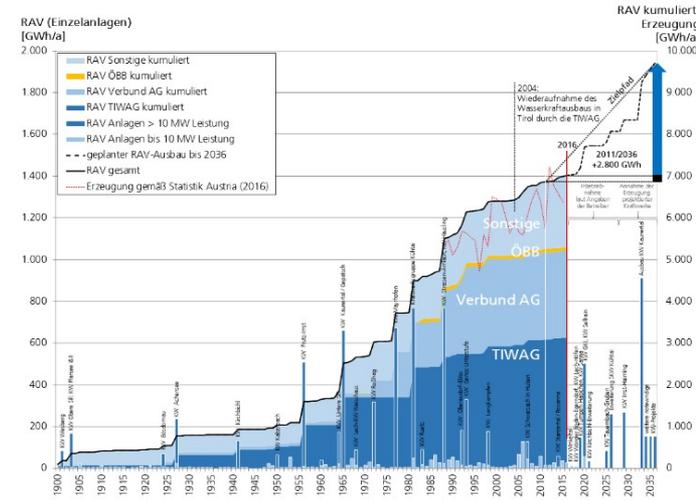
Wasserkraft

- Wasserkraftausbauoffensive 2011-2036
- Zusätzl. Ausgleich der Einbußen aus EU-WRRL
- Zusätzl. Ausgleich evtl. Betriebseinstellungen
- In Tirol physisch erzeugter Strom
- Dunkelflauten / Speicherfrage
- Erzeugung 2011: 20.600 TJ
- Ausbauziel 2036: 30.600 TJ



Sonne

- 385.000 Gebäudedächer - 86 Mio. m²
- solare Einstrahlung: 251.000 TJ/a
- Solare Einstr. >950 kWh/m²•a: 183.000 TJ/a
- 95% PV: 15.700 TJ/a, 5% Solarth.: 2.200 TJ/a



Biogas / Umweltwärme / Geothermie



Biogas

- Wirtschaftsdünger: 156.500 GVE ~550 TJ/a
- Biogene Abfälle: 149.000 t ~400 TJ
- NawaRo: 0 TJ/a
- Klärgas: 19.900 t TS bzw. ~260 TJ/a



Umweltwärme (Wasser, Erde, Luft)

- 64.000 Gebäude auf Grundwasserkörpern
- Grundwasser: ~2.900 TJ/a
- 121.000 Geb. außerhalb Grundwasserkörper
- Erdwärme & Luft: Theoretisch unbegrenzt

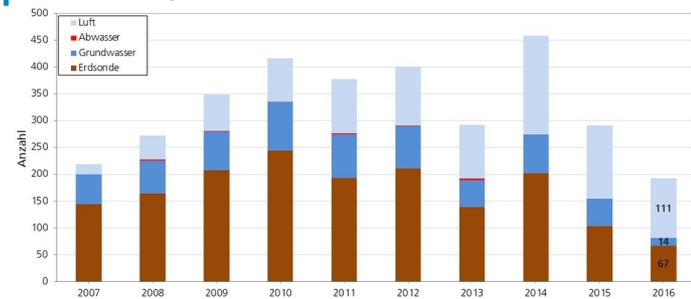


Tiefengeothermie

- 5 Tiefenbohrungen ohne energ. Nutzung
- Keine Potenzialausweisung



Anzahl geförderter Wärmepumpensysteme nach Wärmequelle durch TIWAG, IKB, Energie West und EW Reutte



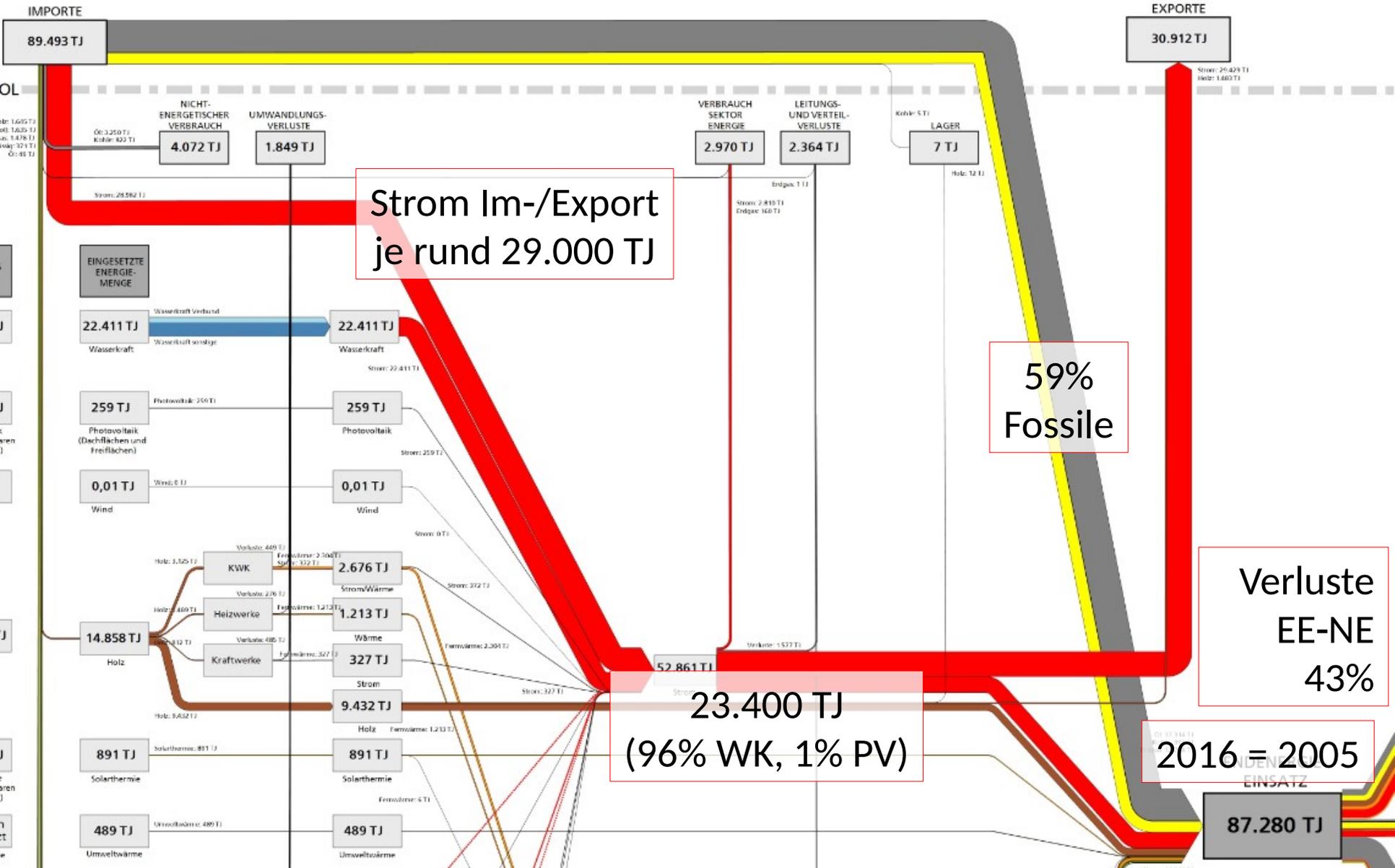
Nutzbare Ressourcen

Energieressource	Nutzbares Potential [TJ]
Wasserkraft Sonne	30.600
Photovoltaik (95% der nutzbaren Dachflächen)	15.704
Solarthermie (5% der nutzbaren Dachflächen)	2.161
Photovoltaik Freiflächen	nicht beziffert
Holz	15.736
Abfälle	2.262
Wind	900
Biogas	
aus Bioabfall und Grünpflanzen	401
aus Wirtschaftsdünger	549
aus Klärgas	266
aus nachwachsenden Rohstoffen	0
Umweltwärme	
aus dem Grundwasser	2.877
aus der Erde	nicht beziffert
Tiefengeothermie	nicht beziffert



IST-STAND &
SZENARIEN
ERGEBNISSE

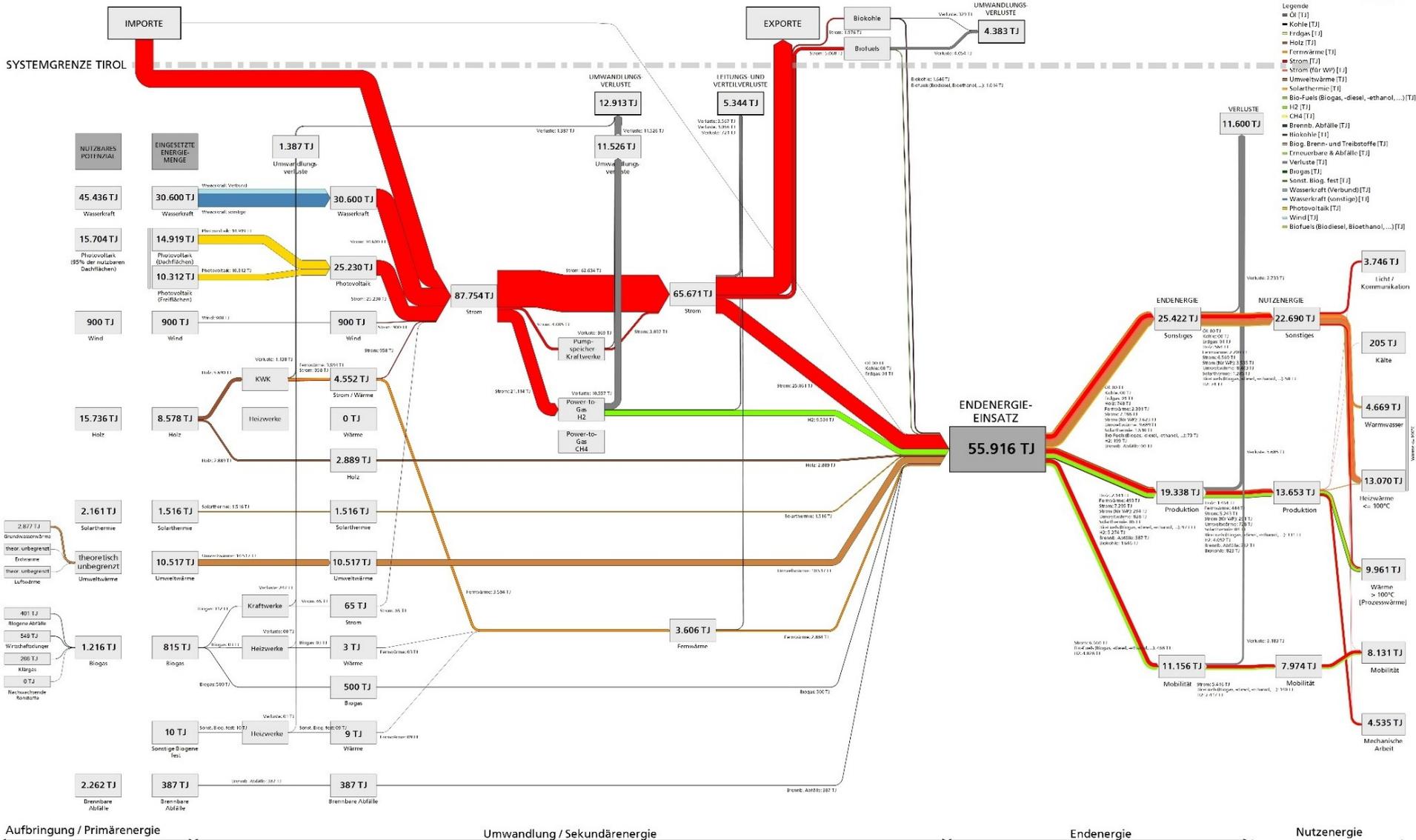
Ist-Stand 2016



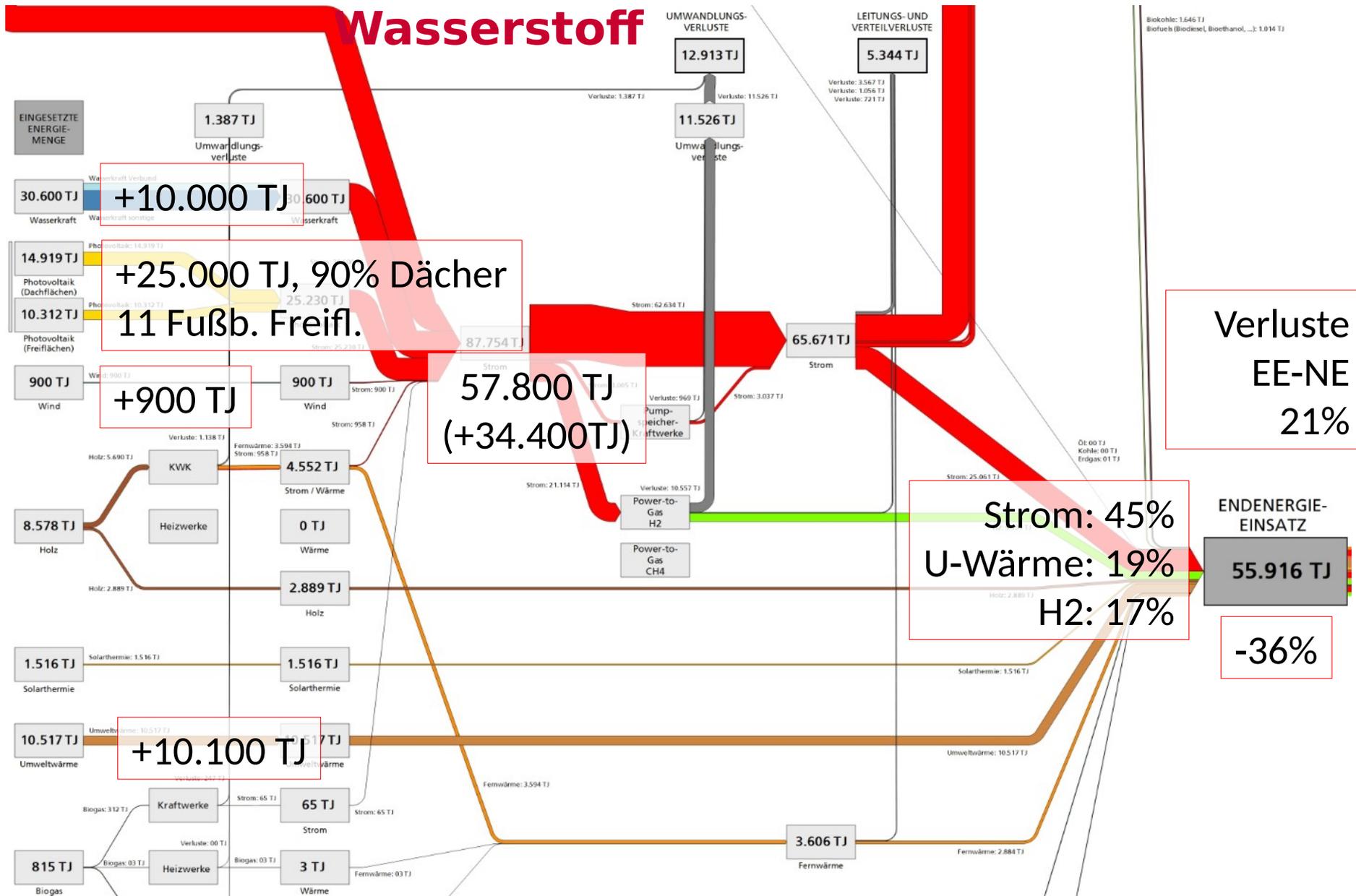
2050 Szenario II - Wasserstoff



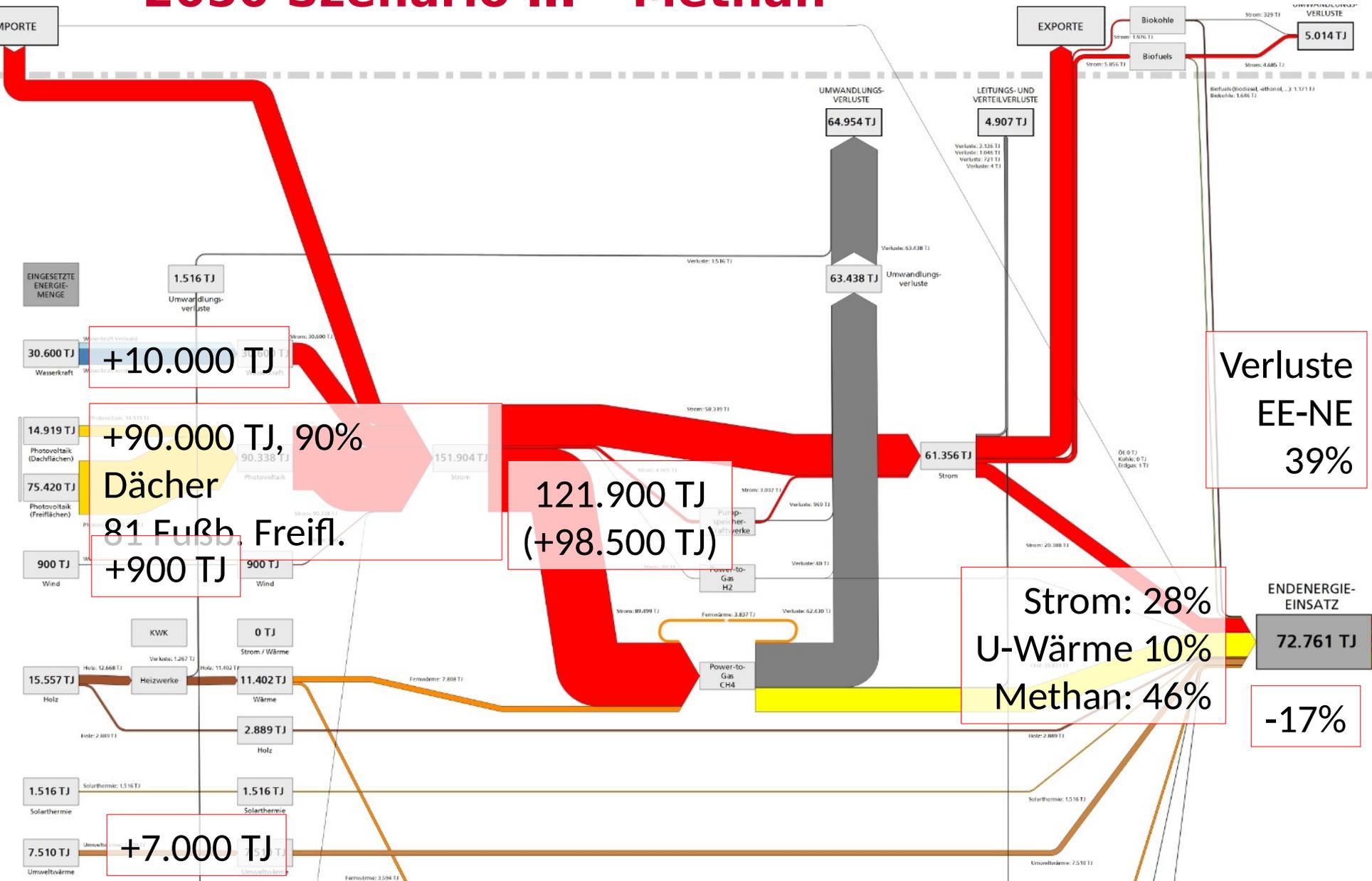
ENERGIEFLÜSSE TIROL 2050
Szenario II: "Wasserstoff-Szenario"



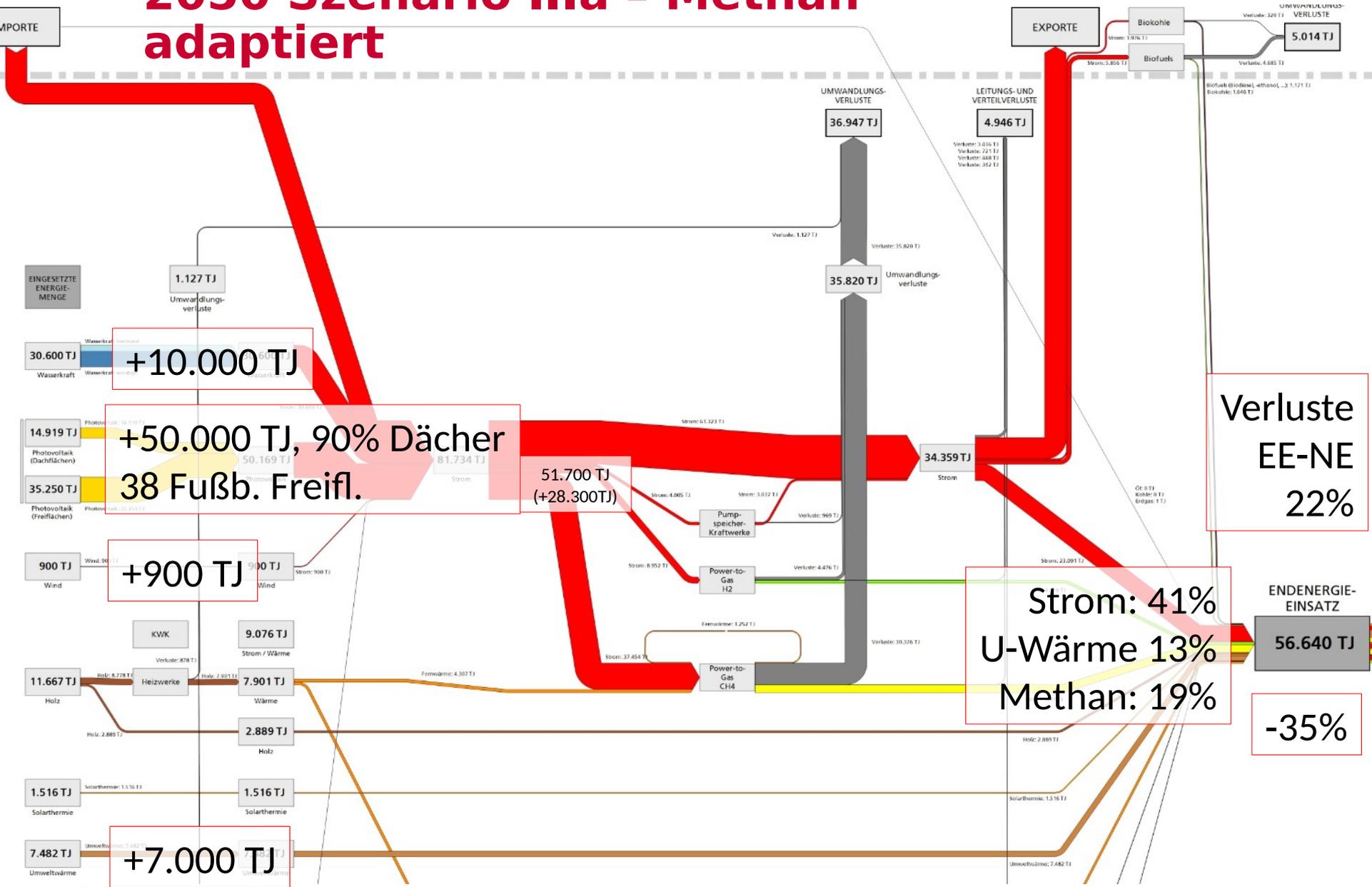
2050 Szenario II - Wasserstoff



2050 Szenario III - Methan

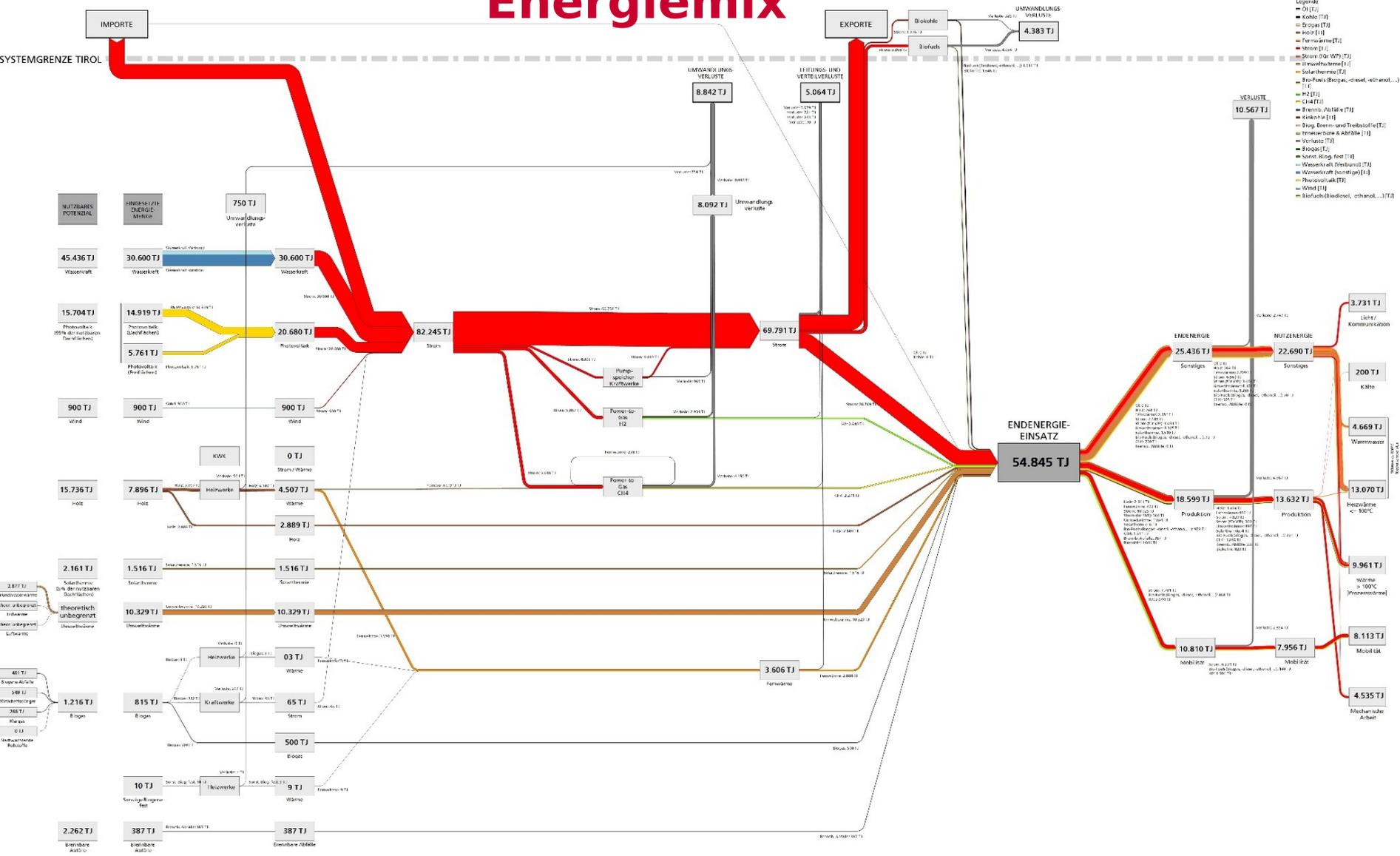


2050 Szenario IIIa - Methan adaptiert



2050 Szenario IV - Energiemix

ENERGIEFLÜSSE TIROL 2050
Szenario IV: "Energiemix-Szenario"



- Legende
- Öl (TJ)
 - Kohle (TJ)
 - Erdgas (TJ)
 - Holz (TJ)
 - Fernwärme (TJ)
 - Strom (TJ)
 - Strom (GK-WT) (TJ)
 - Heizwärme (TJ)
 - Solarthermie (TJ)
 - Bio-Fuels (Biomethan, -Glykol, -ethanol, ... (TJ)
 - H2 (TJ)
 - CH4 (TJ)
 - Brennstoffe (TJ)
 - Wasserkraft (TJ)
 - Biomasse & Abfälle (TJ)
 - Verluste (TJ)
 - Biogas (TJ)
 - Sonst. Biog. fest (TJ)
 - Wasserkraft (Verlust) (TJ)
 - Wasserkraft (sonstige) (TJ)
 - Photovoltaik (TJ)
 - Wind (TJ)
 - Biofuels (Biodiesel, ethanol, ... (TJ)

Aufbringung / Primärenergie

FOSSILFREIES ENERGIESYSTEM - BEISPIEL
TIROL, Streicher, EnInnov, Graz, 14.2.2024

Endenergie

Nutzenergie

Szenarienvergleich

	Einge- setzte Energie*	Verluste Energie- einsatz / End- energie	Endenergie				Verluste End- energie / Nutz- energie	Nutz- energie
			Gesamt	davon Anteile der Sektoren				
				Son- stiges	Pro- dukzio n	Mobi- lität		
	[TJ]	[TJ]	[TJ]	[%]	[%]	[%]	[TJ]	[TJ]
2005	101.465	14.208	87.257	42	24	34		
2016	100.481	13.201	87.280	41	24	35	38.125	49.122
Sz. I (Strom)	67.758	13.609	54.151	47	34	19	9.834	44.278
Sz. II (H2)	78.555	22.640	55.916	45	35	20	11.600	
Sz. III (CH4)	147.635	74.876	72.761	36	27	37	28.527	
Sz. IIIa (adapt. CH4)	103.546	46.908	56.640	45	35	20	12.406	
exklusive Strom-Importe und Strom-Exporte								
SZ. IV (Mix)	73.133	18.289	54.845	46	34	20	10.567	

Szenarienvergleich Ausbau Erneuerbarer

Basis Gesamt-Energieeinsatz (Primärenergie):

	Gesamt-Energieeinsatz		ggb. 2016 notwendiger Zubau Erneuerbarer	
	Fossile	Erneuerbare		
2005	63.555	37.910		
2016	60.565	39.916		
Sz. I (Strom)	-	67.758	+27.842	+70%
Sz. II (H ₂)	-	78.555	+38.639	+97%
Sz. III (CH ₄)	-	147.635	+107.719	+270%
Sz. IIIa (adapt. CH ₄)	-	103.546	+63.630	+159%
Sz. IV (Mix)	-	73.133	+33.217	+83%

Zusammenfassung

Szenarien Tirol

- Alle fünf Szenarien sind mit heutigen Technologien darstellbar.
- Den Szenarien sind realistische Nutzerverhalten hinterlegt.
- Zur Zielerreichung Tirol 2050 sind die Ziele in jedem Sektor mit größter Anstrengung zu verfolgen.
- Konsequente Maßnahmenumsetzungen müssen in jedem Sektor umgehend erfolgen.
- In den am ehesten umsetzbaren Szenarien sind möglichst alle Prozesse auf Strom umzustellen. Bereiche, die nicht mit Strom abzudecken sind, sind auf andere Erneuerbare Energieträger umzustellen.

Sektor Gebäude/Sonstiges: Umsetzungsfragen, Markterfordernisse Tirol

- **Handwerker/Gewerke HLK:**
 - Berufsschulen: Switch der Ausbildung von fossile auf WP, Biomasse und FW
 - WIFI: Umschulung bestehender Gewerke auf WP, Biomasse und FW
 - HTL, FH, Unis: Anpassung der Studienpläne auf heutige Erfordernisse
- **Technik und Produktion:**
 - Produktion von WP stark erhöhen (z.B, IDM von 6000 auf 12000 in 2022 und zukünftig auf 40.000 Einheiten pro Jahr im Jahr 2025)
 - Missing Links entwickeln und produzieren (kleine WP unter 5 kW, Etagenwärmepumpen als Drop in Gas-Etagenheizungen, Kompaktgeräte für Wohnungen (Lüftung/Heizung/Warmwasser)
- **Sonstige Rahmenbedingungen:**
 - Nationalratsbeschluss Erneuerbare-Wärme-Gesetz (EWG) notwendig (ab 2023 keine fossilen Energieträger im Neubau, Bei Ersatz fossile nur wenn nicht anders möglich, 2040 Stilllegung der letzten fossilen Heizungen)
 - Nationalratsbeschluss Erneuerbare-Ausbau-Gesetz ist beschlossen (erhöhte Invest-Förderung Wind, PV, Stromspeicher)

Weitere Gesichtspunkte

Generell zu klärende Fragen für die Energiewende in Europa:

Haben wir genug Erneuerbare Energie zur Verfügung ?

Müssen wir die (Energie-)Effizienz erhöhen, weil nicht genug Erneuerbare Energie zur Verfügung steht.

Haben wir genug Technologie um Erneuerbare zu wechseln

- **Elektrizität/Wärme Produktion**
- **e.g. : Mobilität und Transport haben derzeit etwa 90 % to Öl (PKW, LKW, Busse, Flugzeuge, Schiffe)**
- **Stahlproduktion - braucht Koks**
- **Betonproduktion (6 bis 9 % der CO2 Emissionen)**

Haben wir genug Speicher für die fluktuierende Stromerzeugung durch Erneuerbare?

Können wir uns die Energiewende leisten?

Wer sind Gewinner und wer Verlierer?

Wer sind Gewinner - wer Verlierer ?

Gewinner

- **Länder mit viel Sonne, Wasser, Wind**
- **Industrie, Gewerke, Planner von PV, Wind, Wasserkraft**
- **Strom-Netzwerke**
- **Batterien, Power-to-X**
- **Anlagenbauer on Industrie/Infrastruktur (viel muss adaptiert oder neu gebaut werden)**
- **Wärmepumpen (Industrie, Planer, Installateure) - Problem: Produktion, personal)**
- **Bauindustrie (Renovierung)**

Verlierer

- **Inhaber, Umwandler, Verteiler von Fossilen Energieträger (fossile Industrie)**
- **Erzeuger von Verbrennungsmotoren, Gas-/Ölkessel**
- **Erzeuger von fossilen Kraftwerken**

Die Energiewende bietet auch Chancen (Umstieg auf Stromtechnologien)

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!

https://www.tirol.gv.at/fileadmin/themen/umwelt/wasser_wasserrecht/Downloads/19-03-08_Szenarien-Tirol-2050_Endbericht-Stand-18-10-15.pdf

https://ressourcen.energieagentur.tirol/fileadmin/user_upload/Wasser_Tirol_-_Ressourcenmanagement-GmbH/Energie/21-08-27_Bericht-Szenarien-2050-und-2040-final.pdf



Ressourcen- und Technologieeinsatz-
Szenarien Tirol 2050
Bericht

